

---

# **ZUM UMGANG MIT DER KOMPLEXITÄT VON BAUVORHABEN**

## **(Indikatorbezogenes Modell zur Bewertung von Komplexität in Bauprojekten)**

---

Vom Fachbereich Bauingenieurwesen der Technischen Universität Kaiserslautern

zur Erlangung des akademischen Grades Doktor-Ingenieur (Dr.-Ing.)

genehmigte

**Dissertation**

von

**Wilfried Johannes Hoffmann**

Dekan:	Prof. Dr.-Ing. Oliver Kornadt
Prüfungsvorsitzender:	Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Kurz
Erster Berichterstatter:	Prof. Dr.-Ing. Karsten Körkemeyer
Zweiter Berichterstatter:	Prof. Dr.-Ing. Wolfdietrich Kalusche
Tag der Disputation:	21.12.2017

Kaiserslautern 2017

**D 386**



*„Das erste, das der Mensch im Leben vorfindet, das letzte, wonach er die Hand ausstreckt, das kostbarste, was er im Leben besitzt, ist die Familie.“*

Adolph Kolping

Diese Arbeit widme ich meinem Vater Nikolaus Hoffmann (†2013), der mir alles mitgegeben hat, was dafür notwendig war.



## Vorwort

### **Sind große Bauvorhaben noch steuerbar?**

Ob Flughafen Berlin, Bahnhof Stuttgart oder die Philharmonie in Stuttgart – es hat den Anschein, dass in Deutschland Großbauprojekte fast immer teurer und später fertig werden als geplant. Was sind die Ursachen? Ist das Zufall? Hat das System? Ist es die Politik?

Liegt es an den handelnden Personen? Sind die Verfahren nicht mehr beherrschbar? Sind unsere Projekte heute so komplex, dass sie nicht mehr steuerbar sind?

### **Die Suche nach dem Verstehen und dem Handeln**

Der Verfasser ist seit mehr als 30 Jahren im Projektmanagement tätig, davon viele Jahre in leitender Funktion. Im Laufe dieser Zeit war er an einer Vielzahl von kleinen, mittleren und großen Bauvorhaben beteiligt. Viele dieser Projekte konnten ohne große Schwierigkeiten durchgeführt werden, wenige mit durchschnittlichen Störungen und eine geringe Anzahl endeten mit erheblichen Kostenüberschreitungen und Terminverzögerungen. In seiner Wahrnehmung hat sich die Zahl der nicht zielgerecht laufenden Projekte nominal nicht drastisch erhöht. Es ist jedoch die Wahrnehmung entstanden, dass sich die heutigen Anforderungen an die Projektbeteiligten gegenüber den vergangenen Jahrzehnten als zunehmend schwieriger im Umgang darstellen. Diese Wahrnehmung führt letztlich zu den Fragen: „Warum scheint es heute schwieriger zu sein, Projekte erfolgreich zu führen?“ und „Sind nicht zielkonform laufende Projekte eine Folge zunehmender Komplexität?“

Auf der Suche nach Antworten will sich diese Arbeit der Problematik nähern und Lösungsansätze anbieten.

### **Der „Umgang“ mit der Komplexität in Bauvorhaben**

Mit der Komplexität in Bauvorhaben umgehen zu können, ist ein Wunsch, an dem viele Bauprojektmanager sich immer wieder versuchen. Es gelingt jedoch nicht immer, die Projekte zum Erfolg zu führen. Neben den an Hochschulen und Universitäten erworbenen fachlichen Fähigkeiten spielen zunehmend soziale Kompetenz und Führungsverhalten bei der Steuerung von Bauvorhaben eine Rolle. Umgehen mit der Komplexität bedeutet in diesem Zusammenhang, diese frühzeitig zu erkennen und unerwünschten Auswirkungen vorzubeugen; somit das Projekt besser zu „beherrschen“!

Beilingen, im September 2017



## Danksagung

Die vorliegende Arbeit ist an der Technischen Universität Kaiserslautern, am Lehrstuhl Baubetrieb und Bauwirtschaft, im Zeitraum zwischen Januar 2013 und September 2017 entstanden. Die Charakteristik der Arbeit vereint die Sichtweisen aus verschiedenen Disziplinen der Wissenschaften. Diese sind im Wesentlichen Projektmanagement und betriebswirtschaftliche Aspekte, die integrativ mit dem Wissen der Informatik, Physik, Biochemie, Philosophie und Sozialwissenschaften verbunden werden. Der fakultätsübergreifende Ansatz wird durch Anwenderwissen aus dem langjährigen Erfahrungsspektrum des Verfassers komplettiert.

Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. Karsten Körkemeyer danke ich für die Übernahme der Erstbegutachtung sowie für die richtungsweisende Unterstützung bei der Bearbeitung der Dissertation und die Unterstützung durch seinen Lehrstuhl, hier insbesondere Frau Dipl.-Ing. Kristina Heim.

Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. Wolfdietrich Kalusche vom Lehrstuhl Planungs- und Bauökonomie der Fakultät Architektur, Bauingenieurwesen und Stadtplanung der BTU Cottbus danke ich für die Anregung zu dieser Arbeit, die Übernahme des Zweitgutachtens, die stete Gesprächsbereitschaft und die Teilnahmemöglichkeit an seinen Doktorandenkolloquien.

Zum Gelingen hat auch die fördernde Unterstützung des DVP (Deutscher Verband der Projektmanager in der Bau- und Immobilienwirtschaft) maßgeblich beigetragen. Der Erfahrungsaustausch als Mitglied im Fachausschuss Projektsteuerung des AHO (Ausschuss der Verbände und Kammern der Ingenieure und Architekten für die Honorarordnung e.V.) waren von unschätzbarem Wert.

Schließlich danke ich meiner lieben Familie, ohne deren Engagement und Unterstützung ich diesen Schritt niemals hätte vollbringen können. Sie stellten unsere gemeinsame Freizeit während dieser Phase gerne zurück, um mir diese Forschungsarbeit zu ermöglichen. Dieser Dank schließt insbesondere meine Eltern und Schwiegereltern sowie Schwiegerkinder mit ein. Ganz besonders danke ich jedoch meiner Ehefrau Astrid herzlich für das Lektorat und die Hilfe bei den Übersetzungen, ihre Geduld für die vielen Stunden im Büro und den Rückhalt bei dieser Arbeit. Meinen Kindern Sandra und Thomas danke ich herzlich für ihre stetige Motivation und die positiven Rückkopplungen.

Vielen Dank an Sie/Euch alle!

Beilingen, im September 2017

Wilfried Hoffmann





## Kurzfassung

Die Zusammenarbeit von Menschen in Projekten ist geprägt von ihren persönlichen Erfahrungen und Interessen im jeweiligen Umfeld. Dieses Umfeld – nennen wir es hier „System“ – hat wiederum eigene Interessen und befindet sich in einem erweiterten Umfeld. Dieses Systemumfeld kann bis zum Erreichen des Universums ausgedehnt werden. Die Notwendigkeit in großen Bauvorhaben, mit der Komplexität umgehen zu können, setzt die Kenntnisse der Zusammenhänge und den Willen zum systemorientierten Handeln voraus.

In einem Bauprojekt ist eine endliche Menge von handelnden Personen mit ihren jeweiligen Rollen, Aufgaben und Abhängigkeiten in den sie umgebenden Systemen (Organisationen) vorhanden. Im Wesentlichen werden die Hauptfunktionen in Projekten durch Bauherr, Planer und der ausführenden Firma dargestellt. Eine besondere Rolle kommt hier dem Bauherrn bzw. seinen Erfüllungsgehilfen im Projektmanagement zu. Projektmanager haben als einzige die Chance, von Anfang bis Ende den gesamten Projektlebenszyklus zu erleben. Als Teil ihrer Aufgaben kümmern sie sich um die Zieldefinitionen für Organisation, Qualitäten und Quantitäten, Termine, Kosten und rechtliche Rahmenbedingungen und steuern die durch die Bauherren beauftragten Planer und ausführenden Firmen.

Die heute bei großen Bauvorhaben vorkommenden „fungierenden Bauherren“ und die „öffentlichen Bauherren“ bestehen aus Bauherrenorganisationen mit einer Vielzahl von Akteuren. Hieraus erwächst die Notwendigkeit, die zahlreichen Beteiligten mit ihren verschiedenen Organisationen in Bezug auf die verschieden gelagerte Interessenlage zu koordinieren und zielorientiert zu führen. Durch die notwendige Integration der weiteren Systemkreise von Planern und ausführenden Firmen entstehen neue, zusätzliche Steuerungsaufgaben, und die Komplexität des Projektes steigt in Dimensionen, die ohne systemorientierten Ansatz nur schwer zu durchschauen und somit kaum noch zu bewältigen ist.

Zur Klärung der Fragen, welche Gestalt die Komplexität in großen Bauvorhaben annehmen und wie ein Projektmanager mit diesen Herausforderungen umgehen kann, zielte die Arbeit auf die Erforschung der Grundlagen von Komplexität und die Analyse ihrer Auswirkungen auf das Bauprojektmanagement.

Das entstandene Modell basiert auf zwölf charakterisierenden Eigenschaften komplexer adaptiver Systeme und bildet hieraus fünf Merkmale für den systemischen Aufbau und Ablauf von Bauvorhaben. Berücksichtigt wird, wie die Elemente und Teilsysteme zueinander stehen, und obwohl sie unterschiedliche Charakteristika bzw. Zustände aufweisen können, dennoch ein gemeinsames Verhalten erzeugen und eine Identität zum Umfeld herausbilden können. Hierzu sind neben Struktur und Veränderungen in einem komplexen System auch die Wahrnehmungen und das Verhalten der Beteiligten sowie die Umwelt eines Projektes maßgebend.

Im Rahmen einer Expertenbefragung mit vierzig standardisierten Interviews, die mit Vertretern der drei Systemkreise Bauherr, Planer und ausführende Firma geführt wurden, konnte im ersten Schritt das Wissen über Komplexität und die Zusammenhänge zum Baumanagement herausgearbeitet werden. Diese Erkenntnisse wurden ergänzt um die Analyse verschiedener Bewertungsschemata und auf dieser Basis zehn Indikatoren herausgebildet, die sich in fünf Subsystemen eines Bauvorhabens darstellen.

Jeder Indikator wurde in Bezug auf die fünf Merkmale der Komplexität in Bauvorhaben untersucht, und Teilaspekte wurden zur Bewertung herangezogen. Es erfolgt eine relative Bewertung mit einer Einstufung von 1 bis 5 (sehr geringe bis sehr hohe Komplexität). Das Modell liefert im Ergebnis Komplexitätsgrade der einzelnen Indikatoren, der Merkmale und letztlich des gesamten Bauvorhabens. Eine anwendungsorientierte Fallstudie mit anschließenden Optimierungsansätzen und darauf aufbauenden Präventionsvorschlägen verifizieren den Modellansatz.

In der vorliegenden Arbeit konnte dargestellt werden, wie die unzureichende Wahrnehmung von Komplexität im Bereich des Projektmanagements, gerade zu Beginn eines Projektes, die Steuerung eines Projektes erschweren und Störungen im Projekt zur Folge haben. Das Ergebnis kann das Projektmanagement bei der Erfüllung seiner komplexen Aufgaben unterstützen und Entscheidungshilfen zur Prävention leisten. Die Modellierung erfolgt unter dem Bewusstsein, dass die getroffene Auswahl den Stand der Forschung darstellt, ohne jedoch einen Anspruch auf Vollständigkeit oder Unveränderlichkeit zu erheben.

Weiteren Forschungsvorhaben im Aufgabenfeld des Projektmanagements können die beschriebenen Ansätze dienlich sein, um ergänzende Ansätze zu einem besseren Umgang mit Baumaßnahmen zu finden.

## Abstract

The cooperation of people in projects is influenced by their personal experiences and interests in the respective environment. This environment - let's call it "system" - on the other hand has its own interests and is in an extended environment. This system environment can be expanded up to reaching the universe. The necessity for being able to handle the complexity in great construction projects requires the knowledge of the connections and the intention for a system-oriented acting.

A finite amount of acting persons with their respective parts, tasks and dependences in the systems (organizations), surrounding them, exists in a construction project. The main functions in projects are essentially represented by the ordering agency, the planner and the executive firm. The ordering agency resp. his execution assistants have a special position in the project management. The project managers are the only ones, who can experience the complete project life cycle from start to finish. They take care of the aim definitions for the organization, qualities and quantities, deadlines, costs and legal external conditions and they control the planners and executive firms, who are ordered by the ordering agencies.

The "functioning ordering agencies" and the "public ordering agencies", that are nowadays found at great construction projects, consist of ordering agency organizations with a large number of actors. Therefore, it is necessary to coordinate the numerous persons involved with their various organizations with regard to the different interests and to lead them goal-oriented. New and additional control tasks are produced by the required integration of the further system cycles of planners and executive firms, and the complexity of the project reaches dimensions, which can be hardly seen-through without a system-oriented base and, consequently, is hardly to be managed.

For checking, which shape the complexity in great construction projects can take, and in what way a project manager is able to handle these challenges, it was the objective, to explore the bases of complexity and to analyze their effects within the construction project management.

The developed model is based on twelve characterizing properties of complex adaptive systems and forms from this five features for the systemic structure and process of construction projects. It is taken into consideration, in what way the elements and partial systems are in relation to each other, and, although they may have different features resp. states, nevertheless, they are able to produce a common behavior and develop an identity to the environment. Additionally to the structure and the changes in a complex system even the perceptions and the behavior of the persons involved as well as the environment of a project are decisive.

Within a consultation with experts with forty standardized interviews that had been made with representatives of the three system cycles: ordering agency, planner and executive firm, the knowledge about complexity and the connections to the building management could be elaborated in the preliminary step. These results were completed with the analysis of various assessment schemes and on this base ten indicators were developed, which are represented in five subsystems of a construction project.

Every indicator was investigated with regard to the five features of complexity in construction projects and partial aspects were consulted for the evaluation. A relative evaluation takes place with a classifi-

cation from 1 to 5 (very low up to very high complexity). The model provides in the result complexity grades of the individual indicators, of the features and finally of the complete construction project. An applied case study with following approaches to optimization and suggestions for prevention, basing on that, verify the approach to model.

The present dissertation describes, in what way the insufficient perception of complexity within the project management, especially at the beginning of a project, complicates the control of a project and results in disturbances in the project. The result can support the project management at the fulfilment of its complex tasks and it can help in the decisions for prevention. The modeling is executed in the consciousness that the made selection represents the state of research, but without laying claim to completeness or changeability.

The described approaches may be useful for further research works in the scope of tasks of the project management, for finding completing approaches for a better handling with construction projects.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b>	<b>V</b>
<b>Danksagung</b>	<b>VII</b>
<b>Kurzfassung</b>	<b>IX</b>
<b>Abstract</b>	<b>XI</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>XIII</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>XVII</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>XIX</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>XXI</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Ausgangssituation	1
1.2 Problemstellung	4
1.3 Zielsetzung	7
1.4 Forschungsfragen	8
1.5 Methodik	9
1.6 Struktur der Arbeit	11
1.7 Abgrenzung des Themas	13
<b>2 Systeme und Komplexität</b>	<b>15</b>
2.1 Historische Entwicklung der Komplexitätswissenschaft	15
2.2 Komplexität in den Monodisziplinen der Wissenschaft	18
2.2.1 Komplexität in der Mathematik	18
2.2.2 Komplexität in der Informatik	19
2.2.3 Komplexität in der Biologie	19
2.2.4 Komplexität in der Physik und Chemie	20
2.2.5 Komplexität in der Philosophie	20
2.2.6 Komplexität in der Psychologie	20
2.2.7 Komplexität in der Soziologie	21
2.2.8 Komplexität in den Wirtschaftswissenschaften	22
2.3 Komplexität in multidisziplinärer Betrachtung	23
2.3.1 Systemtheorie	23
2.3.2 Kybernetik	24
2.3.3 Spieltheorie	25
2.3.4 Chaostheorie	26
2.3.5 Systemtheoretische St. Galler Lehre	26
2.3.6 Komplexitätstheorie im Allgemeinen	28
2.3.7 Komplexitätstheorie im Bauprojektmanagement	29

2.4	Komplexität in systemtheoretischer Betrachtung	30
2.4.1	Systeme und deren Bestandteile	30
2.4.2	Komplexität in Systemen	39
2.4.3	Basisaussagen zur Systemtheorie	50
2.4.4	Systeme in Organisationen	55
2.4.5	Folgerungen und Zwischenfazit	57
<b>3</b>	<b>Berechenbarkeit, Wahrnehmung und Eigenschaften von Komplexität</b>	<b>63</b>
3.1	Berechenbarkeit von Komplexität	63
3.1.1	Der Grad der Komplexität	65
3.1.2	Messbarkeit komplexer Bauvorhaben	69
3.1.3	Messbarkeit komplexer Projektprozesse	73
3.1.4	Komplexität und Wahrscheinlichkeit	78
3.2	Wahrnehmung von Komplexität	84
3.2.1	Das menschliche Gehirn	84
3.2.2	Aufbau und Dominanzen des Gehirns	84
3.2.3	Evolutionsbereiche des Gehirns	85
3.2.4	Eigenschaften des Gehirns und Verhaltensorientierung	86
3.2.5	Gehirngesteuerte Kommunikationsprozesse	88
3.2.6	Human Relations	89
3.2.7	Die Fähigkeit zur Wahrnehmung von Komplexität	90
3.2.8	Die Fähigkeit zur Musterbildung	94
3.2.9	Fuzzylogik	94
3.2.10	Entwicklungsstufen zur Wahrnehmungsfähigkeit	95
3.2.11	Die Entwicklung des Bauchgefühls	96
3.2.12	Handlungsoptionen zum Umgang mit Komplexität	97
3.2.13	Folgerungen für die Wahrnehmung von Komplexität	99
3.3	Eigenschaften der Komplexität in adaptiven Systemen	101
3.3.1	Basisaussagen	101
3.3.2	Vielzahl und Varietät	102
3.3.3	Dynamik	104
3.3.4	Überlebenssicherung	106
3.3.5	Pfadabhängigkeit	107
3.3.6	Rückkopplungen	108
3.3.7	Nichtlinearität	112
3.3.8	Offenheit	113
3.3.9	Begrenzte Rationalität	115
3.3.10	Selbstorganisation	117
3.3.11	Selbstreferenz	120
3.3.12	Emergenz	121
3.3.13	Autopoiese	124
3.3.14	Folgerungen und Zwischenfazit	126
<b>4</b>	<b>Bauvorhaben und Komplexität</b>	<b>131</b>
4.1	Systeme und Komplexität in Bauvorhaben	131

---

4.1.1	Projekt und Projektmanagement	131
4.1.2	Systemstrukturen in Bauvorhaben	139
4.1.3	Komplexität in Bauvorhaben	144
4.1.4	Systemisches Denken in Bauvorhaben	145
4.1.5	Folgerungen und Zwischenfazit	147
4.2	Expertenmeinungen zur Komplexität in Bauvorhaben	150
4.2.1	Grundlage der Befragungen	150
4.2.2	A. Was sind große Baumaßnahmen und weshalb laufen diese nicht zielgerecht?	151
4.2.3	B. Was ist Komplexität und welche Auswirkungen hat diese auf die Bauprojekte?	160
4.2.4	C. Sind Erfahrungen im Umgang mit Komplexität in Bauprojekten vorhanden?	165
4.2.5	Schlussfolgerungen und Zwischenfazit	168
4.3	Aspekte zur Bewertung von Bauvorhaben	170
4.3.1	Aspekte der Bewertung nach PATZAK (2009)	170
4.3.2	Aspekte der Bewertung nach IPMA (2010)	175
4.3.3	Aspekte der Bewertung nach LECHNER (2015)	179
4.3.4	Aspekte der Bewertung nach BRUNNER (2016)	186
4.3.5	Aspekte der Bewertung nach KIRST (2016)	189
4.3.6	Folgerungen und Zwischenfazit	191
<b>5</b>	<b>Modellbildung und Bewertungsschema</b>	<b>197</b>
5.1	Merkmale der Komplexität in Bauvorhaben	197
5.1.1	Strukturen	198
5.1.2	Veränderungen	199
5.1.3	Wahrnehmung	200
5.1.4	Verhalten	204
5.1.5	Umwelt	212
5.1.6	Folgerungen und Zwischenfazit	213
5.2	Spezifische Indikatoren der Subsysteme in Bauvorhaben	216
5.3	Modell zur Analyse und Bewertung der Komplexität in Bauvorhaben	221
5.3.1	ZIELE	225
5.3.2	OBJEKT	229
5.3.3	NEUARTIGKEIT	233
5.3.4	PROJEKT	238
5.3.5	METHODIK	243
5.3.6	ORGANISATION	247
5.3.7	RESSOURCEN	252
5.3.8	KULTUR	257
5.3.9	CHANCEN/RISIKEN	262
5.3.10	UMFELD	268
5.3.11	Folgerungen und Zwischenfazit	273
5.4	Bewertungsschema zur Bemessung von Komplexität in großen Bauvorhaben	274
5.4.1	Ermittlung der Komplexitätsgrade	274
5.4.2	Beispiele zur Ermittlung der Komplexitätsgrade	275
5.4.3	Darstellung des Bewertungsschemas	277

---

<b>6</b>	<b>Fallstudie und Optimierungspotenzial</b>	<b>279</b>
6.1	Beschreibung des Projekts	279
6.2	Ermittlung der Komplexitätsgrade	283
6.2.1	Fallstudie KI ZIELE	283
6.2.2	Fallstudie KI OBJEKT	285
6.2.3	Fallstudie KI NEUARTIGKEIT	287
6.2.4	Fallstudie KI PROJEKT	289
6.2.5	Fallstudie KI METHODIK	291
6.2.6	Fallstudie KI ORGANISATION	293
6.2.7	Fallstudie KI RESSOURCEN	295
6.2.8	Fallstudie KI KULTUR	297
6.2.9	Fallstudie KI CHANCEN/RISIKEN	299
6.2.10	Fallstudie KI UMFELD	301
6.2.11	Fallstudie KM und KB	303
6.3	Optimierungspotenzial der Indikatorenkomplexität	304
6.3.1	Optimierung KI ZIELE	304
6.3.2	Optimierung KI OBJEKT	304
6.3.3	Optimierung KI NEUARTIGKEIT	305
6.3.4	Optimierung KI PROJEKT	306
6.3.5	Optimierung KI METHODIK	307
6.3.6	Optimierung KI ORGANISATION	308
6.3.7	Optimierung KI RESSOURCEN	309
6.3.8	Optimierung KI KULTUR	310
6.3.9	Optimierung KI CHANCEN/RISIKEN	310
6.3.10	Optimierung KI UMFELD	311
6.3.11	Optimierung KM und KB	312
6.3.12	Zusammenfassung der Optimierungspotenziale	313
<b>7</b>	<b>Fazit und Ausblick</b>	<b>317</b>
7.1	Zusammenfassung und Beantwortung der Forschungsfragen	317
7.2	Empfehlungen zu Risikoeinschätzung und Prävention	324
7.3	Ausblick für die weitere Forschung	327
	<b>Glossar</b>	<b>329</b>
	<b>Literatur</b>	<b>337</b>
	<b>Anhang A - Interviewliste</b>	<b>349</b>
	<b>Anhang B - Fragebogen</b>	<b>350</b>
	<b>Anhang C - Auswertung der Fragebogen</b>	<b>351</b>
	<b>Anhang D - Bewertungstabellen Indikatoren</b>	<b>372</b>
	<b>Anhang E - Bewertungstabelle Grad der Komplexität</b>	<b>382</b>



## Abbildungsverzeichnis

Abb. 01: Die Komplexität des Beziehungsgefüges nach Pfarr	3
Abb. 02: Struktur der Dissertation	11
Abb. 03: Vertreter der Komplexitätswissenschaften nach Bandte	15
Abb. 04: Ursprünge der Komplexitätswissenschaft nach Bandte (e. D.)	16
Abb. 05: Entwicklung der Baukybernetik nach Frahm (e. D.)	17
Abb. 06: Kybernetische Wissenschaftsbereiche nach Jenny (e.D.)	25
Abb. 07: Geschlossenes, abgegrenztes System nach Jenny (e.D.)	30
Abb. 08: Zentralistisches, komplexes und zufälliges Netz nach Dittes (e.D.)	32
Abb. 09: Beispiel von Netzsystemen nach Dittes (e. D.)	32
Abb. 10: System als Gesamtheit nach Ulrich (e.D.)	33
Abb. 11: Systemumgebung nach Aggteleky (e.D.)	36
Abb. 12: Ein System als Blackbox nach Schleicher (e.D.)	37
Abb. 13: Formen von struktureller Komplexität nach Kirchhof (e.D.)	41
Abb. 14: Systemtypen und deren Komplexität nach Ulrich (e. D.)	43
Abb. 15: Funktionen trivialer und nicht-trivialer Systeme nach Ulrich (e. D.)	44
Abb. 16: Einfaches System nach Brandes (e. D.)	45
Abb. 17: Komplexes System nach Brandes (e. D.)	47
Abb. 18: Grenzbereich zwischen Komplexität und Chaos nach Brandes (e. D.)	49
Abb. 19: Ashby versus Luhmann nach Amann (e. D.)	51
Abb. 20: Komplexität reduzieren durch Selektion nach Grasl (e. D.)	53
Abb. 21: Komplexitätsmanagement nach Wildemann (e. D.)	58
Abb. 22: Einflussfaktoren auf die Systemkomplexität nach Kirchhof (e. D.)	59
Abb. 23: Bildung von Netzwerken nach Kauffman (e. D.)	64
Abb. 24: Phasenübergang zur äußerst hohen Komplexität nach Kauffman (e. D.)	65
Abb. 25: Varietätsmessung nach Frahm (e. D.)	67
Abb. 26: Elemente eines Bauvorhabens nach Volkmann (e. D.)	70
Abb. 27: Komplexität in Bauvorhaben (e.D.)	71
Abb. 28: Generische Prozesselemente nach Franczyk (e. D.)	76
Abb. 29: Methoden zur Optimierung von Projektkenntnissen nach Aggteleky (e. D.)	79
Abb. 30: Das soziotechnische System nach Gessler (e. D.)	81
Abb. 31: Attribute der linken und rechten Großhirnhälfte nach Patzak	85
Abb. 32: Das menschliche Gehirn nach Borgert	86
Abb. 33: Die vier Stilrichtungen des HDI-Modells nach Herrmann (e. D.)	87
Abb. 34: Modellkonstruktion zur Abbildung einer möglichen Realität nach Kirchhof (e. D.)	91
Abb. 35: Verstehen vs. Kontextunabhängigkeit nach Lent (e. D.)	94
Abb. 36: Eigenschaften komplexer Systeme nach Bandte (e. D.)	102
Abb. 37: Komplexität aus der Dynamik der Systemzustände nach Bandte (e. D.)	104
Abb. 38: Wirkungsrichtungen von Rückkopplungen nach Ulrich (e. D.)	109
Abb. 39: Wirkungsverläufe von Rückkopplungen nach Ulrich (e. D.)	109
Abb. 40: Zeitliches Verhalten von Wirkungsverläufen nach Ulrich (e. D.)	110
Abb. 41: Negative und positive Rückkopplungen nach Malik (e. D.)	111

---

Abb. 42: Systemzustände komplexer Systeme	119
Abb. 43: Bifurkationsdiagramm komplexer Systeme nach Mainzer (e. D.)	122
Abb. 44: Emergenz und organisationale Dynamik nach Bandte (e. D.)	123
Abb. 45: Merkmale von Projekten nach Gassmann (e. D.)	133
Abb. 46: Das Magische Dreieck der Projektziele nach Kalusche (e. D.)	134
Abb. 47: Abgrenzung von Projekten und Nicht-Projekten nach Jakoby (e. D.)	135
Abb. 48: Kompetenzen verschiedener Organisationsformen nach Gassmann (e. D.)	136
Abb. 49: Die vier Ebenen der Projektorganisation nach Gassner	136
Abb. 50: Der Liebelt'sche Systemwürfel nach Liebelt (e. D.)	139
Abb. 51: Einflussfaktoren und Gestaltungsbereiche der Bauplanung nach Aggteleky (e. D.)	141
Abb. 52: Teilsysteme eines Bauprojektes nach Kochendörfer (e. D.)	142
Abb. 53: Projektstrukturplan in systemischer Sichtweise nach Volkmann (e. D.)	146
Abb. 54: Scoring-Schema zur Bewertung von Komplexität nach Patzak (e. D.)	174
Abb. 55: Bewertung Projektmanagementkomplexität nach IPMA (e. D. )	178
Abb. 56: Anforderungen an die Aufbauorganisation je Projektklasse nach Lechner	179
Abb. 57: Bewertungsmatrix zur Einteilung von Projektklassen nach Lechner	184
Abb. 58: Spinnendiagramm zur Beurteilung von Komplexität nach Lechner	185
Abb. 59: Komplexitätskreis von Bauvorhaben	214
Abb. 60: Systemkreis der Subsysteme in Bauvorhaben	216
Abb. 61: Systemkreis der Indikatoren von Bauvorhaben	217
Abb. 62: Projektsystemkreis von Bauvorhaben	220
Abb. 63: Modell Komplexitäts- und Projektsystemkreis	221
Abb. 64: Überlagerung Komplexitäts- und Projektsystemkreis	222
Abb. 65: Bewertungsmaßstab für Komplexität in Bauvorhaben	223

## Tabellenverzeichnis

Tab. 01: Klassifizierung prozessorientierter Funktionstypen nach Franczyk (e. D.).....	74
Tab. 02: Klassifizierung datenorientierter Funktionstypen nach Franczyk (e. D.) .....	77
Tab. 03: Wahrnehmung bei Komplexitätsherausforderungen nach Amann (e. D.) .....	92
Tab. 04: Eigenschaften der Komplexität adaptiver Systeme (1-4) (e. D.).....	127
Tab. 05: Eigenschaften der Komplexität adaptiver Systeme (5-7) (e. D.).....	128
Tab. 06: Eigenschaften der Komplexität adaptiver Systeme (8-10) (e. D.).....	129
Tab. 07: Eigenschaften der Komplexität adaptiver Systeme (10-12) (e. D.) .....	130
Tab. 08: Ursachen, Gründe und Beispiele nicht zielgerecht laufender Bauvorhaben.....	156
Tab. 09: Große Bauvorhaben nach Projektkosten aus Sicht der Expertenkreise .....	157
Tab. 10: Definieren Sie den Begriff Komplexität.....	160
Tab. 11: Welche Erfahrungen haben Sie mit systemorientiertem Projektmanagement? .....	165
Tab. 12: Wie könnte man der zunehmenden Komplexität im Bauwesen entgegenzutreten? .....	166
Tab. 13: Zusammenfassung der Erkenntnisse aus Expertenmeinungen.....	168
Tab. 14: Beispiel Einstufung der Planungskomplexität eines Projektes nach Brunner .....	188
Tab. 15: Erreichter Grad der Komplexität nach Kirst (e. D.).....	189
Tab. 16: Bewertungsmatrix Ziele nach Kirst (e. D.) .....	190
Tab. 17: Vergleich der untersuchten Bewertungsmodelle.....	196
Tab. 18: Merkmale der Komplexität in Bauvorhaben .....	215
Tab. 19: Zuordnung spezifischer Indikatoren zu Subsystemen von Bauvorhaben .....	219
Tab. 20: Bewertungsmaßstab für den Grad der Komplexität .....	224
Tab. 21: Komplexitätsgrad „ZIELE“ .....	228
Tab. 22: Komplexitätsgrad „OBJEKT“ .....	232
Tab. 23: Komplexitätsgrad „NEUARTIGKEIT“ .....	237
Tab. 24: Komplexitätsgrad „PROJEKT“ .....	242
Tab. 25: Komplexitätsgrad „METHODIK“ .....	246
Tab. 26: Komplexitätsgrad „ORGANISATION“ .....	251
Tab. 27: Komplexitätsgrad „RESSOURCEN“ .....	256
Tab. 28: Komplexitätsgrad „KULTUR“.....	261
Tab. 29: Komplexitätsgrad „CHANCEN/RISIKEN“ .....	267
Tab. 30: Komplexitätsgrad „UMFELD“ .....	272
Tab. 31: Grad der Komplexität von Bauvorhaben.....	277
Tab. 32: Spezifischer Komplexitätsgrad <b>KI ZIELE</b> aus Fallstudie .....	284
Tab. 33: Spezifischer Komplexitätsgrad <b>KI OBJEKT</b> aus Fallstudie.....	286
Tab. 34: Spezifischer Komplexitätsgrad <b>KI NEUARTIGKEIT</b> aus Fallstudie.....	288
Tab. 35: Spezifischer Komplexitätsgrad <b>KI PROJEKT</b> aus Fallstudie.....	290
Tab. 36: Spezifischer Komplexitätsgrad <b>KI METHODIK</b> aus Fallstudie .....	292
Tab. 37: Spezifischer Komplexitätsgrad <b>KI ORGANISATION</b> aus Fallstudie .....	294
Tab. 38: Spezifischer Komplexitätsgrad <b>KI RESSOURCEN</b> aus Fallstudie .....	296
Tab. 39: Spezifischer Komplexitätsgrad <b>KI KULTUR</b> aus Fallstudie.....	298
Tab. 40: Spezifischer Komplexitätsgrad <b>KI CHANCEN/RISIKEN</b> aus Fallstudie.....	300
Tab. 41: Spezifischer Komplexitätsgrad <b>KI UMFELD</b> aus Fallstudie .....	302

Tab. 42: Komplexität Merkmale und Grad der Komplexität <i>KM</i> und <i>KB</i> aus Fallstudie.....	303
Tab. 43: Komplexität Merkmale und Grad der Komplexität <i>KM</i> und <i>KB</i> aus Optimierung.....	312

## Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
AHO	Ausschuss der Verbände und Kammern der Ingenieure und Architekten für die Honorarordnung e.V.
AOB	Anordnungsbeziehungen
BER	Flughafen Berlin-Schönefeld
BH	Bauherr
bspw.	beispielsweise
bzw.	beziehungsweise
DE	Datenelement
DV	Datenverarbeitung
DVP	Deutscher Verband der Projektmanager in der Bau- und Immobilienwirtschaft e. V.
e. D.	eigene Darstellung
en	englisch
EPK	Ereignisgesteuerte Prozesskette
EU	Element-Untergruppe
FPA	Function Point Analyse
GPM	Deutsche Gesellschaft für Projektmanagement e. V.
HDI	Herrmann Dominanz Instrument
HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
i. d. R.	in der Regel
IPMA	International Project Management Association
k. A.	keine Angabe
Kap.	Kapitel
KIA	Komplexitäts-Index-Analyse
n.	nach
neg.	negativ
NGO	Non Government Organization
MAX	Maximum
MIN	Minimum
OP	Objektplaner
PESOA	Process Family Engineering in Service-Oriented Applications
PM	Projektmanagement
pos.	positiv
PPP	Private Public Partnership
PSP	Projektstrukturplan
Tab.	Tabelle
TGA	Technische Gebäudeausrüstung
u. a.	unter anderem
u. a. m.	und anderes mehr
usw.	und so weiter
VOB	Verdingungsordnung für Bauleistungen
vgl.	vergleiche
z. B.	zum Beispiel



# 1 Einleitung

*"If cybernetics is the science of control, management is the profession of control..."<sup>1</sup>*

## 1.1 Ausgangssituation

*„Ob Flughafen Berlin oder Bahnhof Stuttgart – Großbauprojekte werden fast immer teurer und später fertig als geplant. Wissenschaftler meinen: Schuld daran ist die Politik.“<sup>2</sup>* So oder ähnlich lautete in den letzten Jahren eine Vielzahl von Schlagzeilen in den Medien. Ob Flughafen Berlin, Bahnhof Stuttgart oder die Philharmonie in Hamburg – es hat den Anschein, dass in Deutschland Großbauprojekte fast immer teurer und später fertig werden als geplant.

Der Verfasser ist seit mehr als dreißig Jahren im Projektmanagement tätig, davon viele Jahre in leitender Funktion. Im Laufe dieser Zeit war er an einer Vielzahl von kleinen, mittleren und großen Bauvorhaben beteiligt. Viele dieser Projekte konnten ohne große Schwierigkeiten durchgeführt werden, wenige mit durchschnittlichen Störungen und eine geringe Anzahl endeten mit erheblichen Kostenüberschreitungen und Terminverzögerungen. In seiner Wahrnehmung hat sich die Zahl der nicht zielgerecht laufenden Projekte nominal nicht drastisch erhöht. Es ist jedoch die Wahrnehmung entstanden, dass sich die heutigen Anforderungen an die Projektbeteiligten gegenüber den vergangenen Jahrzehnten als zunehmend schwieriger im Umgang darstellen. Diese Wahrnehmung führt letztlich zu den Fragen: „Warum scheint es heute schwieriger zu sein, Projekte erfolgreich zu führen?“ und „Sind nicht zielkonform laufende Projekte eine Folge zunehmender Komplexität?“ Auf der Suche nach Antworten will sich diese Arbeit der Problematik nähern und Lösungen anbieten.

Weltweit genießen deutsche Ingenieure und die deutsche Bauindustrie ein hervorragendes Ansehen. In den vergangenen Jahren sind eine Reihe von Großprojekten mit erheblichen Zielabweichungen bei Qualität, Kosten und Terminen<sup>3</sup> (z. B. Stuttgart 21, Flughafen BER, Elbphilharmonie Hamburg, Bundesnachrichtendienst, Hochmoselbrücke u. a.) in die Schlagzeilen geraten. Diese Verfehlungen werfen die Frage auf, welche möglichen Defizite bei Planung und Realisierung von Großprojekten es in Deutschland gibt<sup>4</sup>. Die Bevölkerung zweifelt inzwischen an den Fähigkeiten von Wirtschaft, Verwaltung und Politik, Großprojekte zielorientiert zu realisieren. Kosten- und Terminprobleme treten sowohl in öffentlichen als auch privaten Bauprojekten auf.<sup>5,6</sup>

---

<sup>1</sup> Beer, S. (1994): "Decision and control" (The meaning of operational research and management cybernetics), Reprinted. Auflage, Wiley, Chichester

<sup>2</sup> Bauszus, J./S. P. (2013): "Wer mit wahren Zahlen operiert, verliert" (Die Lügenbilanz der deutschen Großbauprojekte), [www.focus.de/politik/deutschland/tid-26329](http://www.focus.de/politik/deutschland/tid-26329) [zuletzt geprüft am: 23.01.2013]

<sup>3</sup> Vgl. Könen, A.: "Öffentliche Bauprojekte", [http://www.gabot.de/index.php/News-Details/52/0/?&no\\_cache=1&tx\\_ttnews%5Btt\\_news%5D=223805](http://www.gabot.de/index.php/News-Details/52/0/?&no_cache=1&tx_ttnews%5Btt_news%5D=223805) [zuletzt geprüft am: 27.12.2016]

<sup>4</sup> Vgl. Lange, S. (2015): "Komplexität im Projektmanagement", Springer Vieweg, Wiesbaden, S. 2

<sup>5</sup> Vgl. Koggelmann, J. (2015): "Die Ergebnisse der Reformkommission aus Sicht des BMVI" 2015 in: "DVP-Frühjahrstagung in München": DVP [Hrsg.], DVP-Verlag Berlin, 1–24

<sup>6</sup> Vgl. Dierig, C., et al. (2016): "Deutschlands Problem ist der deutsche Ingenieur" (VW-Skandal: Deutsche Ingenieure sind ein Auslaufmodell), <http://www.welt.de/wirtschaft/article147773198/Deutschlands-Problem-ist-der-deutsche-Ingenieur.html> [zuletzt geprüft am: 13.02.2016]

Nach einem internen Bericht des Bundesbauministeriums produziert die Bundesregierung bei ihren vierzig größten Bauvorhaben zurzeit Mehrkosten von insgesamt rund einer Mrd. Euro Bauvolumen. Nur vierzehn der betrachteten Projekte liegen im Kostenrahmen. Als Ursache nennt das Ministerium unter anderem die "Komplexität der Projekte" und ein „zu weit gehender Personalabbau der Bauverwaltungen mit einer inzwischen teilweise unzureichenden Aufgabenwahrnehmung“.<sup>7</sup>

Die vermeintliche Erkenntnis der Politik sieht also die „Komplexität“ und die „Personalressource“ auf der Bauherrenseite als ursächlich für die Fehlentwicklung der Großprojekte. Man verzichtet in diesen Aussagen auf eine Definition des Begriffes „Komplexität“, wodurch Antworten auf die Fragen nach Verbesserungspotenzial nicht gegeben werden können. Eine Reduzierung der Problematik nur auf den Bereich der Bauherrenfunktion erscheint ebenfalls nicht ausreichend zu sein, da in einem Bauprojekt zahlreiche handelnde Personen mit ihren jeweiligen Rollen, Aufgaben und Abhängigkeiten in den sie umgebenden Systemen (Organisationen) vorhanden sind.

In einem Bauprojekt ist eine endliche Menge von handelnden Personen mit ihren jeweiligen Rollen, Aufgaben und Abhängigkeiten, in den sie umgebenden Systemen (Organisationen) vorhanden. Im Wesentlichen werden die Hauptfunktionen in Projekten durch Bauherr, Planer und der ausführenden Firma dargestellt. Eine besondere Rolle kommt hier dem Bauherrn bzw. seinen Erfüllungsgehilfen im Projektmanagement zu. Projektmanager haben als einzige die Chance, von Anfang bis Ende den gesamten Projektlebenszyklus zu erleben. Als Teil ihrer Aufgaben kümmern sie sich um die Zieldefinitionen für Organisation, Qualitäten und Quantitäten, Termine, Kosten und rechtliche Rahmenbedingungen und steuern die durch die Bauherren beauftragten Planer und ausführenden Firmen.

Der heute bei großen Bauvorhaben vorkommende „fungierende Bauherr“ und der „öffentliche Bauherr“ bestehen aus Bauherrenorganisationen mit einer Vielzahl von Systemkreisen.<sup>8</sup> Hieraus erwächst die Notwendigkeit, die zahlreichen Beteiligten mit ihren verschiedenen Organisationen in Bezug auf die verschieden gelagerte Interessenlage zu koordinieren und zielorientiert zu führen. Durch die notwendige Integration der vielfältigen Systemkreise von Planern und ausführenden Firmen entstehen neue, zusätzliche Steuerungsaufgaben für das Projektmanagement.

---

<sup>7</sup> Spiegel Online (2014): "Bundesbauministerin Hendricks berichtet über Kostensteigerungen bei Großprojekten", <http://www.spiegel.de/spiegel/vorab/bauministerin-hendricks-ueber-kostensteigerungen-beigrossprojekten-a-984155.html> [zuletzt geprüft am: 24.09.2017]

<sup>8</sup> Vgl. Kalusche, W. (2016): "Projektmanagement für Bauherren und Planer", 4. Auflage, De Gruyter Oldenbourg, Berlin, S. 59–87



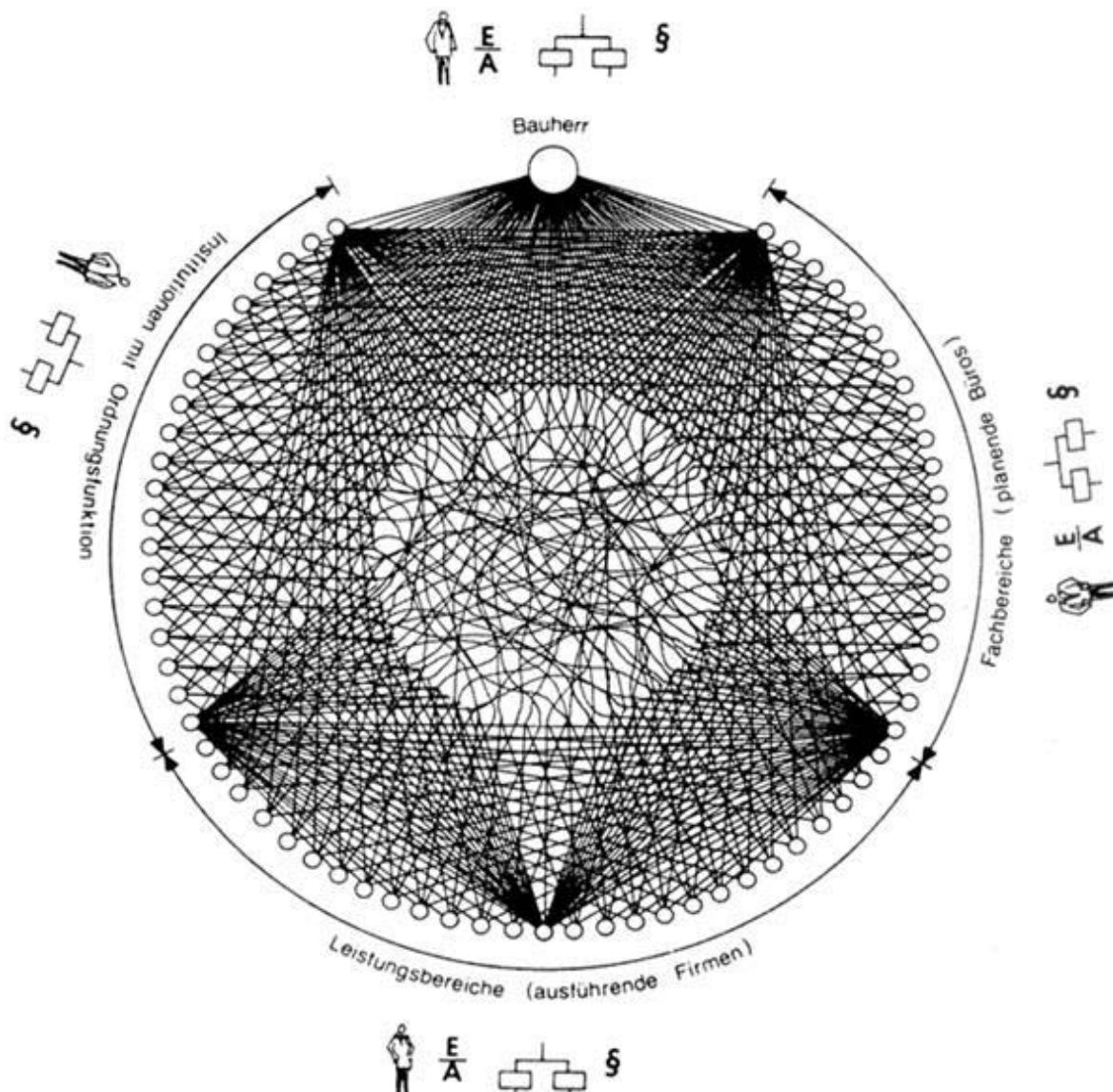


Abb. 01: Die Komplexität des Beziehungsgefüges nach Pfarr<sup>9</sup>

Mit der Komplexität in Bauvorhaben umgehen zu können und Projekte zielgerecht zu bearbeiten, ist ein Vorhaben, an dem viele Bauprojektmanager sich immer wieder versuchen. Es gelingt jedoch nicht immer, die Projekte zum Erfolg zu führen. Umgehen bedeutet in diesem Zusammenhang, die Komplexität frühzeitig zu erkennen und unerwünschten Auswirkungen vorzubeugen und somit das Projekt besser zu „beherrschen“!

Im nächsten Schritt erfolgen eine Analyse der Problemstellung und eine erste Positionierung als Vorgriff auf die spätere Zielsetzung.

<sup>9</sup> Pfarr, K. (1984): "Grundlagen der Bauwirtschaft", Dt. Consulting Verl, Essen

## 1.2 Problemstellung

Die Lehre von den systemtheoretischen Zusammenhängen von Projektprozessen im Bauwesen gehört noch nicht zum Standard der Ausbildungen an den Hochschulen. Die Aufgaben des Bauherren im Projekt und damit die Rolle des Projektmanagements sind nach wie vor in der Öffentlichkeit wenig bekannt, stellen jedoch eine unabdingbare Voraussetzung für die zielorientierte Abwicklung von Bauvorhaben dar, wie man an medial wirksamen Bauprojekten wie zum Beispiel Stuttgart 21, Flughafen Berlin oder der Philharmonie in Hamburg, erkennen konnte.<sup>10</sup>

Die Zusammenarbeit von Menschen in Projekten ist geprägt von ihren persönlichen Erfahrungen und Interessen im jeweiligen Umfeld. Dieses Umfeld – nennen wir es hier „System“ – hat wiederum eigene Interessen und befindet sich in einem erweiterten Umsystem. In einem Bauprojekt ist eine endliche Menge von handelnden Personen mit ihren jeweiligen Rollen, Aufgaben und Abhängigkeiten in den sie umgebenden Systemen (Organisationen) vorhanden. Im Wesentlichen werden die Hauptfunktionen in Projekten durch die Systemkreise Bauherr, Planer und der ausführenden Firma dargestellt. Eine besondere Rolle kommt hier in erster Linie dem Bauherrn bzw. seinen Erfüllungsgehilfen im Projektmanagement zu. Das Projektmanagement hat die Chance, von Anfang bis Ende den gesamten Projektlebenszyklus zu erleben.

Bauherren formulieren Ziele, aus denen Teilziele und Aufgaben für Planer und ausführende Firmen abgeleitet werden. Die Steuerungsaufgaben zur Zielerreichung sind in den 5 Handlungsbereichen A bis E der AHO-Schriftenreihe Nr. 9<sup>11</sup> beschrieben und im zeitlichen Verlauf auf 5 Projektstufen (AHO) unterteilt. Der Prozess (Zusammenwirkung der Systeme) erbringt die Projektergebnisse, die zur Erfüllung der Zielsetzungen dienen.

Große Bauvorhaben sind wesentlich von „Unübersichtlichkeit“ der Zusammenhänge geprägt, die zunächst mit dem Begriff Komplexität benannt werden und in den folgenden Kapiteln genauer definiert werden sollen. Der Umgang mit Komplexität wird zum Erfolgsfaktor für die heutigen und künftigen Anforderungen an Bauvorhaben. Es fordert vom Betrachter ein entsprechendes Verständnis und die Akzeptanz neuer Erfahrungen.<sup>12</sup>

Der Begriff Komplexität wird in Wissenschaft und Praxis sehr gerne verwendet. In der Regel erfolgt die Verwendung immer für einen Sachverhalt, den man nicht genau kennt oder prognostizieren kann. Gerne wird er auch verwendet mit dem Verweis auf gestiegene oder zunehmende Komplexität im Bereich des täglichen Lebens. Im Umgang mit Komplexität fokussieren sich die Akteure primär auf die Notwendigkeit ihrer Reduktion und versuchen eine Vereinfachung durch die Ausblendung der Interdependenzen. Das Herangehen mit solchen Denkmodellen löst jedoch nicht alle anstehenden Herausforderungen und kann sie u.U. noch verstärken. Komplexität ist ein Teil des täglichen Lebens geworden, und man muss sich dieses Phänomens bewusst werden und sich mit einem angemessenen Wissen und konsequentem Herangehen damit auseinandersetzen.

---

<sup>10</sup> Vgl. Bech, J. (2014): "Die Funktion des öffentlichen Bauherrn im Projektmanagement" (Bauherrenaufgaben und Organisationschäden, dargestellt anhand von Fallstudien), DVP-Verlag, Berlin, Zugleich: Cottbus, BTU, Diss., 2013

<sup>11</sup> Vgl. AHO (2014): "Projektmanagementleistungen in der Bau- und Immobilienwirtschaft" (Heft Nr. 9), 4. Auflage, Bundesanzeiger Verlag, Berlin

<sup>12</sup> Vgl. Europäisches Forum für Baukybernetik (2013): "Kybernetik" (Baukybernetik), <http://www.baukybernetik.at/de/de/baukybernetik/kybernetik.aspx> [zuletzt geprüft am: 08.03.2013]

In der folgenden theoretischen Auseinandersetzung mit dem Begriff der Komplexität sollen Defizite im Verständnis über dessen Vielschichtigkeit erarbeitet werden, die eine Entwirrung des Begriffes ermöglichen. Die Bearbeitung der Fragestellungen dieser Arbeit wird durch die Komplexität der Aufgabenstellung erschwert. Das sich Beschäftigen mit der Komplexität an sich ist bereits komplex.<sup>13</sup>

In der heutigen Zeit sehen sich die Projektbeteiligten dem Anspruch ausgesetzt, möglichst schnell und rational Entscheidungen zu treffen. Den meisten Entscheidungen steht jedoch die hohe Komplexität der Entscheidungssachverhalte gegenüber. Die Entscheidungsträger müssen die Rationalität durch komplexitätsorientiertes Handeln gestalten.<sup>14</sup> Durch zunehmende Komplexität steigt die zu verarbeitende Informationsmenge und somit die Anforderungen an das Fassungs- und Leistungsvermögen der einzelnen Person.<sup>15</sup>

Bauvorhaben sollen in immer kürzerer Zeit, mit knappen Ressourcen und gleichzeitig vielfältigeren, interdisziplinären und hochvernetzten Projekthinhalten erstellt werden. Große Bauvorhaben stehen in der Diskussion der Öffentlichkeit und werden durch verschiedene Interessengruppen sowie regionale und kulturelle Unterschiede geprägt. Die hierdurch entstehende Komplexität wird oftmals ignoriert. Kuster beschreibt diese Haltung folgendermaßen:

*„Der Komplexität von Projekten wird viel zu wenig Rechnung getragen, obwohl heute auf diese Art und Weise die wesentlichen strategischen Aufgaben für das Unternehmen bearbeitet werden.“<sup>16</sup>*

Komplexität gehört in den letzten Jahren zu den täglich häufig verwendeten Wörtern. Man spricht von komplexen Systemen, komplexen Zusammenhängen, komplexen Problemen, komplexen Projekten usw. In kaum einer Gesprächsrunde oder Präsentation fehlt ein Bezug auf Komplexität. Der Begriff wird inflationär verwendet, ohne dass Herkunft, Zusammenhang, oder worauf sich dieser bezieht, in Frage gestellt wird. Ohne sich inhaltlich damit auseinanderzusetzen, haben die Menschen eher ein intuitives Verständnis von Komplexität (Paradoxon der Planung). Mit Attributen wie kompliziert, schwierig, undurchschaubar, unverständlich oder unerklärlich versuchen sie, sich dem Begriff zu nähern. Für das normale Alltagsleben mag dieser Umgang sicherlich ausreichend sein, für bedeutende Führungsaufgaben wie in Bauvorhaben ist es jedoch notwendig, fundierte Kenntnisse der Komplexität zu haben. Jedes Projekt kann als ein System zusammenwirkender Elemente (z. B. Menschen, Organisationen u. a.) und deren Eigenschaften (z. B. Rollen, Aufgaben u. a.) gesehen werden, die durch ihr Zusammenwirken in Beziehungen untereinander stehen. Diese erste Umschreibung des Begriffes „System“ wird in den nachfolgenden Kapiteln eingehend erläutert und bildet die Basis des Verständnisses. Die Kunst, ein Projekt in die richtige Richtung zu bewegen, bedeutet, dieses System erfolgreich zu führen. Hierzu gehört u. a., Systeme im Verhalten so zu beeinflussen, dass die gewünschten Ziele erreicht werden.<sup>17</sup>

Die vorherrschende Orientierung des Projektmanagements ist nach wie vor linear-orientiert und basiert auf einem Ursache-Wirkung-Denken. Diese Denkwelt sieht eine Notwendigkeit zur Steuerung erst nach einer Abweichung und bekämpft das Problem dann, wenn es aufgetreten ist. Bei komplexen

---

<sup>13</sup> Vgl. Bandte, H. (2007): "Komplexität in Organisationen", Deutscher Universitäts-Verlag GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, S. 1

<sup>14</sup> Vgl. Schimank, U. (2005): "Die Entscheidungsgesellschaft", VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden, S. Abstract

<sup>15</sup> Vgl. Kalusche, W. (2005): "BKI - Praxis, Lehre und Forschung der Bauökonomie", Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern GmbH, Stuttgart, S. 133

<sup>16</sup> Vgl. Kuster, J., et al. (2011): "Handbuch Projektmanagement", Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, S. VII

<sup>17</sup> Vgl. Malik, F. (1998/2002): "Komplexität - was ist das?", <http://www.kybernetik.ch/dwn/komplexitaet.pdf> [zuletzt geprüft am: 19.05.2015]

Systemen kann das jedoch dazu führen, dass man bei Beseitigung eines Problems zwei oder mehrere neue Probleme schafft. Meistens treten diese indirekten Wirkungen erst mit Zeitverzögerung auf. Damit fallen die eigentlichen Ursachen nicht direkt auf und man sucht an der falschen Stelle. Hiermit erzeugt man ein Kontinuum. Bei den heute vorhandenen hochkomplexen und stark vernetzten Strukturen und Prozessen sollte die Betrachtung über die linearen Ansätze hinausgehen und die Projektzusammenhänge global und mit Tiefe analysiert werden, um ein nachhaltiges Management zu erreichen.<sup>18</sup>

Die langjährigen Erfahrungen des Verfassers zeigen, dass es bei komplexen Systemen wie einem Bauvorhaben unmöglich ist, über den Lebenszyklusverlauf einzelne Bereiche getrennt für sich zu betrachten. Wir tun es aber nach wie vor, weil wir vor der Komplexität zurückschrecken. Wir fürchten uns vor der Informationsflut, den vielen Systemkreisen und der Unmöglichkeit zur Erfassung aller Variablen und Vernetzungen. Wir verweisen auf die vielen erfolgreich abgeschlossenen Bauvorhaben und verdrängen, dass es hier oftmals zu Kosten- und Terminüberschreitungen gekommen ist, es eine Zunahme gerichtlicher Auseinandersetzungen gibt und verschweigen die Probleme, die erst mit dem Betrieb der Immobilie nach der erfolgreichen Übergabe auftreten.

Das Zusammenspiel der einzelnen Systeme und deren Auswirkungen erfassen wir – auch mit gut ausgebildeten Fachkräften – in der Regel nicht. Wir sind überrascht, dass sich Vorgänge hochschaukeln oder an anderer Stelle Spätfolgen auftreten. Linear geplante Methoden können durch das Zusammenspiel der Beteiligten in den einzelnen Prozessen durchaus zu chaotischen Verhältnissen führen. Komplexe Projekte müssen anders behandelt werden. Sie müssen unter Berücksichtigung ihrer Komplexität analysiert und – darauf abgestimmt – eine besondere Strategie entwickelt werden. Hierbei sind die Vernetzung und die Selbstregulation der Systemteile, also die Kybernetik des Systems, zu berücksichtigen.<sup>19</sup>

Die Systemtheorie bietet Hilfe durch ihr strukturierendes Denkmodell an. Sie bietet Ansätze zur analytischen Betrachtung von Komplexität. Mit ihr lässt sich eine Vielzahl von objektiven und subjektiven Betrachtungen ermitteln. Vereinzelt liegen diese natürlich im Graubereich der Ungewissheit und sind mit Unsicherheiten belegt. Kenntnisse über Vergleichsgrößen können jedoch bei der Kategorisierung von Projekten hilfreich sein, um so Fehlrteile durch eine Überforderung der handelnden Personen bei nichtausreichender Kompetenz zu begrenzen.<sup>20</sup>

Bauvorhaben benötigen eine frühzeitige Betrachtung ihrer möglichen Komplexität. Es wird in Zukunft zunehmend erforderlich werden, bereits in der Projektvorbereitung die mögliche Komplexität zu ermitteln. Hieraus ergeben sich Erkenntnisse zur Strukturierung und zur Klärung von Prozessabläufen und notwendigen Kompetenzen. Somit lassen sich frühzeitig Machbarkeit und Projektziele realistisch bestimmen. In der folgenden Projektdurchführung ermöglichen diese Erkenntnisse einen besseren Umgang mit der Komplexität dieser Projekte.<sup>21</sup>

Der nächste Abschnitt konzentriert die aus der Ausgangssituation ermittelte Problemstellung und definiert die Zielsetzung der Arbeit.

---

<sup>18</sup> Vgl. Vester, F. (2011): "Die Kunst vernetzt zu denken", 8. Auflage, Dt. Taschenbuch-Verl., München, S. 16–18

<sup>19</sup> Vgl. Vester, F. (2011), S. 26–27

<sup>20</sup> Vgl. Patzak, G. (2009): "Messung der Komplexität von Projekten" in 5, 42–45, S. 42

<sup>21</sup> Vgl. Kalusche, W. (2016), S. 30

## 1.3 Zielsetzung

Diese Arbeit stellt einen Beitrag zur Erkennbarkeit von Komplexität und somit eine Transparenz im Umgang mit Komplexität in Bauvorhaben dar. Ziel der Arbeit ist es aufzuzeigen, wie vor dem Projektstart bereits eine mögliche Bemessung bzw. Einschätzung großer Baumaßnahmen hinsichtlich ihrer Komplexität getroffen werden kann. Die Abwicklung komplexer Baumaßnahmen kann unter Berücksichtigung dieser Aspekte verbessert werden, da eine frühe Einschätzung der Risiken infolge Komplexität zum vorausschauenden Handeln führen kann.

Komplexität wird aus systemtheoretischer Betrachtung untersucht und es werden Merkmale zur Erkennung herausgebildet. Aus diesen Merkmalen sollen Vermeidungsstrategien (Frühindikatoren) entwickelt werden. Der Umgang mit Komplexität wird durch Analyse und Bewertung der Indikatoren erleichtert. Aus den gewonnenen Erkenntnissen soll ein Modell für die Bewertung von Komplexität in Bauvorhaben (Kennwert und Klassifizierung) entstehen, sodass eine Unterscheidung der Projekte mit geringer oder hoher Komplexität ermöglicht wird.

Durch diesen Erkenntnisgewinn sollen den Projektbeteiligten die Zusammenhänge von Komplexität in Bauvorhaben deutlich gemacht und eine Sensibilität für ihre Handlungen erzeugt werden. Durch die erzielten Ergebnisse soll auf komplexitätstreibende Teilaspekte bewusst reagiert und Projekte künftig zielsicherer geführt werden. Besonders die Schnittstellen der verschiedenen Organisationseinheiten in den Hauptfunktionen Bauherr, Planer und ausführende Firmen sollen hierdurch bewusster gemacht werden und den Beteiligten eine Verbesserung der Zusammenarbeit ermöglichen. Die Ergebnisse sollen eine Entscheidungshilfe bieten und somit einen Beitrag zur Risikobewertung, Prävention und Steuerung leisten.

Aus den vorhergehenden Erläuterungen leiten sich im Wesentlichen folgende Ziele der Forschungsarbeit ab:

- Erkennen, Messen und Bewerten von Komplexität in Bauvorhaben („Diagnose“)
- Entwicklung von Frühwarnindikatoren für eine Eskalation des Komplexitätsgrades von Bauvorhaben („Prävention“)
- Maßnahmen zum Umgang mit Komplexität in Bauvorhaben („Therapie“)

Die Zielsetzung führt zu den nachfolgenden Fragestellungen:

## 1.4 Forschungsfragen

Aus den einleitenden Zielen des Forschungsvorhabens lassen sich für die vorliegende Arbeit folgende Teilaspekte und -fragen isolieren, die den Hintergrund komplexitätswissenschaftlicher Ansätze im Bauprojektmanagement detailliert betrachten:

1. Welches sind die charakterisierenden Eigenschaften von Komplexität und worin besteht die Schwierigkeit in der Wahrnehmung von Komplexität?
2. Durch welche Indikatoren wird Komplexität in Bauvorhaben erkennbar?
3. Lässt sich ein Bewertungsmaßstab durch Gewichtung der Indikatoren finden und in einem vereinfachten Verfahren der Komplexitätsgrad bestimmen?
4. Kann ein komplexes Bauvorhaben modelliert und dadurch der Umgang mit Komplexität vereinfacht werden?

Während die ersten beiden Fragen die fundierende Funktion erfüllen, entsprechen die Fragen drei und vier der kritischen Funktion. Aus den genannten vier Teilfragen leitet sich folgende übergreifende Forschungsfrage ab:

Durch welchen theoretischen Ansatz bzw. welche Vorgehensweise kann ein angemessener Umgang mit Komplexität im Bauprojektmanagement erreicht und damit zur besseren Beschreibung, Erklärung und Prognose der Steuerbarkeit eines Bauvorhabens sowie der individuellen Elemente beigetragen werden und kann im Besonderen unter Einbeziehung komplexitätswissenschaftlicher Ansätze eine bessere Handhabung von Komplexität die Zielerreichung von Bauvorhaben sicherstellen?

## 1.5 Methodik

Im Folgenden werden die Art und Weise des wissenschaftlichen Arbeitens sowie der Methodeneinsatz beschrieben. Die wissenschaftliche Methode ist überwiegend formal-konzeptionell mit einer argumentativ-deduktiven Analyse. Das bedeutet, dass zu Beginn der Arbeit Fragestellungen aufgestellt und diese im weiteren Fortschritt untersucht, bestätigt oder abgelehnt werden. Das empirische Vorgehen beinhaltet im Wesentlichen Literaturarbeit, geführte Interviews, Erfahrungen eigener Projekte, Analysen, Modellbildung und Verifizierung über eine Fallstudie.

Folgende Schritte beschreiben die Vorgehensweise:

### **Grundlagenforschung**

Der Stand von Wissenschaft und Forschung wird durch die Bearbeitung einschlägiger Literatur (Monografien, Dissertationen und Veröffentlichungen u. a.) fundiert aufbereitet. Hier soll ein Einstieg in das Thema als Basis für die grundlegende Definition von Komplexität, ihren Erscheinungsformen und den verschiedenen Sichtweisen aus unterschiedlichen Bereichen der Wissenschaft gefunden werden.

### **„Experten“-Befragung**

Zur Ermittlung des branchenspezifischen Wissens über Komplexität im Bauwesen und zur Abgrenzung der Aufgabenstellung wird parallel zur Grundlagenforschung eine Expertenbefragung durchgeführt. Diese findet im Rahmen von persönlichen Interviews bzw. über Fragebogen statt. Die Befragung wird mit ausgewählten Persönlichkeiten aus dem Bereich des Projektmanagements, der Bauwirtschaft und der Wissenschaft durchgeführt. In den Interviews erfolgt u. a. eine Konturierung über mögliche Ursachen nicht zielgerecht laufender Projekte und inwieweit die Komplexität hierbei eine Rolle spielt. Die Interviews werden mit offenen Fragen geführt und haben zum Ziel, eine Innenansicht in die Erfahrungswelt der verschiedenen Experten zu geben, die in unterschiedlichen Rollen von Komplexität in der Projektabwicklung betroffen sind. Es handelt sich um eine Sammlung von Erfahrungen und Kriterien der Gesprächspartner, z. B. zu typischen Indikatoren der Komplexität. Daraus sollen sich letztlich die Forschungsfragen konkretisieren und die Grundlage möglicher Modell-Varianten entwickeln. Es fließen eigene Erfahrungen zum Stand der Praxis in die Grundlagenermittlung mit ein. Diese Aufbereitung dient der Bestandsaufnahme und als Fundament der Ausgangsposition.

### **Analysen und Erkenntnisse**

Aus der Analyse der vorausgehenden Grundlagenforschung und der Experten-Befragung sollen die Forschungsfragen beantwortet werden. Am Ende dieses Arbeitsschritts werden wesentliche Erkenntnisse dargestellt, welche die Komplexität von Bauvorhaben ausmachen und hieraus konkrete Thesen entwickeln. Es wird versucht, Komplexität einschätzbar zu machen bzw. einer Bewertung zu unterziehen. Hierzu wird ein Vergleich zu bereits vorhandenen Schemata angestellt.

### **Theorie zum Umgang mit der Komplexität in Bauvorhaben**

Auf Basis der Grundlagenforschung sollen Merkmale der Komplexität und Indikatoren in Bauvorhaben definiert sowie eine Gewichtung gefunden werden, die eine Theorie zum Umgang mit Komplexität in Bauvorhaben zulassen. Diese Ergebnisse sollen die Basis für ein Modell bilden und die Entwicklung eines Bewertungsschemas ermöglichen.

**Erstellung eines Modells mit einem Bewertungsschema**

Indikatoren und deren Gewichtung sollen in ein Modell überführt werden. Die Verifizierung des Modells auf seine Wirksamkeit erfolgt über eine geeignete Fallstudie. Daraus sollen Empfehlungen zur Risikoeinschätzung und zur Prävention erstellt werden.

**Schlussfolgerung und Ausblick**

Dieser Arbeitsschritt nimmt eine abschließende Funktion wahr. Aus den oben genannten Ergebnissen werden Empfehlungen für den Umgang mit der Komplexität in Bauvorhaben gegeben. Schlussfolgerungen werden gezogen. Offene Forschungsfelder werden benannt.



## 1.6 Struktur der Arbeit

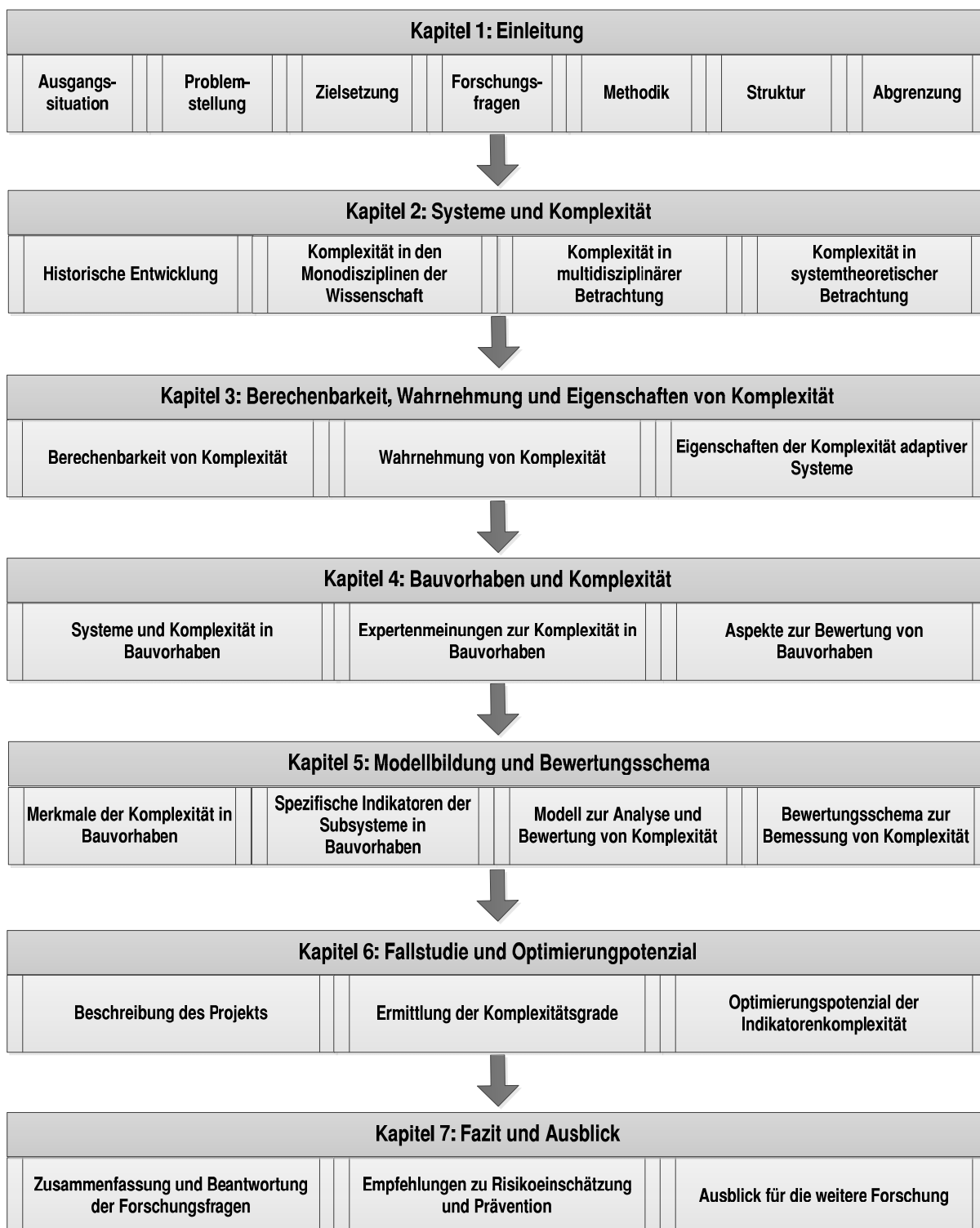


Abb. 02: Struktur der Dissertation

Die vorliegende Arbeit gliedert sich in einen Einleitungs- und Grundlagenteil (Kapitel 1 und 2), einen Hauptteil (Kapitel 3 bis 6) und einen Schlussteil (Kapitel 7) und ist in sieben Kapitel aufgeteilt, aus denen die Vorgehensweise der Untersuchung schrittweise ablesbar ist:

### **Kapitel 1: Einleitung**

Zu Beginn der Arbeit werden die Ausgangssituation und die Problemstellung als Ausgangspunkte der Betrachtung beschrieben. Aus diesen entwickeln sich die drei Hauptziele und die Formulierung von vier Forschungsfragen als Basis der weiteren Untersuchung.

### **Kapitel 2: Systeme und Komplexität**

Der Begriff Systeme wird einer systemtheoretischen Betrachtung unterzogen und hieraus der Begriff der Komplexität abgeleitet. Für den Begriff Komplexität bestehen in den verschiedenen Wissenschaftsdisziplinen unterschiedliche Definitionsansätze. Es werden die Historie und die Erforschung von Komplexität in den mono- und multidisziplinären Wissenschaften nachgestellt. Dieses Kapitel bildet die Grundlagen für die weitere Bearbeitung.

### **Kapitel 3: Berechenbarkeit, Wahrnehmung und Eigenschaften von Komplexität**

Der Beitrag über mögliche Berechnungsansätze, der Wahrnehmungsfähigkeit und den bestimmenden Eigenschaften von Komplexität in adaptiven Systemen stellt den ersten Teil des Hauptthemas dar. Das Kapitel mündet in die Beantwortung der ersten Forschungsfrage: „Welches sind die charakterisierenden Eigenschaften von Komplexität und worin besteht die Schwierigkeit in der Wahrnehmung von Komplexität?“

### **Kapitel 4: Bauvorhaben und Komplexität**

Dieses Kapitel beschreibt eine Möglichkeit zur Ermittlung der Merkmale von Komplexität in Bauvorhaben. Zunächst wird das Bauprojektmanagement einer systemischen Betrachtung unterzogen und die gewonnenen Erkenntnisse aus der vorausgehenden Expertenbefragung (2013-2015) dargestellt. Anschließend werden verschiedene Bewertungsschemata untersucht und mit den vorangehenden Ergebnissen verglichen. Auf Basis von ermittelten Parametern erfolgt im nächsten Schritt die Bildung eines Modells.

### **Kapitel 5: Modellbildung und Bewertungsschema**

Aus Merkmalen der Komplexität adaptiver Systeme und systemischen Indikatoren von Bauvorhaben wird ein indikatorbasiertes Modell entwickelt und in ein Bewertungsschema überführt. Aus dem Modell lassen sich verschiedene Komplexitätsgrade ableiten.

## **Kapitel 6: Fallstudie und Optimierungspotenzial**

Anhand einer Fallstudie wird das Modell untersucht und verifiziert. Es werden Optimierungspotenziale aufgezeigt.

## **Kapitel 7: Fazit und Ausblick**

Es erfolgt die Beantwortung der Forschungsfragen und Empfehlungen zur Projekteinschätzung und Prävention hinsichtlich der Einflüsse der Komplexität auf Bauvorhaben. Den Abschluss bildet ein Ausblick auf mögliche neue Forschungsaufgaben.

### **1.7 Abgrenzung des Themas**

Gegenstand der Untersuchung ist das Aufgabenfeld des Projektmanagements innerhalb der Projektstufen nach AHO-Schriftenreihe Nr. 9<sup>22</sup>. Der Bereich des Objektmanagements, d. h. der Betrieb und Unterhalt von baulichen Anlagen, findet keine detaillierte Berücksichtigung in Bezug auf die Auswirkungen der Komplexität in Bauvorhaben. Es erfolgt eine Konzentration auf die Projektstufe 1 - Projektvorbereitung, da die Arbeitsergebnisse zur Risikoeinschätzung durch Komplexität in Bauvorhaben zum Projektbeginn liefern soll. Eine grundsätzliche Beschränkung auf diese Projektstufe ist jedoch nicht zwingend. Eine Einschätzung der Komplexität sollte zu jedem Zeitpunkt möglich sein, um notwendige Steuerungsmaßnahmen veranlassen zu können.

Die Untersuchungen der vorliegenden Arbeit wurden auf Bauvorhaben hin durchgeführt und sind nicht auf private oder öffentliche Bauherren begrenzt. Komplexität in Bauvorhaben tritt sowohl bei privaten Bauvorhaben, insbesondere in größeren privaten Bauherrenorganisationen, als auch in öffentlichen Bauvorhaben gleichermaßen auf. Die mögliche Umsetzung von Handlungsempfehlungen hängt jedoch von den Freiheiten der Organisationen, hinsichtlich der Gestaltung ihrer Prozesse und Strukturen, ab.

Projektmanagement im Bauwesen leitet sich aus den Grundregeln der allgemeinen Managementlehre ab und hat somit viele Gemeinsamkeiten mit Organisationsprojekten, Informationstechnologieprojekten oder Investitionsprojekten. Bauvorhaben unterliegen jedoch anderen Rahmenbedingungen und müssen daher getrennt betrachtet werden. Wird daher in der Arbeit aus Vereinfachungsgründen nur der Begriff „Projekt“ oder „Projektmanagement“ verwandt, so ist immer der Bezug auf Bauvorhaben damit gemeint.

Im folgenden Kapitel 2 werden die historischen Grundlagen der Komplexitätstheorie, die verschiedenen Blickrichtungen der unterschiedlichen Wissenschaftsdisziplinen aufgezeigt und die Basisaussagen zu Komplexität in Systemen definiert.

---

<sup>22</sup> Vgl. AHO (2014)



## 2 Systeme und Komplexität

### 2.1 Historische Entwicklung der Komplexitätswissenschaft

Die Komplexitätswissenschaft ist noch eine verhältnismäßig junge Wissenschaft. Der Begriff Komplexität hat seit den 1970er Jahren Einzug in die Umgangssprache gehalten und wird seitdem sehr undifferenziert verwendet. Im Allgemeinen dient er dazu, schwer verständliche Sachverhalte zu beschreiben. Indem einem Forschungsgegenstand der Stempel der Komplexität aufgedrückt wird, dient er als Rechtfertigung, simplifizierende Forschungsstrategien zu verwenden. Zynisch könnte man es so ausdrücken, dass Komplexität ein „Euphemismus für Ignoranz ist: Was wir nicht verstehen, ist zu komplex.“<sup>23</sup>

Eine Vielzahl von Forschern aus verschiedenen Bereichen der Wissenschaft hat sich bereits mit der Thematik auseinandergesetzt. Nachfolgende Abbildung gibt einen Überblick über Erkenntnisse bedeutender Vertreter der Komplexitätswissenschaften:

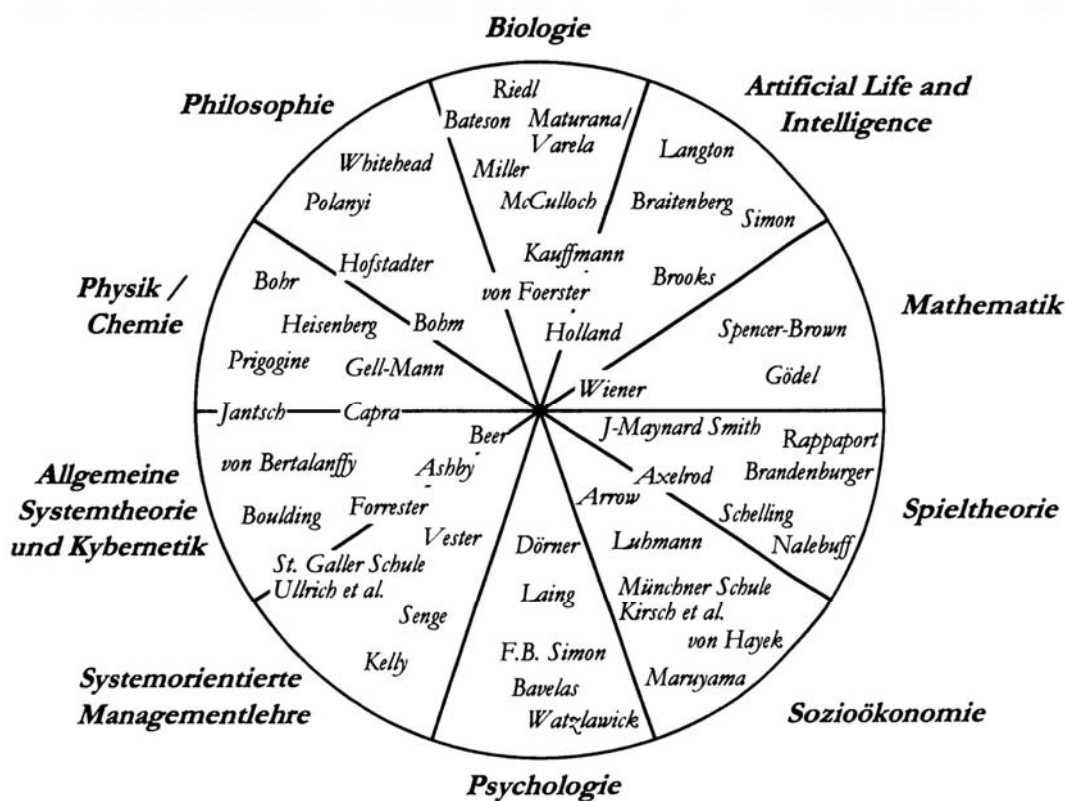


Abb. 03: Vertreter der Komplexitätswissenschaften nach Bandte<sup>24</sup>

Eine allgemein gültige Definition von Komplexität gibt es nicht. Sucht man den Begriff in verschiedenen Wissenschaftsbereichen, findet man unterschiedliche Beschreibungen.

<sup>23</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 47

<sup>24</sup> Vgl. Kirchhof, R. (2003): "Ganzheitliches Komplexitätsmanagement", 1. Auflage, Dt. Univ.-Verl, Wiesbaden, S. 29

Als Beispiel sei eine Definition aus den Wirtschaftswissenschaften angeführt:

*„Komplexität beschreibt die Gesamtheit aller voneinander abhängigen Merkmale und Elemente, die in einem vielfältigen, aber ganzheitlichen Beziehungsgefüge (System) stehen. Unter Komplexität wird die Vielfalt der Verhaltensmöglichkeiten der Elemente und die Veränderlichkeit der Wirkungsverläufe verstanden. Der Umgang mit komplexen Systemen erfordert ein hohes Maß an Wissen über die kausalen Zusammenhänge der Systemelemente (Art der Vernetzung) und die Fähigkeit, Komplexität auf wenige Merkmale und Muster zu reduzieren (Komplexitätsreduktion)“<sup>25</sup>.*

ULRICH/PROBST<sup>26</sup> definieren in ihrer Systemtheorie den Begriff wie folgt:

*„Von Komplexität dagegen sprechen wir, wenn etwas nicht nur in seiner Zusammensetzung kompliziert ist, sondern auch seinen Zustand ständig verändert [...]. Komplexität wird definiert als Fähigkeit eines Systems, in einer gegebenen Zeitspanne eine grosse Zahl von verschiedenen Zuständen annehmen zu können“.*

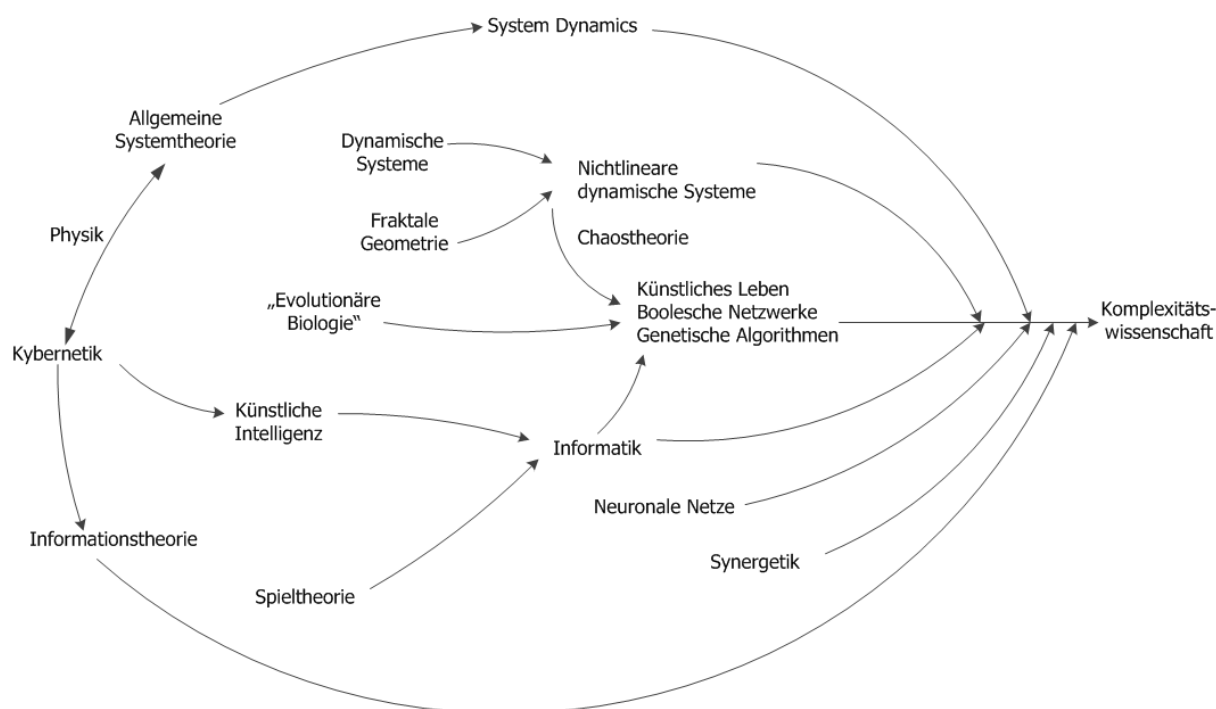


Abb. 04: Ursprünge der Komplexitätswissenschaft nach Bandte (e. D.)<sup>27</sup>

Es bedarf einer Begriffsabgrenzung, um den Komplexitätsbegriff wissenschaftlich nutzbar zu machen. Vor allem in der Betriebswirtschaft wird er bisweilen unpassend und unstrukturiert verwendet. Der Ursprung des Komplexitätsbegriffs ist mehrdimensional. Man kann unterscheiden zwischen Monodisziplinen (z. B. Mathematik, Soziologie u. a.) und Multidisziplinen (z. B. Managementlehre, Systemtheorie u. a.). Komplexitätswissenschaftliche Ansätze können sowohl formal-konzeptionell als auch praxis- bzw. problemorientiert ausgerichtet sein. Für eine formal-konzeptionelle Betrachtung eignen sich be-

<sup>25</sup> Vgl. Piekenbrock, D. (2009): "Gabler Kompakt-Lexikon Volkswirtschaftslehre", 3. Auflage, Gabler, Wiesbaden, S. 234

<sup>26</sup> Vgl. Ulrich, H. & Probst, Gilbert J. B (1991): "Anleitung zum ganzheitlichen Denken und Handeln", 3. Auflage, Haupt, Bern, Stuttgart, S. 58

<sup>27</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 48

sonders die übergreifenden Disziplinen, da diese Wissen aus verschiedenen Forschungsbereichen vereinen, und damit eher eine gemeinsame Formalstruktur der Theorie im Vordergrund steht.<sup>28</sup>

Zum Verständnis des Begriffes ist ein Grundwissen über die allgemeine Systemtheorie erforderlich, das im Folgenden detaillierter veranschaulicht werden soll. Die Grundlagen der Systemtheorie in ihren theoretischen und terminologischen Festlegungen bilden die Basis für die Erkennung komplexer Problemstellungen und somit für die ganzheitliche Erfassung komplexer Bauvorhaben. Nachfolgende Ausführungen sollen somit zunächst den Rahmen für das weitere Verständnis dieser Arbeit bilden.<sup>29</sup>

Die Literatur bietet eine große Vielfalt an wissenschaftlichen Beiträgen in den verschiedensten Wissenschaftsbereichen, die sich mit der Komplexität von Systemen beschäftigt haben. Die in den Monodisziplinen der Wissenschaften entstandenen Beiträge fasst man unter dem Begriff „Komplexitätswissenschaften“ zusammen und bezeichnet sie auch als Komplexitätstheorie. Wesentliche Begriffe zur Erklärung von Komplexität in Organisationen sind hier die Systemtheorie und die Kybernetik. Alle Wissenschaftsbereiche haben das grundlegende Ziel, reale Komplexität in fassbare Modelle abbilden zu können.<sup>30</sup>

Die Entwicklung des kybernetischen Zweiges im Zusammenhang mit Bauprojektmanagement liefert Frahm in nachfolgender Abbildung als Zeitstrahl der Entwicklungsphasen:

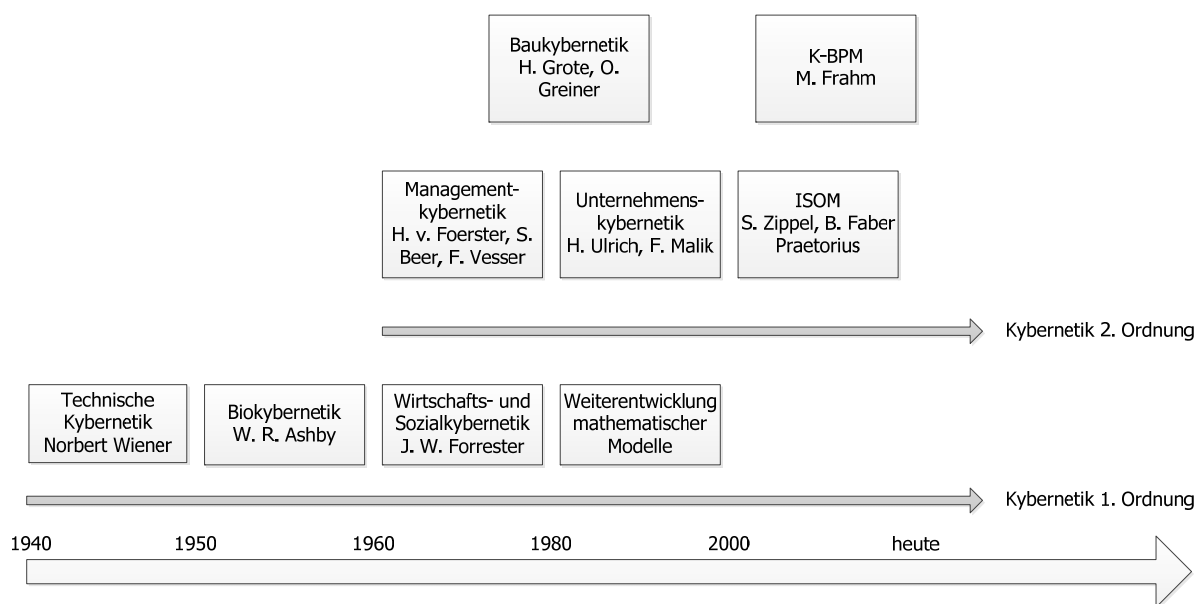


Abb. 05: Entwicklung der Baukybernetik nach Frahm (e. D.)<sup>31</sup>

<sup>28</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 49

<sup>29</sup> Vgl. Schleicher, M. (2012): "Komplexitätsmanagement bei der Baupreisermittlung im Schlüsselfertigbau", Kassel University Press, Kassel, S. 5

<sup>30</sup> Vgl. Kirchhof, R. (2003), S. 29

<sup>31</sup> Vgl. Frahm, M. (2013): "Baukybernetik", Books on Demand, Norderstedt, S. 35

## 2.2 Komplexität in den Monodisziplinen der Wissenschaft

### 2.2.1 Komplexität in der Mathematik

Der Komplexitätsbegriff wird in der Mathematik oftmals eher quantitativ als qualitativ verwendet. Jedoch stehen diese Aspekte durchaus in einem Zusammenhang. Aus den Forschungen von WIENER<sup>32</sup> und der Fortentwicklung von SIMON<sup>33</sup> sind komplexe Systeme Mehrebenensysteme, die aus mehreren einfachen, in sich stabilen Subsystemen bestehen. Jedes System besteht aus einzelnen Teilen, die ihrerseits wieder ein System darstellen können. Besonderes Interesse liegt hier eher auf der Struktur des Systems als auf den Eigenschaften der Einzelteile. Ein System verfolgt während seiner Existenz Ziele und handelt entsprechend. Diese Handlung führt zu einem weiteren Zustand, der wiederum Ursache einer weiteren Handlung ist, um das Ziel weiterhin erreichen zu können. Das handelnde System ist also selbst Ursache seiner Handlung. WIENER's Kybernetik beinhaltet also ein zirkuläres Ursache-Wirkung-Schema, das sich strukturell durch Rückkopplung beschreiben lässt.

Komplexität entsteht demnach nicht nur durch eine große Anzahl an Elementen, sondern auch durch die Interaktionen derselben aus der inneren Struktur der Systeme. Erst durch Rückkopplungen zwischen den Teilsystemen entwickelt sich Komplexität, die anwächst. Dies bedeutet, dass sich aus einfachen, stabilen Systemen hochaggregierte komplexe Systeme entwickeln können. Ursache hierfür sind Rückkopplungen, die zwischen den einzelnen Systemen bestehen. Diese wirken komplexitätstreibend und können zu steigender Komplexität führen. Komplexität wird daher in der Mathematik anhand der Elementanzahl des Systems und der Veränderlichkeit der Rückkopplungen definiert.<sup>34</sup>

PEAK/FRAME beschreiben eine Begrenzung der Beschreibung von Komplexität durch mathematische Modelle. Vorgänge, die hochkomplex sind, lassen sich selbst mit Hochleistungscomputern nur bedingt erfassen. Der Umgang mit Komplexität wird hier als Beherrschung des Chaos beschrieben.<sup>35</sup>

DITTES beschreibt Verhaltensmuster von wachsenden Systemen, deren Tendenz darin liegt, Komplexität durch Potenzierung ihrer Anzahl und Vielfältigkeit zu erhöhen und somit einen kritischen Wert anzunehmen, der die Grenze der erkennbaren Muster überschreitet und in den Bereich der Unbestimmtheit abgeleitet. Dieser Kritizitätspunkt wird auch als Rand zum Chaos bezeichnet.<sup>36</sup>

Grundlegende Erkenntnisse zur „Chaostheorie“ leistete LORENZ mit einer Arbeit aus dem Jahre 1963, in der er eine Berechnung zur Wettervorhersage mit dem Computer unternahm. Er untersuchte im Zusammenhang mit langfristigen Wetterprognosen das Phänomen auf mathematischer Basis. LORENZ fand heraus, dass Berechnungen, die auf Zwischenergebnisse bereits durchgeführter Berechnungen zurückgriffen, dann zu erheblichen Abweichungen führen, wenn diese mit einer Genauigkeit von nur drei statt sechs Nachkommastellen durchgeführt wurden. Daraus erwuchs die Erkenntnis, dass Ergebnisse mit demselben Ausgangspunkt, jedoch mit unterschiedlichen Anfangsbedingungen, soweit diver-

---

<sup>32</sup> Vgl. Wiener, N. (1966): "Mensch und Menschmaschine", 3. Auflage, Äthenäum Verlag, Frankfurt a.M, Bonn

<sup>33</sup> Vgl. Simon, H. A. (1996): "The sciences of the artificial", 3. Auflage, MIT Press, Cambridge, Mass

<sup>34</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 51

<sup>35</sup> Vgl. Peak, D. & Frame, M. (1995): "Komplexität - das gezähmte Chaos", Birkhäuser, Basel [u.a.]

<sup>36</sup> Vgl. Dittes, F.-M. (2012): "Komplexität", Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, S. 21–26



gieren können, bis sie schließlich keine Gemeinsamkeit mehr zeigen. Dieser Begriff wurde aufgrund seiner grafischen Darstellung im dreidimensionalen Raum als „Schmetterlingseffekt“ bezeichnet.<sup>37</sup>

### 2.2.2 Komplexität in der Informatik

Der Wissenschaftsbereich der "Künstlichen Intelligenz" steht in einem engen Bezug zur Entwicklung der Computertechnologie.<sup>38</sup> Die Implementierung künstlichen Lebens bedarf einer Simulation der Verhaltensweisen von Lebewesen. Künstliche Intelligenz betrachtet aus der Makroebene eine Komplexität, die auf Basis einfach strukturierter, stabiler und interagierender Elemente eines Systems entsteht. Daher benötigt es ein Modell, das die Beschreibung, Erklärung und Prognose von sozialem Systemverhalten leisten kann. Um dieses rechnergestützt umzusetzen, muss das Modell ebenfalls aus einfach strukturierten, einzelnen Elementen aufgebaut sein.<sup>39</sup> Einfache Strukturen widersprechen im Grundsatz den Komplexitätswissenschaften.

Der Versuch der Informatik ein komplexes soziales System in Form von künstlichem Leben abzubilden, ist eng verbunden mit dem allgemeinen Versuch einer Komplexitätswissenschaft, die Funktionsweise eines komplexen Systems zu erforschen. Allerdings stehen das Streben nach Gleichgewichtszuständen und der normative Anspruch, *identische* künstliche Modelle aufstellen zu wollen, im Widerspruch zu den Basisprämissen der Komplexitätswissenschaft.<sup>40</sup>

### 2.2.3 Komplexität in der Biologie

Komplexität spielt in der Biologie eine große Rolle bei der Betrachtung von Lebendigem.<sup>41</sup> VESTER betrachtet die Komplexität aus einem biokybernetischen Denkansatz. Angesichts einer immer komplexeren Welt wird die Unzulänglichkeit herkömmlicher Denkweisen immer deutlicher. Für sich perfekt geplant können die Folgen jeden Eingriffs in vielschichtige Gefüge fatale Konsequenzen haben. Rückkopplungen, Zeitverzögerungen, Spätschäden u. a. sind die Folgen.<sup>42</sup>

Man unterscheidet zwischen einfacher, kritischer und fundamentaler Komplexität. Elementar ist die Auffassung, dass sich die einzelnen Systembestandteile, bestehend aus adaptiven autonomen „Agenten“<sup>43</sup>, nach gewissen Regeln verhalten und eine Evolution stattfindet.<sup>44</sup> Komplexität ist damit kein zufälliges Konstrukt, das durch ein einziges Ereignis entsteht, sondern es entwickelt sich langsam nach gewissen Regeln.<sup>45</sup>

---

<sup>37</sup> Vgl. Lorenz, E. N. (1995): "The essence of chaos", 1. Auflage, University of Washington Press, Seattle

<sup>38</sup> Vgl. Mainzer, K. (2008): "Komplexität", UTB, Paderborn

<sup>39</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 71

<sup>40</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 72

<sup>41</sup> Vgl. Kauffman, S. A. (1998): "Der Öltropfen im Wasser", Ungekürzte Taschenbuchausg. Auflage, Piper, München, Zürich

<sup>42</sup> Vgl. Vester, F. (2011), S. 170

<sup>43</sup> Vgl. Pape, U. J. (2003): "Natürliche Beispiele von Multiagentensysteme", [http://www.ag-nbi.de/lehre/03/S\\_SI/Referate/Pape/swarm\\_ex.pdf](http://www.ag-nbi.de/lehre/03/S_SI/Referate/Pape/swarm_ex.pdf) [zuletzt geprüft am: 31.12.2016]

Anm. d. Verf.: Als biologische "Agenten" bezeichnet man kleine autonome Teile eines biokybernetischen Systems, deren Verhalten durch einfache Strukturen vorausbestimmbar ist. Man nutzt dabei die Emergenzfähigkeit dieser einfachen Systeme aus, um hochkomplexe Systeme zu simulieren. In der Natur sind viele solcher Agentensysteme vorhanden, deren evolutionäre Erfahrungen auf künstliche Systeme übertragen werden sollen.

<sup>44</sup> Vgl. Kauffman, S. A. (2000): "Investigations", Oxford University Press, New York

<sup>45</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 52

### 2.2.4 Komplexität in der Physik und Chemie

Die Naturwissenschaften Physik und Chemie weisen im Komplexitätsverständnis ähnliche charakteristische Merkmale auf, so dass diese gemeinsam betrachtet werden können. Nach GELL-MANN<sup>46</sup> nähert sich Komplexität in abstrakter Form über die Einführung eines Maßes an. Demnach ist sie abhängig von der Länge der kürzestmöglichen Nachricht zur Übertragung der notwendigen Information. Dieser, an Komplexität von Softwareprogrammen angelehnte, Definitionsansatz bestimmt den Komplexitätsgrad eines Systems, mit der Länge der Programmierung (z. B. Anzahl der notwendigen Algorithmen). Hiernach korreliert der Komplexitätsgrad eines Systems positiv mit der Länge der kürzesten notwendigen Informationskette. Damit wird zwischen logischer Tiefe und effektiver Komplexität unterschieden, welches ähnlich ist zu einer Einteilung in einfache und komplizierte komplexe Systeme. Komplexität entsteht demnach aus einer gewissen Dynamik der Selbstorganisation der Systemkomponenten und erschafft sich damit selbst (autopoietisch<sup>47</sup>).<sup>48</sup> Damit stellt die Synergetik, als Subdisziplin der Physik, die Schaffung neuer Verhaltensmuster in den Vordergrund und bildet den Grundgedanken für „offene Systeme“, die einen Austausch mit der Umwelt zulassen. Die bedeutende Grundannahme der Synergetik, dass Systeme „offen“ sind und Austauschprozesse mit der Umwelt erlauben, ermöglicht eine Übertragung auf soziale Systeme.<sup>49</sup>

### 2.2.5 Komplexität in der Philosophie

Als bekannte Vertreter der philosophischen Betrachtung von Komplexität gelten HOFSTADTER<sup>50</sup> und WHITEHEAD<sup>51</sup>. Die philosophische Betrachtung der Komplexität stellt heraus, dass es zur Bewältigung von Komplexität einer interdisziplinären Betrachtung aus Formal-, Natur-, Sozial- und Geisteswissenschaften bedarf. Mit der Zielsetzung nach "selbstorganisierenden Systemen" ließen sich die Herausforderungen einer immer komplexer werdenden Welt bewältigen.<sup>52</sup> Die Befassung der Philosophie mit diesem Begriff ist sehr abstrakt und versucht, das Phänomen zu beschreiben. Es lässt sich ableiten, dass der Beitrag der Philosophie daher eher konzeptionell zur Komplexitätswissenschaft beiträgt. Es handelt sich im Wesentlichen um konzeptionelle Denkanstöße, die bis heute nicht weitergehend konkretisiert wurden. Der Komplexitätsbegriff der Philosophie als das raumzeitliche „in-Beziehung-stehen von Elementen aus einer begrenzten Menge“ ist zu abstrakt und trägt daher wenig zur Entwicklung einer Komplexitätstheorie bei.<sup>53</sup>

### 2.2.6 Komplexität in der Psychologie

Dörner bezieht die Komplexität auf einen Realitätsausschnitt der Wahrnehmung des Betrachters. Je mehr Merkmale vorhanden sind und je mehr diese voneinander abhängig sind, bestimmen diese das Ausmaß der Komplexität. Hier kommt der Mensch als Akteur in die Betrachtung hinein. Komplexität stellt besondere Anforderungen an die Fähigkeit eines Handelnden, einen hohen Informationsfluss

---

<sup>46</sup> Vgl. Gell-Mann, M. (1995): "Das Quark und der Jaguar", 3. Auflage, Piper, München

<sup>47</sup> Autopoiesis oder Autopoiese (altgriech. αὐτός autos „selbst“ und ποιέιν poiein „schaffen, bauen“) bezeichnet den Prozess der Selbsterschaffung und -erhaltung eines Systems.

<sup>48</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 53

<sup>49</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 54

<sup>50</sup> Vgl. Hofstadter, D. R. (1985): "Goedel, Escher, Bach", 7. Auflage, Klett-Cotta, Stuttgart

<sup>51</sup> Vgl. Whitehead, A. N. & Holl, H. G. (1984): "Wissenschaft und moderne Welt", 1. Auflage, Suhrkamp, Frankfurt am Main

<sup>52</sup> Vgl. Mainzer, K. (2008), S. 113

<sup>53</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 54–55

aufzunehmen und zu verarbeiten und dies in Aktivitäten umzusetzen.<sup>54</sup> Der Beitrag der Psychologie beschränkt sich im Wesentlichen auf die Identifikation zentraler Merkmale komplexer Systeme. Dies sind Dynamik, Vernetztheit und Unvollständigkeit. Die Dynamik entsteht durch die Unvollständigkeit des Systems. Durch einen Austausch zwischen den vernetzten Akteuren wird versucht, einen Zustand der Systemstabilität zu erreichen. Die Psychologie konzentriert sich in ihren Ansätzen auf konzeptionelle Betrachtungen von Komplexität, ohne jedoch einen konkreten Anwendungsbezug zu definieren.<sup>55</sup>

### 2.2.7 Komplexität in der Soziologie

Der Schwerpunkt der Soziologie liegt vor allem auf einer begrifflichen Abgrenzung des Komplexitätsbegriffs. Es wird zwischen sachlicher, sozialer, zeitlicher, operativer und kognitiver Komplexität unterschieden.<sup>56</sup>

*Sachliche* Komplexität bezeichnet die Vielfalt der Elemente, die aufeinander wirken, wie z. B. Sachen, Zellen, Organismen, Menschen, Organisationen und Unternehmen. Sie korreliert positiv mit der Dichte der Elemente in einem fest abgegrenzten Raum-Zeit-Abschnitt und deren Rückkopplungen untereinander. Sind die Elemente des Systems soziale Interaktionspartner und ergeben sich hieraus Rückkopplungen, spricht man von *sozialer* Komplexität.<sup>57</sup> Diese kann mithilfe funktionaler Binnendifferenzierung, also Rollendefinition, gelöst werden. An die Rollen sind verschiedene Zeithorizonte (z. B. Planungshorizonte) geknüpft. Diese führen zudem zu einer *zeitlichen* Komplexität des Systems.<sup>58</sup> Die *operative* Komplexität bezeichnet den Umstand, dass Ziele durch das System selbst gesetzt werden können und das System damit proaktiv Zustandsänderungen herbeiführen kann.<sup>59</sup> Unter der *kognitiven* Komplexität wird die Kontrollierbarkeit bzw. Entscheidbarkeit praktischer Fragen verstanden. Zusammenfassend wird diese hier auch als Systemkomplexität definiert.<sup>60</sup>

BÜHL unterscheidet zwischen Designkomplexität – die potentielle Komplexität, die sich entwickeln kann, wenn das System sämtliche Verhaltenspotenziale ausnutzt und der Kontrollkomplexität – die Komplexität, die notwendig ist, um die Systemzustände zu selektieren, die zur Kontrolle des Systems nötig sind.<sup>61</sup>

Für LUHMANN entbehrt der Komplexitätsbegriff jeglicher Definition, da es sich für ihn um einen selbstreferentiellen Terminus handelt.<sup>62</sup> Luhmann kommt im Bereich der Sozialwissenschaften in seiner Gesellschaftstheorie zu den Erkenntnissen, dass Gesellschaft mit Kommunikation gleichzusetzen ist. Systeme, in denen Menschen die Systemelemente darstellen, sind immer soziale Systeme mit einem operativ geschlossenen Prozess sozialer Kommunikation. Die Systeme sind selbstreferenziell, beziehen sich also nur auf ihre internen Operationen und bleiben trotzdem kognitiv offen. Komplexität liegt für LUHMANN vor, wenn in einem System eine ausreichend große Anzahl von Elementen, eine hinreichend

---

<sup>54</sup> Vgl. Dörner, D. (2012): "Die Logik des Misslingens", 11. Auflage, Rowohlt-Taschenbuch-Verl, Reinbek bei Hamburg, S. 60

<sup>55</sup> Vgl. Bandte, H., S. 56

<sup>56</sup> Vgl. Willke, H. (2000): "Grundlagen", 6. Auflage, Lucius & Lucius, Stuttgart, S. 81

<sup>57</sup> Vgl. Willke, H. (2000), S. 84

<sup>58</sup> Vgl. Luhmann, N. (1991): "Soziologische Aufklärung 1", 6. Auflage, Westdt. Verl., Opladen, S. 123

<sup>59</sup> Vgl. Reuter, J. (1998): "Komplexität und Dynamik der Implementierung von Wettbewerbsstrategien", Deutscher Universitätsverlag, Wiesbaden, S. 123

<sup>60</sup> Vgl. Kirsch, W. (1988): "Die Handhabung von Entscheidungsproblemen", 3. Auflage, Kirsch, Herrsching, S. 205

<sup>61</sup> Vgl. Bühl, W. L. (2003): "Grenzen der Autopoiesis", [http://www.vordenker.de/buehl/wlb\\_grenzen-autopoiesis.pdf](http://www.vordenker.de/buehl/wlb_grenzen-autopoiesis.pdf) [zuletzt geprüft am: 12.11.2016]

<sup>62</sup> Vgl. Luhmann, N. (1994): "Soziale Systeme", 4. Auflage, Suhrkamp, Frankfurt am Main, S. 59

große Menge, ausgeprägte Verschiedenartigkeit und Intensität von Beziehungen zwischen den Elementen sowie Dynamik vorliegt:

*"Als komplex wollen wir eine zusammenhängende Menge von Elementen bezeichnen, wenn aufgrund immanenter Beschränkungen der Verknüpfungskapazität der Elemente nicht mehr jedes Element jederzeit mit jedem Element verknüpft werden kann."*<sup>63</sup>

Komplexität entsteht aus den von Menschen als Element gebildeten Systemen und deren Verknüpfungen untereinander. Je höher die Anzahl der Beziehungen, desto höher die Komplexität und die Möglichkeit, diese zu erfassen und damit umzugehen. Wiener spricht in diesem Zusammenhang von einer linearen Ursache-Wirkung-Kette: "Ein Prozess, bei dem eine bestimmte Ursache eine bestimmte Wirkung hervorruft, ist dann linear, wenn die doppelte Ursache auch die doppelte Wirkung hat."<sup>64</sup> Die Realität der Wirkung ist jedoch in der Regel eine nicht-lineare Beziehung mit verstärkend und dämpfend wirkenden Einflüssen, wie LORENZ dies in seiner Metapher des „Schmetterlingseffekts“ darstellt.<sup>65</sup> Zusammenfassend wird systemtheoretisch Komplexität mit der Vielzahl und der Vielschichtigkeit von Systemen in Beziehung gebracht.<sup>66</sup> Der Beitrag der Sozialwissenschaften zu einer Definition des Komplexitätsbegriffs ist als sehr hoch einzuschätzen. Die Soziologie hat hier einen nicht unerheblichen Beitrag zur Abgrenzung, Präzisierung und Strukturierung des Begriffes geleistet.<sup>67</sup>

### 2.2.8 Komplexität in den Wirtschaftswissenschaften

KIRSCH hat ein ähnliches Komplexitätsverständnis wie Luhmann, erweitert es allerdings um das Merkmal der *Freiheitsgrade* zwischen den Systemelementen.<sup>68</sup>

ARTHUR verwendet den Komplexitätsbegriff um auszudrücken, dass Volkswirtschaften unvorhersehbare, indeterministische, dynamische Systeme sind, da gewisse Pfadabhängigkeiten zwischen den Akteuren bestehen.<sup>69</sup>

BARNARD untersucht Komplexität im Hinblick auf Organisationen, die keine mechanische Anordnung von Mechanismen sind sondern in Rückkopplung miteinander und mit der Umwelt stehen. Hier wird wieder das Verständnis eines Systems als „offenes“ System mit Interaktionen mit der Umwelt deutlich.<sup>70</sup>

Auch wenn sich in den Sozialwissenschaften noch keine einheitlich anerkannte Definition für Komplexität etabliert hat, so zeigt die Betrachtung der wirtschaftswissenschaftlichen Disziplinen dennoch einen Bezug auf soziale Systeme. Somit ist im Kontext eine ökonomische Betrachtung des Begriffes durchaus zu berücksichtigen, auch wenn sich in beiden Bereichen bisher noch keine einheitlich anerkannte Definition verbreitet hat.<sup>71</sup>

---

<sup>63</sup> Vgl. Luhmann, N. (1994), S. 46

<sup>64</sup> Vgl. Wiener, N. (1966), S. 42

<sup>65</sup> Vgl. Lorenz, E. N. (1995)

<sup>66</sup> Vgl. Dittes, F.-M. (2012)

<sup>67</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 58

<sup>68</sup> Vgl. Kirsch, W. (1988), S. 204

<sup>69</sup> Vgl. Arthur, W. B. & Arrow, K. J. (2000): "Increasing returns and path dependence in the economy", Univ. of Michigan Press, Ann Arbor

<sup>70</sup> Vgl. Barnard, C. I. & Boetticher, K. W. (1970): "Die Führung großer Organisationen", Girardet, Essen

<sup>71</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 60

## 2.3 Komplexität in multidisziplinärer Betrachtung

### 2.3.1 Systemtheorie

Unter Systemtheorie werden alle monodisziplinären Wissenschaften zusammengefasst, die sich mit formalen Theorien aller biologischen, sozialen und mechanischen Systeme beschäftigen.<sup>72</sup>

Gemeinsam sind allen die Suche nach der Vergleichbarkeit dynamischer komplexer Systeme, die Strukturen und Verhaltensmuster sowie ihre Entwicklungsprinzipien. Der Ansatz der Systemtheorie ist also die Feststellung des Verhaltens eines Systems, das durch Eigenschaften, Muster und Regeln bestimmt wird, und nicht eine technisch-statische Betrachtung.<sup>73</sup> Durch Abstraktion wird versucht, die Basisstrukturen herauszulösen, diese in einen vergleichbaren Rahmen einzupassen und auf dieser Basis durch Interpretation mögliche Verhaltensweisen bei Störeinflüssen vorhersehen zu können. Bei dieser Betrachtung finden wir die bereits beschriebenen Begriffe wie: Ordnung, Ganzheitlichkeit, Gleichgewicht, Ungleichgewicht, Evolution, Offenheit, Dynamik und Komplexität abgebildet. Über die Systemtheorie ist es möglich, Aussagen über alle möglichen Systemvarianten zu erhalten, ob diese bekannt sind oder nicht.

Bis heute hat es die Wissenschaft jedoch noch nicht erreicht, allgemeingültige Ansätze zu formulieren, die allgemeine Anerkennung finden. Weit fortgeschritten ist der Systemansatz im Bereich der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften. So werden beispielsweise Wirtschaftsunternehmen als offene, dynamische Systeme mit mehrdimensionalen Beziehungssystemen verstanden. Zentraler Ansatz des sog. „Systemischen Managements“ ist hier die Gestaltung und Lenkung des Unternehmens auf organisatorisch handlungsorientierter Basis.<sup>74</sup>

Im Gegensatz zur eher anwendungsorientierten Kybernetik ist die Systemtheorie abstrakt orientiert. Losgelöst von realen Inhalten versucht sie, gleiche Strukturen in materiell unterschiedlichen Sachverhalten zu identifizieren und zu konzeptionalisieren.<sup>75</sup>

Historisch betrachtet unterscheidet man zwischen einer alten und neuen Systemtheorie. Ähnlich wie bei der Kybernetik 1. Ordnung geht die alte Systemtheorie von Blackbox-Modellen aus. Diese können mit mathematischen Optimierungsverfahren beherrscht werden. Für die Erforschung von Komplexität bietet diese Sichtweise keinen Nährwert, da sie von einem stark vereinfachten Modell (Input-Output) der Wirklichkeit arbeitet. Im Gegensatz dazu bezieht die neue Systemtheorie den Einfluss der Umwelt in ihre Betrachtungsweise mit ein. Damit kann beispielsweise erklärt werden, warum sich verschiedene Systeme unter gleichartigen Bedingungen unterschiedlich entwickeln.<sup>76</sup>

Erkenntnis: Die neue Systemtheorie ist in ihren Grundannahmen für eine Wissenschaft von Komplexität durchaus von Bedeutung, allerdings bleiben ihre Aussagen eher auf konzeptionellem Niveau ohne konkrete Anwendungs- und Implementierungsvorschläge.

---

<sup>72</sup> Vgl. Springer Gabler Verlag (Herausgeber), Gabler Wirtschaftslexikon: "Stichwort: Systemtheorie, online im Internet:", <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/54955/systemtheorie-v8.html> [zuletzt geprüft am: 03.09.2017]

<sup>73</sup> Vgl. Malik, F. (2000): "Führen, Leisten, Leben", 8. Auflage, DVA, Stuttgart, S. 169

<sup>74</sup> Vgl. Kirchhof, R. (2003), S. 30–31

<sup>75</sup> Vgl. Ashby, W. R. (1963): "An introduction to cybernetics", 5. Auflage, Chapman & Hall, London

<sup>76</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 67

### 2.3.2 Kybernetik

Die Kybernetik ist eine disziplinübergreifende Wissenschaft, da sie die Gesetzmäßigkeiten von Steuerungs- und Regelungsvorgängen in den verschiedensten dynamischen Systemen untersucht. Die Kybernetik versucht, eine Brücke zwischen lebenden Organismen und maschinellen Automaten zu schlagen und auf die Grenzen von Steuerung hinzuweisen. Sie folgt dem Theorem des Physikers von FOERSTER<sup>77</sup>, das die Starrheit der Verknüpfungen der Systemelemente als Ursache für die Identifikation mit dem System erklärt. Übertragen bedeutet dies, je mehr Kontrolle auf die Systemelemente einwirkt, desto weniger tragen diese zum Erfolg des ganzen Systems bei.<sup>78 79</sup>

Kybernetik, als Teil der Komplexitätstheorie, leitet sich vom griechischen Wort „kybernetes“ ab, was frei übersetzt als Steuermann bezeichnet werden kann. Allgemein wird hiermit die Lenkung und Regelung von dynamischen Systemen verstanden. Der Begriff selbst geht auf den Mathematiker WIENER zurück, der sich mit der Forschung von Lenkung und Kommunikation zwischen Mensch und Maschine beschäftigt hat.<sup>80</sup>

WIENER<sup>81</sup> gilt als einer der Begründer der Kybernetik. Ursprünglich Mathematiker, begann er mit Systemen zu arbeiten, die sich selbst steuern und regeln konnten. Um stabile Zustände der Systeme zu erreichen, bediente er sich Rückkopplungen. Steuerungsprozesse in technischen Prozessen arbeiten mit logischen ja/nein-Aussagen und sind somit vergleichbar mit menschlichen Steuerungsprozessen über aktive/nicht aktive Nervenzellen. Häufig wird der Begriff daher auch synonym zur Systemtheorie verwendet, allerdings unterscheiden sie sich hinsichtlich ihrer Herkunft.<sup>82</sup>

In der Praxis wird Kybernetik oftmals als reine Regelungstechnik gesehen. Bezieht man den Begriff auf ein breites Wissenschaftsfeld, so wird am Beispiel der Biokybernetik oder der Managementkybernetik klar, dass er weitaus mehr beinhaltet.<sup>83</sup>

Es geht hierbei um die Analyse von Struktur und Verhalten komplexer Systeme und die Untersuchung, wie deren Gesetzmäßigkeiten funktionieren und diese zur Steuerung dieser Systeme verwendet werden können. Im Bereich dieser Forschungen wurden die Begriffe wie Rückkopplung, Gleichgewichtszustand, Synergetik, Autopoiese, Selbstorganisation, Varietät oder Evolution u. a. erstmals analysiert und definiert. Die Methodik betrachtet das System aus dem Blickfeld eines Beobachters, der das System von der Umwelt abgrenzt und die Komplexität zu erfassen versucht. Somit wird die Lenkung des Systems nicht mehr alleine von der allgemeinen Charakteristik des Systems abhängig gemacht, sondern von der Betrachtung des Beobachters.

Man unterscheidet die Betrachtungen in Systeme erster und zweiter Ordnung. In Systemen erster Ordnung sitzt der Betrachter außerhalb des Systems. Dem System wird ein Ziel von außen vorgegeben und von außen steuernd in das System eingegriffen. Struktur und Grenzen des Systems werden vorgegeben, so dass es unabhängig von der Umwelt betrachtet werden kann. Das Ergebnis ist eine de-

---

<sup>77</sup> Heinz von Foerster gilt als Mitbegründer der kybernetischen Wissenschaft mit Schwerpunkt Konstruktivismus.

<sup>78</sup> Vgl. Foerster, H. v. (2003): "Der Diskurs des radikalen Konstruktivismus", 1. Aufl., [Nachdr.]. Auflage, Suhrkamp, Frankfurt am Main

<sup>79</sup> Vgl. Zohar, D. & Böhler, M. (2000): "Am Rande des Chaos", Midas-Management-Verlag, St. Gallen, Zürich, New York, S. 96–97

<sup>80</sup> Vgl. Piekenbrock, D. (2009), S. 509

<sup>81</sup> Vgl. Wiener, N. (1971): "Ich und die Kybernetik", Genehmigte Taschenbuchausg. Auflage, Goldmann, München

<sup>82</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 63

<sup>83</sup> Vgl. Probst, G. J. B. (1981): "Kybernetische Gesetzhypothesen als Basis für Gestaltungs- und Lenkungsregeln im Management", Haupt, Bern, S. 7

terministische Betrachtungsweise, die sich eher zur Steuerung maschineller Systeme eignet, weniger jedoch für soziale Systeme. In Systemen zweiter Ordnung sind dem System Ziele vorgegeben, wobei seine Subsysteme eigene Ziele verfolgen können und jedes Element gleichzeitig Betrachter und Steuerer sein kann. Diese Variante der Steuerung ist prozessorientiert und im Ergebnis dissipativ. Diese Systeme sind adaptiv und reproduzieren sich selbst.<sup>84</sup>

Aus diesen Ansätzen haben sich im Bereich der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften organisations-theoretische Erkenntnisse wie „Lernende Organisationen“ entwickelt und sich unter dem Begriff des „Systemischen Management“ oder auch „Systemorientierte Managementlehre“ etabliert. Als Vorreiter und aktive Forschungseinheit hat sich hier die St.-Galler-Schule etabliert.<sup>85</sup> MALIK vereint die bekannten Definitionen der Kybernetik unter der Maxime einer „Wissenschaft der Ordnung“. Gegenstand der kybernetischen Forschung sind alle möglichen Formen von Ordnung in natürlichen und künstlichen Systemen.<sup>86</sup>

Kybernetik fokussiert primär auf die spezifischen Interaktionen zwischen den Elementen und versucht, die Mechanismen der Informationsverarbeitung und Selbstregulation in einem System zu bestimmen. Sie ist damit eher anwendungs- und problemorientiert auf die Lenkung des Systems und die Steuerung der Information ausgerichtet.<sup>87</sup>

JENNY gibt in nachfolgender Darstellung eine Übersicht der kybernetischen Wissenschaftszweige:

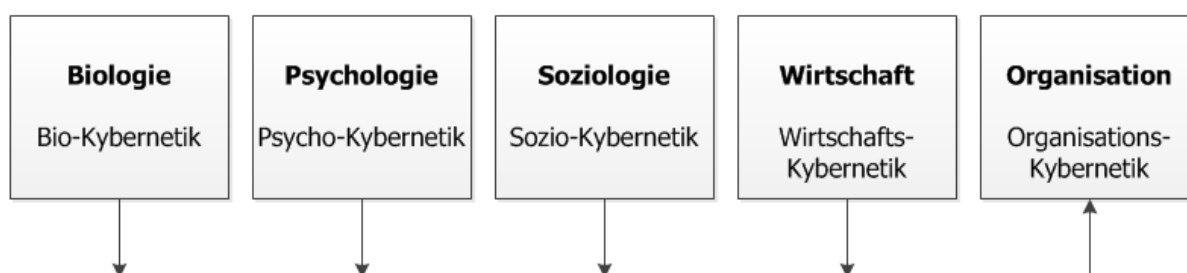


Abb. 06: Kybernetische Wissenschaftsbereiche nach Jenny (e.D.)<sup>88</sup>

### 2.3.3 Spieltheorie

Die Spieltheorie untersucht das Verhandlungs- und Entscheidungsverhalten in sozialen Konfliktsituationen und versucht, diese mithilfe mathematischer Modelle zu beschreiben. Grundannahme ist ein rein rationales Verhalten der Konflikteilnehmer. Das erwartete Spielergebnis kann dann unter der Annahme eines Gleichgewichts im Spielausgang bestimmt werden. Komplexität in diesem Zusammenhang wurde von AXELROD<sup>89</sup> vor allem auf die Anzahl der Elemente im Spiel und ihrer Beziehungen definiert.<sup>90</sup>

Erkenntnis: Die analytische Herangehensweise der Systemtheorie zur Abbildung eines Systems bietet sich für eine Wissenschaft über Komplexität an, zumal in der neueren Sichtweise auch von der strikten

<sup>84</sup> Vgl. Jenny, B. (2014): "Projektmanagement", 3. Auflage, vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, Zürich, S. 89

<sup>85</sup> Vgl. Kirchof, R. (2003), S. 31–33

<sup>86</sup> Vgl. Malik, F. (2008): "Strategie des Managements komplexer Systeme", 10. Auflage, Haupt, Bern

<sup>87</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 66

<sup>88</sup> Vgl. Jenny, B. (2014), S. 90

<sup>89</sup> Vgl. Axelrod, R. (1997): "The complexity of cooperation", Univ. Press, Princeton, NJ

<sup>90</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 68

Annahme des ausschließlich rationalen Verhaltens abgewichen wird. Allerdings wurde in der Spieltheorie selbst kein Versuch unternommen, Komplexität begrifflich zu definieren.

#### 2.3.4 Chaostheorie

Chaostheorie untersucht allgemein die Entstehung, die Entwicklung und den Zerfall komplexer Ordnungen.<sup>91</sup> Chaos steht im Allgemeinen für einen Zustand der „Unordnung, Arrhythmie und Zufälligkeit“. <sup>92 93</sup>

Modelliert werden kann es mathematisch, indem man die (deterministischen, nichtlinearen) Gleichungen zu Grunde legt, die die einzelnen Systeme beschreiben, und diese nacheinander anwendet. (Der Output der ersten Gleichung ist der Input der nächsten). Man unterscheidet zwischen deterministischem (niedriggradigem) und starkem (hochgradigem) Chaos. Während beim starken Chaos ausschließlich Zufallsprozesse vorliegen – und damit eine Vorhersage des Systemverhaltens unmöglich wird – liegt in ersterem immer noch eine gewisse Ordnung des Systemverhaltens vor und zumindest die Zeitabhängigkeit ist deterministisch.<sup>94</sup>

Große Bedeutung für die Weiterentwicklung der Komplexitätswissenschaft hat die Chaostheorie durch die Entdeckung der "Attraktoren" erlangt. Attraktoren stellen Fixpunkte oder Abfolgen von Zuständen eines Systems dar und können somit zur Beschreibung von Systemen beitragen. Sie können chaotisches Verhalten eines Systems aufzeigen. In chaotischen Systemen können geringe Unterschiede zu erheblichen Veränderungen zwischen Anfangs- und Endzustand des Systems führen. Nicht chaotische Systeme zeigen eher ein gleichbleibendes (lineares) Verhalten. Attraktoren verfügen über ebensolche Eigenschaften. Daher lassen sich diese Eigenschaften auf das System selbst übertragen.<sup>95</sup>

Erkenntnis: Die Chaostheorie ist für die Komplexitätswissenschaft insofern von Bedeutung, als sie gewisse Ordnungsstrukturen auch in chaotischen Prozessen erkennen will (z. B. seltsame Attraktoren). Allerdings liegt ein Wesensunterschied darin, dass die Chaostheorie Strukturen eher auf der Makroebene untersucht, wohingegen die Komplexitätswissenschaft einen Mehrebenenansatz verfolgt, bei dem es vor allem um das einzelne Element und dessen Interaktion mit anderen geht.<sup>96</sup>

#### 2.3.5 Systemtheoretische St. Galler Lehre

Seit den 1970er Jahren entwickelt sich die Betriebswirtschaftslehre von ihrer Ausprägung auf Rationalität und Linearität zur systemorientierten Managementlehre. Begründet wurde dieser Ansatz auf BEER<sup>97</sup>, dessen Forschungen von ULRICH<sup>98</sup>, als einer der Mitbegründer der St.-Galler-Schule, übernommen und weiterentwickelt wurden. In seiner Veröffentlichung Anfang der 1970er zum St. Galler systemorientierten Managementansatz begründet er die systemorientierte Managementlehre. ULRICH stellt in seinem Managementmodell die Unternehmensführung als Gestalten und Lenken eines sozialen Systems dar. Besonderes Gewicht liegt hier auf der integrierten Unternehmensführung, die durch Be-

---

<sup>91</sup> Vgl. Peak, D. & Frame, M. (1995), S. 19

<sup>92</sup> Vgl. Lorenz, E. N. (2008): "The Essence of Chaos", [Nachdr.]. Auflage, Univ. of Washington Press, Seattle

<sup>93</sup> Vgl. Schuster, H. G. (2001): "Complex adaptive systems", Scator-Verl., Saarbrücken

<sup>94</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 69

<sup>95</sup> Vgl. Lorenz, E. N. (2008), S. 48

<sup>96</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 70

<sup>97</sup> Vgl. Beer, S. (1973): "Kybernetische Führungslehre", Herder und Herder, Frankfurt Main, New York

<sup>98</sup> Vgl. Ulrich, H. (2001): "Systemorientiertes Management", Studienausg. Auflage, Haupt, Bern, Stuttgart, Wien



rücksichtigung von internen und externen Elementen zu einem soziotechnischen System integriert werden.<sup>99</sup> Zum weiteren Kreis der St. Galler Protagonisten zählen u. a. GOMEZ<sup>100</sup>, KRIEG<sup>101</sup>, MALIK<sup>102</sup>, PRINCIPE<sup>103</sup>, PROBST<sup>104</sup>, SCHWANINGER<sup>105</sup> und STÜTTGEN<sup>106</sup>.

In dieser Betrachtungsweise ist Komplexität eine Interaktion von Struktur und Verhalten von Systemen. Auf Basis dieser Definition werden Konzeptionen und Managementstrategien erarbeitet, die beide Aspekte mit berücksichtigen. Die strukturelle Komplexität stellt sich aus Anzahl, Verschiedenheit und Verknüpfung von Aktivitäten dar. Das Verhalten ergibt sich aus verschiedenen Zuständen des Systems und den Interaktionen der beteiligten Akteure. Nach ULRICH/PROBST bestimmen Anzahl, Verschiedenheit und Beziehungen die Kompliziertheit von Systemen. Je nach Grad dieser Merkmale spricht man von einfachen, komplizierten oder komplexen Systemen.<sup>107</sup>

Die Kernannahme der systemtheoretisch-kybernetischen St. Galler Managementlehre ist, dass Komplexität nicht beherrschbar ist, da die Informationsaufnahme- und -verarbeitung physikalisch durch das BREMERMAN'sche Limit begrenzt wird. MALIK benutzt zur Erklärung der Zusammenhänge die um 1960 von BREMERMAN<sup>108</sup> entwickelte Erkenntnis, dass Komplexität, definiert als ein Zustand, bei dem niemals ausreichend Informationen verarbeitet werden können, um die Prozesse detailliert planen und steuern zu können. Nach BREMERMAN gibt es eine obere Grenze der Informationsverarbeitung, die weder von einem menschlichen Gehirn noch einem Computer überschritten werden kann. Diese Grenze vergleicht er mit der Lichtgeschwindigkeit, die auch heute noch eine nicht überwindbare Größe darstellt.<sup>109</sup>

Als Folgerung lässt sich Komplexität nur durch spontane Ordnung beherrschen, d.h. Regeln dürfen nicht bewusst definiert werden, sondern müssen sich durch die Interaktion selbst ergeben.<sup>110</sup> Jegliche von vornherein festgelegte Regeln sind willkürlich, da kein Individuum/Organisation genug wissen kann, um kausale Zusammenhänge auszumachen. Durch Mutation und Selektion ergeben sich die geeignetsten Regeln automatisch. ASHBYs *law of requisite variety* bezeichnet den Umstand, dass die Überlebensfähigkeit eines Systems dann gefährdet ist, wenn seine Umwelt komplexer ist als die zur Verfügung stehenden Lösungsmöglichkeiten seiner Organisation.<sup>111</sup>

Ähnlich zur Biologie wird eine Typologie in einfache und komplizierte Systeme vorgenommen. Einfache Systeme haben nur wenige Elemente, die überschaubar verknüpft sind und nur von wenigen Größen beeinflusst werden. Komplexe Systeme hingegen werden durch eine große Anzahl von Elementen

<sup>99</sup> Vgl. Bea, F. X., et al. (2008): "Projektmanagement", Lucius & Lucius, Stuttgart, S. 431

<sup>100</sup> Vgl. Gomez, P. (1981): "Modelle und Methoden des systemorientierten Managements", Haupt, Bern

<sup>101</sup> Vgl. Krieg, W. (1971): "Kybernetische Grundlagen der Unternehmungsgestaltung", Haupt, Bern

<sup>102</sup> Vgl. Malik, F. (1993): "Systemisches Management, Evolution, Selbstorganisation", Haupt, Bern, Wien u.a

<sup>103</sup> Vgl. Principe, S. (1994): "Anwendungsorientierter Modelleinsatz im Management", St. Gallen

<sup>104</sup> Vgl. Probst, G. J. B. (1987): "Selbst-Organisation", Parey, Berlin, Hamburg

<sup>105</sup> Vgl. Schwaninger, M. (1994): "Managementsysteme", Campus-Verl., Frankfurt/Main

<sup>106</sup> Vgl. Stüttgen, M. (2003): "Strategien der Komplexitätsbewältigung in Unternehmen", 2. Auflage, Haupt, Bern, Stuttgart, Wien

<sup>107</sup> Vgl. Faber-Praetorius, B. & Zippel, S. (2012): "Integratives Projektmanagement im Lebenszyklus der Immobilie", Books on Demand, Norderstedt, S. 47

<sup>108</sup> Vgl. Bremermann, H. J. (1962): "OPTIMIZATION THROUGH EVOLUTION AND RECOMBINATION", <http://holtz.org/Library/Natural%20Science/Physics/Optimization%20Through%20Evolution%20and%20Recombination%20-%20Bremermann%201962.htm> [zuletzt geprüft am: 13.11.2016]

<sup>109</sup> Vgl. Malik, F. (2008), S. 179

<sup>110</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 60

<sup>111</sup> Vgl. Ashby, W. R. (1963)

charakterisiert, die untereinander stark verknüpft sind. Zudem bestehen starke Unsicherheiten bezüglich der zu kontrollierenden Einflussgrößen. Trotzdem sind komplexe Systeme nach Auffassung der St.-Galler-Schule über die Zeit stabil und weisen eine schwache Dynamik auf.<sup>112</sup>

SENGE<sup>113</sup> unterscheidet zwischen *detail complexity* und *dynamic complexity*. Seiner Meinung nach ist nur die *dynamic complexity* kontrollierbar. Allerdings definiert er die Begriffe nicht weiter. Nach seinen Erkenntnissen benötigt man zum erfolgreichen Umgang mit Komplexität vier parallel wirkende Fähigkeiten: Kenntnis eines Ereignisses, Muster des Verhaltens, Kenntnisse des Systems und mentale Fertigkeiten zur Kombination dieser Fähigkeiten.

*„A good systems thinker, particularly in an organizational setting, is someone who can see four levels operating simultaneously: events, patterns of behavior, systems, and mental models.“*<sup>114</sup>

Wichtig erscheint in der kybernetischen Managementlehre die Bedeutung des *Lernens* und der ständigen *Weiterbildung/Adaption* zur Beherrschung von Komplexität. Darüber hinaus wird vor einer simplifizierenden Komplexitätsreduktion gewarnt.

Für die Komplexitätstheorie hat die systemtheoretisch-kybernetische Managementlehre zu einem höheren Bewusstsein von der Existenz und dem Einfluss der Komplexität in Systemen geführt (z. B. durch Einführung von Emergenz) und einen wesentlichen anwendungsorientierten Beitrag zur Bildung einer Wissenschaft von Komplexität geleistet.<sup>115</sup>

### 2.3.6 Komplexitätstheorie im Allgemeinen

Grundlage der Komplexitätstheorie ist die Suche nach den Ursachen und Bedingungen, wie aus Chaos organisierte Komplexität entsteht und diese sich endo- und exogen entwickelt. Zur Gewinnung von Erkenntnissen bedient sie sich verschiedener Wissenschaftsdisziplinen, wie z. B. der Biologie, Mathematik, Informatik, Künstliche Intelligenz, Physik, Chemie, Philosophie, Psychologie, Soziologie, Volks- und Betriebswirtschaftslehre, Elektrotechnik, Medizin sowie Künstliches Leben u. a. Übliche Methoden sind mathematische Modelle bzw. Computersimulationen.

Im Ergebnis stehen allgemeingültige Grundsätze für die Behandlung komplexer adaptiver Systeme. In der Kernaussage wird konstatiert, dass diese Systeme sich inneren und äußeren Veränderungen anpassen können. Da hierbei immer gleiche Mechanismen und Muster verwendet werden, können diese zum Umgang mit Komplexität verwendet werden. Die erkannten Muster leiten sich aus Beobachtungen der Natur her, die diese über langjährige Evolutionsprozesse für ihre Überlebensfähigkeit entwickelt hat. Menschen können sich diese Muster zum Aufbau und Steuerung eigener Systeme zu eigen machen.

Diese Erkenntnisse sind in Ansätzen auf die Wirtschafts- und Sozialwissenschaften übertragen worden. Beispiele hierfür sind Netzwerke, virtuelle Organisationen oder lernende Unternehmen. Für die Wirtschaftswissenschaften hat sich dieser Ansatz bewährt, da sich die Realität des Marktes mit diesen

---

<sup>112</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 61

<sup>113</sup> Vgl. Senge, P. M. (1994): "The fifth discipline fieldbook", N. Brealey, London

<sup>114</sup> Senge, P. M. (1994), S. 97

<sup>115</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 62

Erkenntnissen besser erklären und behandeln lässt. Die Anwender müssen allerdings die Bereitschaft zum Umdenken besitzen und sich diesen Erkenntnissen öffnen.<sup>116</sup>

### 2.3.7 Komplexitätstheorie im Bauprojektmanagement

Für den Bereich des Bauprojektmanagements wurde erst in geringem Maße versucht, diese Erkenntnisse zu übertragen. Die Anwendungsorientierung im Bereich der Bauwirtschaft ist jedoch als noch sehr gering einzuschätzen und ist entweder den Beteiligten nicht bekannt oder wird sehr kontrovers diskutiert. Die neuesten Erkenntnisse hierfür liefern FABER-PRAETORIUS/ZIPPEL<sup>117</sup> und FRAHM<sup>118</sup> in ihren Arbeiten. Die beiden Modelle werden in Kurzform nachfolgend dargestellt.

FABER-PRAETORIUS/ZIPPEL bieten ein Modell für ein komplexitätsgerechtes Projektmanagement für die Bau- und Immobilienbranche. Als Basis dienen die Erkenntnisse des Komplexitätsmanagements, wie sie in der St.-Galler-Schule entwickelt wurde. Es wurden Handlungsempfehlungen erstellt, die im Wesentlichen eine übergeordnete, normative und strategische Betrachtung auf ein Bauprojekt bieten und sich somit Projektvorgaben effektiv und effizient umsetzen lassen.

Aufbauend auf den kybernetischen Gedanken entwickelt FRAHM das kybernetische Bauprojektmanagement KBPM®, mit seinen Grundprinzipien der Lebensfähigkeit eines Bauprojektes durch Dämpfen und Verstärken, Engpasskonzentration und Flexibilisierung sowie kooperativem Verhalten.

Diese Modelle finden inhaltlich ihre Würdigung in dieser Arbeit, da sie vom gleichen Grundgedanken geprägt sind, jedoch aus unterschiedlichen Blickwinkeln an die Problematik herangehen.

---

<sup>116</sup> Vgl. Kirchof, R. (2003), S. 33–34

<sup>117</sup> Vgl. Faber-Praetorius, B. & Zippel, S. (2012)

<sup>118</sup> Vgl. Frahm, M. (2013)

## 2.4 Komplexität in systemtheoretischer Betrachtung

### 2.4.1 Systeme und deren Bestandteile

#### Herkunft und allgemeine Definition

Unter System wird in den Naturwissenschaften die Gesamtheit von Objekten (Elemente), die sich in einem ganzheitlichen Zusammenhang befinden und durch die Wechselbeziehungen (Relationen) untereinander gegenüber ihrer Umgebung (Umwelt) abzugrenzen sind, verstanden.<sup>119</sup> Systeme sind gekennzeichnet "durch die Struktur der Verknüpfungen zwischen den Elementen und die Zeitabhängigkeit der Systemzustände ("Dynamik") infolge der Wechselwirkungen."<sup>120</sup>

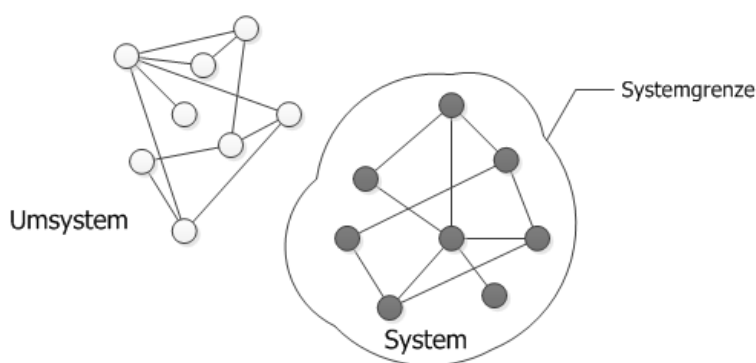


Abb. 07: Geschlossenes, abgegrenztes System nach Jenny (e.D.)<sup>121</sup>

Systeme lassen sich unterscheiden nach<sup>122</sup>

- **Entstehung**  
Man unterscheidet natürliche Systeme (Anorganisch: Planetensystem, Atomsystem, u. a.; Organisch: Biologische Organismen wie Menschen, Tiere, Pflanzen, u. a.) und künstliche Systeme (logisch: Alphabet, Zahlensysteme, u. a.; mechanisch: Automaten, Maschinen, u. a.; soziale Mensch-Mensch-Systeme: Familien, Staatsvolk, u. a.; sozio-mechanische Systeme = kombinierte Mensch-Maschine: Unternehmung, Staaten, u. a.)
- **Gesamt- und Teilsysteme**  
Jedes System ist Teil eines anderen Systems. Man unterscheidet hierbei nach den zugehörigen Relationen in Unter-, Über-, Sub-, In-, Um- oder Supersystem.
- **Offene und geschlossene Systeme**<sup>123</sup>  
Offene Systeme haben vielfältige Beziehungen zum Systemumfeld oder zu anderen Systemen.

<sup>119</sup> Vgl. Duden.de: "Stichwort: System, online im Internet:", <http://www.duden.de/rechtschreibung/System> [zuletzt geprüft am: 24.12.2016]

<sup>120</sup> Vgl. Scherf, O. (2003): "Komplexität aus systemischer Sicht", Dissertation Universität, Sankt Gallen, S. 9

<sup>121</sup> Vgl. Jenny, B. (2014), S. 78

<sup>122</sup> Vgl. Springer Gabler Verlag (Herausgeber), Gabler Wirtschaftslexikon: "Stichwort: System, online im Internet:", <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/3210/system-v12.html> [zuletzt geprüft am: 24.09.2017]

<sup>123</sup> Vgl. Aggteleky, B. & Bajna, N. (1992): "Projektplanung: ein Handbuch für Führungskräfte", Hanser, München, Wien, S. 7

In einem offenen System hat mind. ein Element (Randelement) eine Relation zu einem anderen System. Geschlossene Systeme sind ohne (oder mit nur wenig) Einfluss auf das Umfeld oder andere Systeme. Geschlossene Systeme besitzen keine Randelemente. Reale Systeme sind offene Systeme. In der Systemtheorie verwendet man geschlossene Formalsysteme zur Systemdefinition.

- **Stabile und kybernetische Systeme**  
Systeme sind dynamisch, wenn die Beschaffenheit ihrer Elemente oder der Beziehungen zeitabhängig ist und sich verändern kann. Als stabil bezeichnet man dynamische Systeme, die nach einer Störung eigenständig wieder ihre Stabilität erreichen. Stabile dynamische Systeme streben immer einen Sollzustand (Gleichgewicht) an. Die in der Kybernetik entwickelten Stabilitätsgesetze ermöglichen Systemen eine Gleichgewichtsbildung durch Rückkopplung. Statische Systeme sind keinen oder nur geringfügigen zeitlichen Veränderungen unterworfen.<sup>124</sup>

Mit Ausnahme der logischen Systeme sind alle anderen Systemarten dynamische Systeme. Systeme sind, wie lebende Organismen, von Veränderungen geprägt. Ein System ohne Veränderung zeigt ein starres Verhalten im zeitlichen Ablauf und kommt in der Realität nur selten vor. Dieses Verhalten beschreibt, dass es kaum Veränderungen im Zustand des Systems gibt. Ein bewegungsloses System wird als statisches System mit Null-Dynamik bezeichnet. Reale Systeme befinden sich in Bewegung und verändern sich mit ihrer Umwelt im Zeitverlauf. Diese Systeme werden als dynamische Systeme bezeichnet. Ihr Verhalten beschreibt die Zustandsveränderungen von Elementen, Eigenschaften und Beziehungen eines Systems.<sup>125</sup>

In der Technik wird System auch als eine Einheit aus technischen Anlagen, Bauelementen, die eine gemeinsame Funktion haben, verstanden. Der Begriff ist jedoch weitreichender, da er sich nicht auf diese Bereiche eingrenzen lässt. So findet man in der Natur eine Vielzahl natürlicher Systeme, die sich lediglich durch ihre Systemumgebung gegeneinander abgrenzen. Soziale Systeme bestimmen sich gegenüber physikalisch-technischen Systemen nicht rein durch räumlich greifbare Größen, sondern sind durch kognitive Sinnzusammenhänge bestimmt (Konstruktivismus).<sup>126</sup>

Ein einfaches System, das Komplexität ausbilden kann, sind Netze. Netze bilden sich durch Anlagerung von Elementen mit einer potenzartigen Verteilungsfunktion. Beispiele für reale Netze sind Verkehrsnetze oder das Internet u. a.<sup>127</sup>

Diese Netzstruktur lässt sich durch die Komponenten Knotenpunkte und Verbindungslinien beschreiben. Die Knoten bilden die Stellen, an denen die Verbindungen zusammentreffen. Die Verbindungslinien zeigen die Beziehungen, die zwischen den Knoten bestehen. Jeder Knoten und jede Verbindung können identisch sein, jedoch auch unterschiedliche Eigenschaften beinhalten. Am Beispiel eines Eisenbahnnetzes wären die Knoten die Bahnhöfe und die Verbindungslinien die Eisenbahnschienen. Bei neutraler systemischer Betrachtung entsprechen die Knoten den Elementen und die Verbindungslinien den Relationen eines Systems.<sup>128</sup>

---

<sup>124</sup> Vgl. Aggteleky, B. & Bajna, N. (1992), S. 7

<sup>125</sup> Vgl. Probst, G. J. B. (1981), S. 210ff

<sup>126</sup> Vgl. Springer Gabler Verlag (Herausgeber), Gabler Wirtschaftslexikon: "Stichwort: System, online im Internet:" [zuletzt geprüft am: 24.09.2017]

<sup>127</sup> Vgl. Dittes, F.-M. (2012), S. 115–116

<sup>128</sup> Vgl. Dittes, F.-M. (2012), S. 104–105

Nachfolgende Abbildung zeigt unter a) ein zentralistisches oder sternenförmiges Netz, b) ein komplexes Netz und c) ein Zufallsnetz.

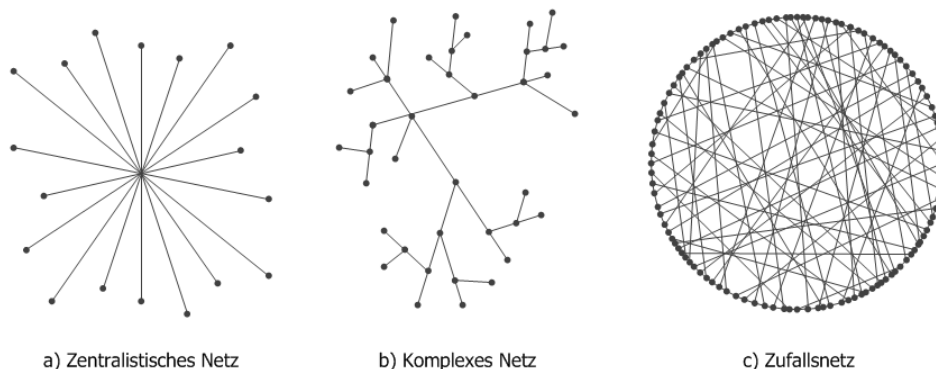


Abb. 08: Zentralistisches, komplexes und zufälliges Netz nach Dittes (e.D.)<sup>129</sup>

Betrachtet man die Welt aus Sicht der Systemtheorie, so besteht diese aus vielen Einzelteilen und Vorgängen, die als Elemente bezeichnet werden. Elemente sind die kleinste noch auflösbare Größe eines Systems in einem Betrachtungszusammenhang. Je nach Systembetrachtung können Elemente aus Materie, Energie oder Ideen bestehen, beispielsweise Teile, Komponenten, Menschen, Atome oder Organisationen. Von einem System spricht man dann, wenn eine Menge von Elementen vorhanden ist und diese untereinander in einem Zusammenhang stehen. Man bezeichnet diese Zusammenhänge als Beziehungen oder Relationen. Die Art der Relationen kann verschieden sein. Sie kann materiell, energetisch, sozial u. a. sein oder eine Folge von Abläufen darstellen.<sup>130 131</sup>

Nachfolgende Abbildung zeigt unter a) eine vollständig vernetzte Systemstruktur und unter b) ein teilweise vernetztes System.

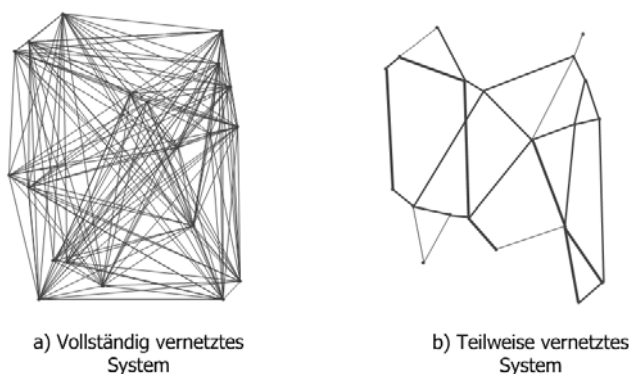


Abb. 09: Beispiel von Netzsystemen nach Dittes (e. D.)<sup>132</sup>

Ob es sich bei einem Betrachtungsgegenstand um ein System handelt, kann anhand wesentlicher Grundsätze definiert werden. In der wissenschaftlichen Auseinandersetzung mit diesem Thema finden

<sup>129</sup> Vgl. Dittes, F.-M. (2012), S. 106

<sup>130</sup> Vgl. Luhmann, N. (1994), S. 43

<sup>131</sup> Vgl. Kirchhof, R. (2003), S. 8

<sup>132</sup> Vgl. Dittes, F.-M. (2012), S. 115

sich hierzu nachfolgende Kennzeichen, deren Vorhandensein immer mit dem Systembegriff einhergehen:<sup>133 134 135</sup>

- Systemzweck
- Systemziel
- Systemelemente
- Systemstruktur als Aufbaustruktur durch vorhandene Relationen zwischen den Elementen
- Systemgrenze, an der ein Austausch mit der Systemumwelt stattfinden kann
- Input und Output als Prozesse, die durch Zustandsänderungen einer oder mehrerer Systemkomponenten des Systems mittels konstanter oder variabler Attribute auftreten
- Ablaufstruktur, mit spezifischen Regeln und Attributen innerhalb der Komponenten
- Komponenten, als unteilbare Systemstruktur oder als Subsysteme (Ganzes und Teile) sowie
- Ganzheitlichkeit

RAUFEISEN<sup>136</sup> definiert für diese Kennzeichen folgende Eigenschaften eines Systems:

- Systeme und Systemgrenzen sind offen
- Systeme sind zielgerichtet
- Systemelemente sind zählbar, verschieden oder gleich und aktiv oder passiv
- Systeme haben umwelt- und elementbezogene Beziehungen
- Systeme haben Strömungen und Strömungsgrößen (Input, Output, Information, Einflüsse, positive und negative Wirkungen, Rückwirkungen)
- Systeme haben Wirkungsketten und Wirkungsnetze
- Systeme haben eine Struktur
- Systeme lassen durch ihre Ordnungsmuster Fehlerhaftes oder Fehlendes erkennen
- Systeme sind dynamisch und haben eine zeitpunktbezogene Eigenschaft (Fließgleichgewicht, Stabilität, Instabilität, Einschwingung) und Systemlenkung.

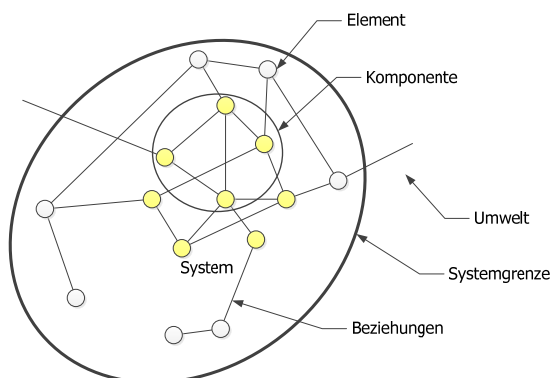


Abb. 10: System als Gesamtheit nach Ulrich (e.D.)<sup>137</sup>

<sup>133</sup> Vgl. Hagen, S. (2009): "Projektmanagement in der öffentlichen Verwaltung", Gabler, Wiesbaden, S. 22

<sup>134</sup> Vgl. VDI 3633:2013-12 (2013): "Simulation von Logistik-, Materialfluss- und Produktionssystemen - Begriffe", Beuth Verlag GmbH, Berlin

<sup>135</sup> Vgl. Aggteleky, B. & Bajna, N. (1992), S. 7

<sup>136</sup> Vgl. Raufeisen, M. (1999): "Konzept zur Komplexitätsmessung des Auftragsabwicklungsprozesses" (Eine empirische Untersuchung), TCW-Transfer-Centrum, München, Zugleich: München, Techn. Univ., Diss., 1998, zitiert in Schleicher, M. (2012), S. 7

<sup>137</sup> Vgl. Ulrich, H. & Probst, Gilbert J. B (1991), S. 28

## Systemelemente

Elemente werden die Bestandteile des Systems genannt, die innerhalb des Systems nicht weiter unterteilt werden können. Elemente sind die bildenden Bausteine eines Systems. Element ist das, was als unauflösbare Einheit fungiert, obwohl es an sich möglicherweise ein hochkomplex zusammengesetztes Bauteil sein kann. Die Unlösbarkeit des Systems entsteht aus der Relation seiner Elemente zueinander. Es kann sich ändern und reorganisieren, ohne sich aufzulösen. Systemelemente können Atome, Zellen oder auch Handlungen (die sich aus Aufgaben ableiten können) sein.<sup>138</sup>

Die Menge der Relationen zwischen den Elementen bildet die Struktur. Grundsätzlich liegt jedem System eine Struktur zugrunde. Im Sinne der Systemtheorie bildet diese Struktur die innere Ordnung, also die Organisation des Systems. Es besteht ein ganzheitlicher Zusammenhang zwischen den Elementen des Systems und deren Relationen untereinander. Sie heben sich quantitativ und qualitativ (Anzahl und Wirkung) von den Relationen der Elemente anderer Entitäten ab.<sup>139 140</sup> Durch diese Unterscheidung der Relationen etabliert sich eine Systemgrenze, mit der sich das System gegenüber seiner Umwelt abgrenzt.<sup>141 142</sup>

Allgemein werden Systeme<sup>143</sup> als eine Menge geordneter Elemente bezeichnet. Jedes Element hat spezielle Eigenschaften, die untereinander durch Relationen verknüpft sind. Die Relationen zwischen den Elementen bilden die Struktur der Systeme. Ein Element ist die kleinste Einheit eines Systems und nicht weiter teilbar. Im Sinne der Systemtheorie wird die innere Ordnung durch die Struktur vorgegeben und bildet somit die Organisation der Elemente (Hierarchie). Somit sind die Begriffe Struktur und Organisation gleichbedeutend.<sup>144</sup>

## Systemstruktur

Als Struktur bezeichnet man die Anordnung der Teile eines Ganzen zueinander. Eine Struktur besitzt eine innere Gliederung und einen erkennbaren Aufbau. Das Gefüge besteht aus Teilen, die wechselseitig voneinander abhängen und in sich ein strukturiertes Ganzes darstellen.<sup>145</sup>

Durch das Entstehen oder Vorhandensein von Beziehungen entsteht in einer Menge von Elementen eine bestimmte Struktur, d.h. eine Ordnung. Diese Ordnung konkretisiert den Sinn eines Systems, es definiert den Bezugsrahmen und verhindert, dass die Elemente keine beliebigen, sondern nur bestimmte Strukturen ausbilden.<sup>146</sup>

---

<sup>138</sup> Vgl. Luhmann, N. (1994)

<sup>139</sup> Unter Entität versteht man im übertragenen Sinne eine gegebene Größe bzw. Einheit, in Bezug auf deren räumliches Vorhandensein bzw. mengenmäßigem Umfang oder der Gesamtheit seiner Existenz.

<sup>140</sup> Vgl. Duden.de: "Stichwort: Entität, online im Internet:", <http://www.duden.de/suchen/dudenonline/entitaet> [zuletzt geprüft am: 07.01.2017]

<sup>141</sup> Vgl. Duden.de: "Stichwort: System, online im Internet:" [zuletzt geprüft am: 24.12.2016]

<sup>142</sup> Vgl. Will, L. (1983): "Die Rolle des Bauherrn im Planungs- und Bauprozess", 2. Auflage, Lang, Frankfurt a.M, Berlin, S. 39

<sup>143</sup> „System“ ist abgeleitet aus dem griechischen Wort „systema“. Es steht für das Gebilde, das Zusammengesetzte oder das Verbundene.

<sup>144</sup> Vgl. Springer Gabler Verlag (Herausgeber), Gabler Wirtschaftslexikon: "Stichwort: System, online im Internet:" [zuletzt geprüft am: 24.09.2017]

<sup>145</sup> Vgl. Duden.de: "Stichwort: System, online im Internet:" [zuletzt geprüft am: 24.12.2016]

<sup>146</sup> Vgl. Ulrich, H. & Probst, Gilbert J. B (1991), S. 66–67



Strukturen führen also zu einer Auswahl von Elementen und Beziehungen, die durch eine Bestimmbarkeit von Vorgängen und Abläufen, das System erkennbarer wird.<sup>147</sup>

Neben dem strukturellen Aufbau des Systems wirken die Beziehungen mit unterschiedlichem Verhalten und Wirksamkeit. Nach AGGTELEKY<sup>148</sup> können die Beziehungen eines Systems folgende Merkmale aufweisen:

Richtung:	Gerichtete oder beidseits wirkende Einflussfaktoren.
Dynamik:	Konstante, zeitlich verändernde oder zeitlich beschränkt wirkende Faktoren.
Stärke:	Proportional progressiv oder regressiv wirkende Einflussfaktoren.
Form:	Faktoren mit individuell geartetem Wirkungsverlauf (z. B. S-Kurve).
Auswirkung:	Die Wirksamkeit der Faktoren (Input-Output-Verhältnis) kann eine niedrige oder hohe Sensitivität aufweisen.
Verhalten:	Die Faktoren können voneinander unabhängig sein, sich gegenseitig verstärken oder gegenläufige Auswirkungen haben.
Quantifizierung:	Die Faktoren können quantifizierbar oder nicht quantifizierbar sein. Die Bewertung kann monetär oder in technischen Größen erfolgen.
Beeinflussung:	Nicht beeinflussbare Veränderung durch Gegebenheiten, Rahmenbedingungen oder Auflagen.
Priorisierung:	Festlegung der Prioritäten der Zielfaktoren in Muss-, Soll- oder Wunschbedingungen.

### Systemgrenze

Die Elemente eines betrachteten Systems sind durch seine Art, Merkmale und Beziehungen von Elementen außerhalb dieses Systems abgrenzbar. Somit sind alle anderen Elemente nicht Bestandteil des Systems und stellen die Systemumwelt dar. Dieser Umweltbegriff ermöglicht es, das System abzugrenzen und zu beschreiben.<sup>149</sup>

Zwischen den Elementen und deren Beziehungen besteht ein ganzheitlicher Zusammenhang zwischen quantitativer (Anzahl von Interaktionen) und qualitativer (Stärke von Interaktionen) Art, welcher Unterscheidungen in der Erkennbarkeit von Systemen zulässt. Durch diese Differenzierbarkeit entstehen Systemgrenzen, die das jeweilige System von seiner Umwelt abgrenzen.<sup>150</sup> Durch den hierarchischen Aufbau werden diese Grenzen sichtbar. Das System selbst zeigt sich entweder als Teilsystem eines übergeordneten Systems oder besitzt eigene Teilsysteme (Subsysteme).<sup>151</sup>

Zwischen System und Umwelt bestehen Wechselwirkungen. Man spricht hier von einer Input-Output-Beziehung. Eine Einwirkung von außen auf das System (Input), führt zu einer Reaktion von innen aus

<sup>147</sup> Vgl. Kirchhof, R. (2003), S. 8

<sup>148</sup> Vgl. Aggteleky, B. & Bajna, N. (1992), S. 8

<sup>149</sup> Vgl. Luhmann, N. (1999): "Zweckbegriff und Systemrationalität", 6. Auflage, Suhrkamp, Frankfurt am Main

<sup>150</sup> Vgl. Springer Gabler Verlag (Herausgeber), Gabler Wirtschaftslexikon: "Stichwort: System, online im Internet:" [zuletzt geprüft am: 24.09.2017]

<sup>151</sup> Vgl. Schleicher, M. (2012), S. 6

dem System (Output). Betrachtet man die Elemente eines Systems strukturell, dann können auch diese bereits ein System darstellen.<sup>152</sup>

Systemgrenzen im Bereich von Sozialsystemen (z. B. Projektorganisationen) sind selten physikalisch-räumlich, sondern werden z. B. durch Sinnzusammenhänge, persönliche Anhängigkeiten oder Symbole bestimmt (kognitiv oder konstruktiv). Nach der Systemtheorie organisieren und regeln sich komplexe Systeme selbst (Selbstorganisation und Selbstreferenziell). Jeder Eingriff in das System kann daher Wirkungen hervorrufen, die nicht bestimmt vorausschaubar sind.<sup>153</sup>

Systeme erfüllen bestimmte Funktionen und dienen somit einem Systemzweck. Ein Beobachter (Umwelt) kann durch den Systemzweck das System und somit seine Identität erfassen. Entnimmt man wesentliche Teile des Systems (Elemente oder Relationen), verliert es diese Identität, da es seinen ursprünglichen Zweck nicht mehr erfüllen kann.<sup>154</sup>

Dieses sogenannte Subsystem ist Teil des übergeordneten Systems, wobei dieses für das Subsystem die Systemumwelt darstellt. Dieses Subsystem kann, vergleichbar mit einem Element, Beziehungen zu weiteren Elementen oder anderen Subsystemen des globalen Systems besitzen. Zwischen den Subsystemen können horizontale (auf gleicher Systemebene) und vertikale (hierarchische Strukturen) Beziehungen existieren. Hierdurch sind ein- oder wechselseitige Abhängigkeiten zwischen den Subsystemen möglich. Aus diesen Zusammenhängen ergibt sich die Gesamtstruktur des globalen Systems.<sup>155</sup>

Subsysteme können als Komponenten eines Gesamtsystems eine hohe Bedeutung erlangen. Je nach Art und Maß ihrer Verknüpfungen wird in drei Arten unterschieden:<sup>156</sup>

- Geringe und gut überschaubare Verknüpfung der Teilsysteme (qualitativ und quantitativ)
- Starke und vielseitige Verknüpfungen der Teilsysteme (parallel und variierend)
- Selektive Systemstrukturen mit eng verknüpften Teilbereichen in relativ lockerer Beziehung (z. B. mehrere in sich geschlossene Subsysteme).

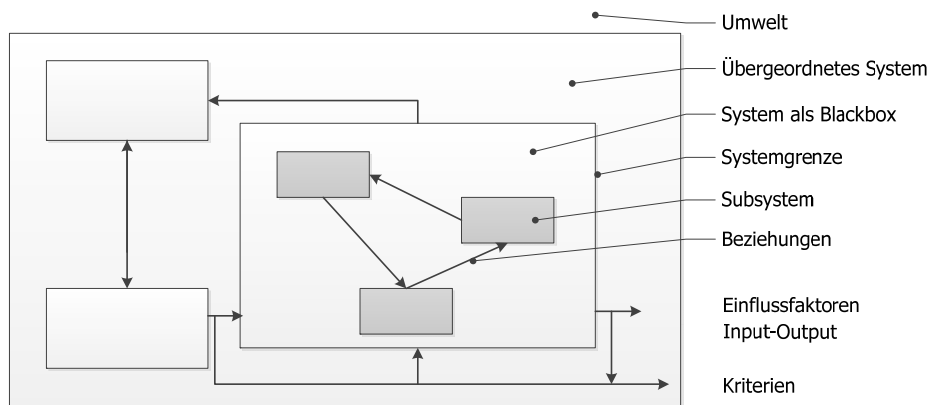


Abb. 11: Systemumgebung nach Aggteleky (e.D.)<sup>157</sup>

<sup>152</sup> Vgl. Kirchhof, R. (2003), S. 9

<sup>153</sup> Vgl. Springer Gabler Verlag (Herausgeber), Gabler Wirtschaftslexikon: "Stichwort: System, online im Internet:", <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/3210/system-v12.html> [zuletzt geprüft am: 24.09.2017]

<sup>154</sup> Vgl. Schleicher, M. (2012), S. 5

<sup>155</sup> Vgl. Kirchhof, R. (2003), S. 10

<sup>156</sup> Vgl. Aggteleky, B. & Bajna, N. (1992), S. 10

<sup>157</sup> Vgl. Aggteleky, B. & Bajna, N. (1992), S. 6

## Input-Output-Prozesse

Betrachtet man die Zusammenwirkung zwischen Systemen und ihrer Umwelt unter kybernetischen Gesichtspunkten, bestehen hier ebenfalls Relationen.<sup>158 159</sup> Das System selbst wirkt und beeinflusst seine Umwelt durch das, was es tut. Man bezeichnet dies als Output oder Ausgangsgröße. Die Umwelt ihrerseits reagiert durch Einwirkungen auf das System mit einem Input oder auch Eingangsgröße.

Einwirkungen aus der Umwelt auf das System verursachen, bedingt durch ihre Struktur, Verknüpfung und Zeitabhängigkeit, Wechselwirkungen innerhalb und außerhalb der Systemgrenzen. Durch die selbstregelnden Eigenschaften tritt ein dynamisches Systemverhalten auf, das diese Eingriffe auszugleichen versucht. Es treten innerhalb des Systems Veränderungen auf, die zu Transformationen des Systems führen. Die resultierenden Veränderungen sind jedoch nicht nur ungenau, sondern gehen bis gar nicht vorhersehbar.

Somit kann man ein System auch als „Blackbox“<sup>160</sup> bezeichnen, also ein nicht durchschaubarer Kasten (System), bei dem auf einen Input ein Output erfolgt, ohne dass hier ein bekannter Algorithmus<sup>161</sup> erkennbar wäre.

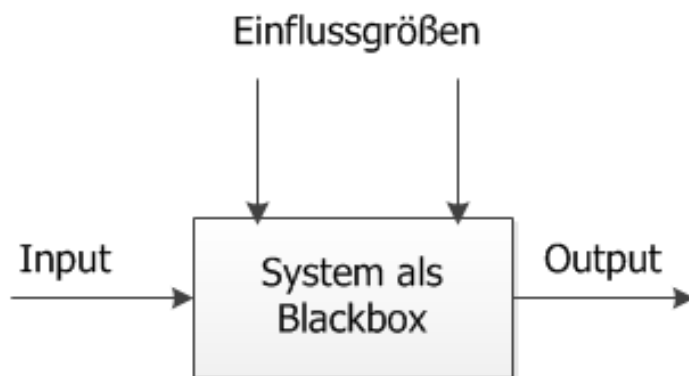


Abb. 12: Ein System als Blackbox nach Schleicher (e.D.)<sup>162</sup>

Ein System wird somit ein dynamisches Ganzes mit bestimmten Eigenschaften und Verhaltensweisen. Die Einzelteile sind derart miteinander verknüpft, dass kein Teil voneinander unabhängig ist. Jedes Verhalten der Einzelteile beeinflusst das Verhalten des Ganzen durch das Zusammenwirken aller Teile.<sup>163</sup>

Bei Betrachtung des ganzheitlichen Systems treten die Beziehungen zwischen den Teilen in den Vordergrund und bilden die Grundlage zur Analyse komplexer Systeme.<sup>164</sup>

<sup>158</sup> Vgl. Malik, F. (1998/2002): "Komplexität - was ist das?" [zuletzt geprüft am: 19.05.2015]

<sup>159</sup> ebd.: "Kybernetik" stammt vom griechischen gubernetes, was so viel wie Steuermann heisst. Es findet sich heute noch in Begriffen, wie Governor, Gouverneur und Governance. Somit kann unter Kybernetik die Steuermannskunst oder einfach die Kunst der Steuerung – und etwas ausgeweitet, die Kunst der Steuerung, Regelung und Lenkung verstanden werden.

<sup>160</sup> Engl. für schwarzer Kasten; vgl. VDI-Richtlinie 3633: "Systemtheoretisches Modell, in dem eine Übergangsfunktion aufgrund der Einwirkungen auf das System (Input) die Rückwirkungen des Systems auf die Umwelt (Output) bestimmt."

<sup>161</sup> Als Algorithmus bezeichnet man eine eindeutige Regel zur Lösung eines Problems. Alle notwendigen Einzelschritte sind bekannt und eine definierte Eingabe wird in eine definierte Ausgabe überführt

<sup>162</sup> Vgl. Schleicher, M. (2012), S. 6

<sup>163</sup> Vgl. Ulrich, H. & Probst, Gilbert J. B (1991), S. 30

<sup>164</sup> Vgl. Vester, F. (2011), S. 24–25

## Kybernetische Systeme

Komplexe Systeme sind nach der Systemtheorie selbstorganisierend und selbstreferierend. Da sie nicht vorherbestimmbar sind, gehen von ihnen oftmals unerwartete bzw. unerwünschte Reaktionen auf vorgenommene Eingriffe aus.<sup>165 166</sup>

Zweckorientierte Systeme sind oftmals Selbsterhaltungssysteme (auch „kybernetische Systeme“). Sie streben einen Gleichgewichtszustand an, der ihrem Selbstzweck dienlich ist. Sie haben nur eine geringe Anpassungsfähigkeit und nehmen ihre Umwelt als gegeben hin. Ihre Toleranz und Freiheitsgrad sind gering, weshalb sie immer nur einen begrenzten Ausschnitt der Umwelt betrachten können.<sup>167</sup>

Zielorientierte Systeme (auch „optimierende Systeme“) versuchen ebenfalls, bestimmte Systemzustände zu erreichen, wobei neben dem benötigten Gleichgewicht auch noch eine Zielorientierung nach dem besten Ergebnis erfolgt. Diese Systeme haben eine hohe Anpassungsfähigkeit, eine hohe Toleranz und Flexibilität und sind in der Lage, den für sie wichtigen Ausschnitt der Umwelt zu betrachten.<sup>168</sup>

Systeme lassen sich weiterhin durch ihre Eigenschaften und Merkmale der Elemente oder der Beziehungen erklären. Das Verhalten und der Zustand eines Systems werden durch seine Eigenschaften und Merkmale bestimmt. Die Betrachtung eines Systemzustandes erfolgt auf einen Zeitpunkt fixiert und kann Aussagen über Zahl, Art und Beziehungen der Elemente darstellen. Einflüsse auf das System stellen eine Veränderung des Systemzustandes dar und führen zur Veränderung des Systemverhaltens.

Dynamisches Verhalten von Systemen kann in folgende vier Dynamikgrade differenziert werden<sup>169</sup>:

- Persistenz (statisches Gleichgewicht)  
Das System bewegt sich, jedoch nur zur Beibehaltung des statischen Gleichgewichts. Es finden keine Veränderungen an den Eigenschaften des Systems statt.
- Kontinuität (dynamisches Gleichgewicht)  
Das System bewegt sich mit den internen oder externen Veränderungen stetig und gleichförmig. Der Systemzweck wird nicht verändert. Die Veränderungen dienen der Selbsterhaltung des Systems (homöostatisches Gleichgewicht).
- Diskontinuität (Ungleichgewicht)  
Das System verändert sich durch ungleichförmige oder nicht-lineare Einwirkungen. Es kommt zu Veränderungen der Systemabläufe und neuen Eigenschaften und Relationen. Neue Variable können zu Strukturwechseln, bis zur Neubestimmung des Systemzwecks, führen (Zäsur oder Quantensprung).
- Chaos (Turbulenz)

<sup>165</sup> Vgl. Duden.de: "Stichwort: System, online im Internet:" [zuletzt geprüft am: 24.12.2016]

<sup>166</sup> Vgl. Springer Gabler Verlag (Herausgeber), Gabler Wirtschaftslexikon: "Stichwort: System, online im Internet:", <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/3210/system-v12.html> [zuletzt geprüft am: 24.09.2017]

<sup>167</sup> Vgl. Bliss, C. (2000): "Management von Komplexität", Gabler, Wiesbaden, S. 85

<sup>168</sup> Vgl. Kirchof, R. (2003), S. 11

<sup>169</sup> Vgl. Kirchof, R. (2003), S. 9–11

Das System verändert sich stark unregelmäßig. Es kommt zum Verlust der Ordnung im System, wodurch vielfältige Verhaltensmuster entstehen. Zu starke Unorganisiertheit und Autonomie der Elemente können zum Zerfall des Systems führen.

Die Beschreibung der Dynamikgrade zeigt, dass Systeme und deren Elemente und Beziehungen relativ zueinander stehen. Dynamische Systeme reagieren dynamisch auf sich selbst und ihre Umwelt. Offene Systeme verfolgen ein Ziel oder sind zweckbestimmt.

## 2.4.2 Komplexität in Systemen

### Herkunft und allgemeine Definition

Komplexität<sup>170</sup> ist ein Begriff, der aus dem heutigen Sprachgebrauch in Beruf, Politik, Literatur und Medien nicht mehr wegzudenken ist. Er wird jedoch vieldeutig verwendet (z. B. Intransparenz, Wirrheit, Kompliziertheit) und steht als Platzhalter für alles, was der Betrachter nicht versteht oder für diesen nicht durchschaubar ist.<sup>171</sup>

Ursprünglich geht der Begriff auf das lateinische "complexum" bzw. "complecti" zurück, welches für umschlingen, umfassen, zusammenfassen steht.<sup>172</sup> Synonym wird der Begriff auch verwendet für beziehungsreich, vielfältig, multidimensional, reich, vielfältig, vielschichtig, vielseitig, weitschichtig, mannigfaltig, heterogen und multipel, aber auch als ineinandergreifend, unauflösbar, unauflöslich, verbunden, verflochten, verwickelt, zusammengesetzt bzw. zusammenhängend.<sup>173</sup>

Laut Duden bedeutet „komplex“<sup>174</sup> vielschichtig, allseitig, ineinandergreifen, unauflösbar u. a., wogegen „kompliziert“ als schwierig, verwickelt und schwer zu durchschauen definiert wird.<sup>175</sup> Als „einfach“ gilt, was leicht verständlich, durchführbar, ohne Mühe lösbar, nicht schwierig oder eindeutig ist.<sup>176</sup>

Systeme besitzen die Eigenschaft, viele verschiedene Zustände oder Verhaltensmuster annehmen zu können.<sup>177</sup> Ursächlich hierfür sind die Vielfalt der Elemente und Beziehungen (Struktur) sowie die auftretenden Veränderungen durch Verhaltensmöglichkeiten der Systemelemente und der Wirkungsverläufe (Dynamik).<sup>178</sup>

Komplexität wird durch die Anzahl und Art der Elemente und deren Beziehungen zueinander bestimmt. Prozesse mit hoher Eigendynamik und geringer Irreversibilität sind oft komplex. Ein besonderes Merkmal von Komplexität ist die Intransparenz für den Betrachter. Komplex ist ein System, wenn die dynamische Kausalität intuitiv nicht zu erfassen ist und somit keine Möglichkeit besteht, genaue

<sup>170</sup> Vgl. Springer Gabler Verlag (Herausgeber), Gabler Wirtschaftslexikon: "Stichwort: Komplexität, online im Internet:", <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/komplexitaet.html> [zuletzt geprüft am: 24.09.2017]

<sup>171</sup> Vgl. Malik, F. (2000), S. 185

<sup>172</sup> Vgl. Duden.de: "Stichwort: einfach, online im Internet:", [http://www.duden.de/rechtschreibung/einfach\\_einmal\\_simpel](http://www.duden.de/rechtschreibung/einfach_einmal_simpel) [zuletzt geprüft am: 02.12.2016]

<sup>173</sup> Vgl. Duden.de: "Stichwort: einfach, online im Internet:", [http://www.duden.de/rechtschreibung/einfach\\_einmal\\_simpel](http://www.duden.de/rechtschreibung/einfach_einmal_simpel) [zuletzt geprüft am: 02.12.2016]

<sup>174</sup> Vgl. Duden.de: "Stichwort: komplex, online im Internet:", <http://www.duden.de/rechtschreibung/komplex> [zuletzt geprüft am: 16.01.2016]

<sup>175</sup> Vgl. Duden.de: "Stichwort: kompliziert, online im Internet:", <http://www.duden.de/rechtschreibung/kompliziert> [zuletzt geprüft am: 02.12.2016]

<sup>176</sup> Vgl. Duden.de: "Stichwort: einfach, online im Internet:", [http://www.duden.de/rechtschreibung/einfach\\_einmal\\_simpel](http://www.duden.de/rechtschreibung/einfach_einmal_simpel) [zuletzt geprüft am: 02.12.2016]

<sup>177</sup> Vgl. Schwaninger, M. & Körner, M. (2003): "Systemisches Projektmanagement" in: zfo2, 75–85, S. 75

<sup>178</sup> Vgl. Schwaninger, M. & Körner, M. (2003): "Systemisches Projektmanagement" in: zfo2, 75–85, S. 76

Modelle oder Prognosen zu erstellen, gegeben ist.<sup>179</sup> Ein solches System führt zwangsläufig zu Unvorhergesehenem und Folgeerscheinungen. Um mit komplexen Systemen umgehen zu können, ist ein hohes Maß an Wissen über die kausalen Zusammenhänge der systemischen Funktionen (Art der Vernetzung) und ein hohes Maß an Erfahrung, um Komplexität auf eine geringe Anzahl an Merkmalen und Mustern zu reduzieren (Komplexitätsreduktion) notwendig.

In der Wissenschaft wird dieser Begriff sehr vielseitig und breit verwendet. LUHMANN bezeichnet den Begriff in sich schon als komplex und stellt fest, dass dieser aufgrund dieser Eigenkomplexität oftmals undefiniert benutzt wird.<sup>180</sup> MALIK beschreibt die Komplexität von Systemen als die Gesamtheit aller Merkmale oder Möglichkeiten, die verflochten ineinandergreifen und beziehungsreich verknüpft sind. Er verbindet mit Komplexität das Unvermögen, die Zusammenhänge verstehen, erfassen und beeinflussen zu können.<sup>181 182</sup> Komplex ist ein Sachverhalt, wenn seine Details nicht einfach abstrahiert werden können oder eine Vereinfachung durch Reduktion nicht möglich ist. Komplex ist somit das Gegenteil von Einfachheit. Neben diesen Merkmalen können nicht bestimmbares Verhalten oder sich widersprechende Zielsetzungen ebenfalls als komplex definiert werden.<sup>183</sup>

In Kurzfassung versteht man unter Komplexität die Vielfalt der Beziehungen der Elemente eines Systems. Unter weitergehender Betrachtung stehen die Gesamtheit aller Elemente mit ihren jeweiligen Merkmalen in einem vielfältigen aber ganzheitlichen Beziehungsgefüge, dem System. Die sich aus den Verhaltensmöglichkeiten der Elemente und der Veränderlichkeit der Wirkungsverläufe ergebende Vielfalt definiert man als Komplexität des Systems.<sup>184</sup>

Die Begriffe Komplexität und Systeme sind nicht voneinander trennbar. Komplexität ist ein grundlegendes Merkmal von Systemen.<sup>185</sup>

### Strukturelle Komplexität

Als Struktur bezeichnet man die Anordnung der Teile eines Ganzen zueinander. Eine Struktur besitzt eine innere Gliederung und einen erkennbaren Aufbau. Das Gefüge besteht aus Teilen, die wechselseitig voneinander abhängen und in sich ein strukturiertes Ganzes darstellen. Strukturell bezeichnet ein Gefüge, das eine bestimmte Struktur aufweist.<sup>186</sup> Bezogen auf die Komplexität eines Systems ist hiermit der Aufbau des Systems aus Elementen und Relationen gemeint. Beim Herantasten an das Verstehen des Begriffs lässt sich aus der Systemtheorie ableiten, dass reale Systeme eine Vielzahl von Zuständen aufzeigen können.<sup>187</sup>

Die Systemzustände ergeben sich aus der Anzahl verschiedener Elemente, ihrer Beziehungen und aus der systemeigenen Struktur oder Ordnung heraus. Diese ganzheitlichen Strukturen, die aus vielen Teilen zusammengesetzt und durch Beziehungen miteinander verbunden sind, entwickeln die struktu-

---

<sup>179</sup> Vgl. Ohlberger, M. (2016): "Die Projektorganisation", Masterthesis SRH Hochschule, Heidelberg, S. 20

<sup>180</sup> Vgl. Luhmann, N. (1994), S. 45

<sup>181</sup> Vgl. Malik, F. (2008), S. 167

<sup>182</sup> Vgl. Ohlberger, M. (2016), Masterthesis, S. 18

<sup>183</sup> Vgl. Schleicher, M. (2012), S. 10

<sup>184</sup> Vgl. Springer Gabler Verlag (Herausgeber), Gabler Wirtschaftslexikon: "Stichwort: Komplexität, online im Internet:", <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/komplexitaet.html> [zuletzt geprüft am: 24.09.2017]

<sup>185</sup> Vgl. Hagen, S. (2009), S. 22

<sup>186</sup> Vgl. Duden.de: "Stichwort: funktional, online im Internet:", <http://www.duden.de/rechtschreibung/funktional> [zuletzt geprüft am: 07.01.2017]

<sup>187</sup> Vgl. Malik, F. (2000), S. 186

relle Komplexität eines Systems. Sie beschreibt die objektive Komplexität im engeren Sinne als die Strukturdimension eines Systems. Aus den möglichen Veränderungen der Strukturen ergibt sich die mögliche Variationsfähigkeit, die durch die Reaktionsfähigkeit auf potenzielle Veränderungen der Umwelt ausgedrückt wird.<sup>188</sup>

Nachfolgende Abb. zeigt die möglichen Formen struktureller Komplexität:

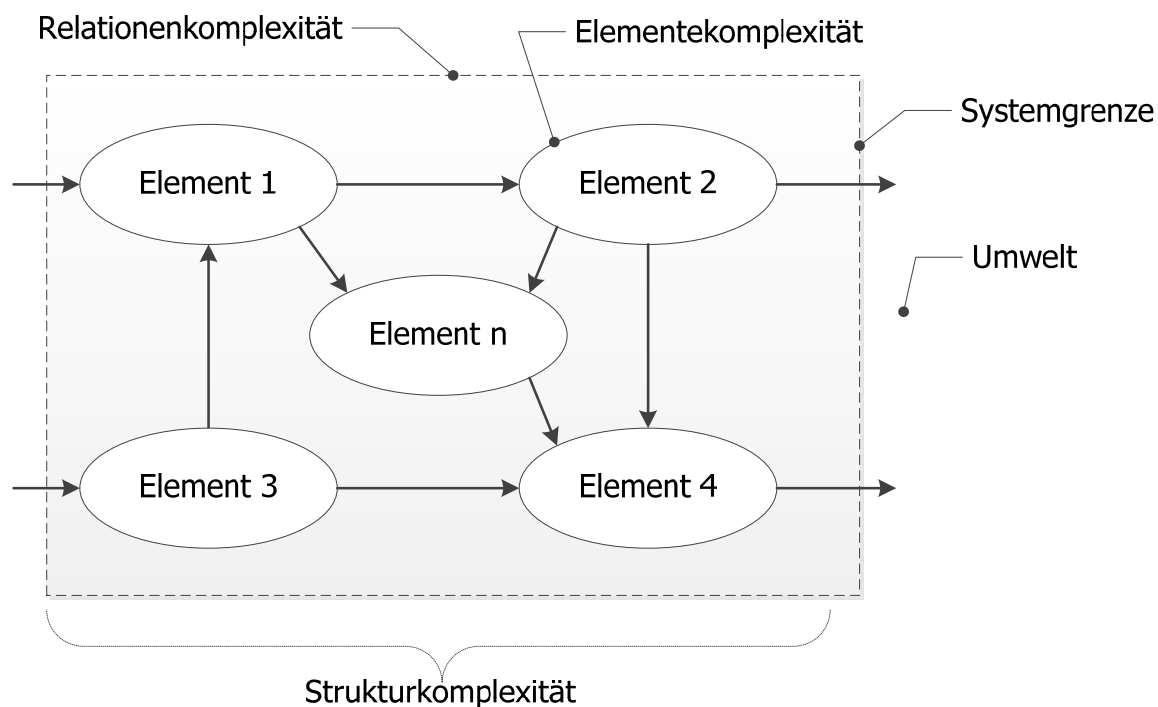


Abb. 13: Formen von struktureller Komplexität nach Kirchhof (e.D.)<sup>189</sup>

### Funktionale Komplexität

Der Begriff Funktion ist abgeleitet vom lateinischen *functio* = Verrichtung oder Geltung und als Verb zu: *fungi* = fungieren oder handeln. Mit Funktion wird einerseits die Tätigkeit bzw. Aufgabe innerhalb eines größeren Zusammenhangs (auch Rolle genannt) oder eine Stellung (auch Position genannt), die Jemand innerhalb eines größeren Ganzen hat, verstanden. Funktional ist somit eine auf die Tätigkeit oder die Stellung bezogene Handlung.<sup>190</sup>

Funktionale Komplexität definiert Verhaltensweisen im Umgang mit Komplexität, also die subjektive Komplexität. Jeder Betrachter hat durch die situative Veränderungsfähigkeit des Systems unterschiedliche Schwierigkeiten bei der Erfassung des Systems, der Problemerkennung und -bewertung und der daraus abzuleitenden Handlungsoptionen für den Einsatz von Aktivitäten und Ressourcen. Aus dem

<sup>188</sup> Vgl. Kirchhof, R. (2003), S. 12

<sup>189</sup> Vgl. Kirchhof, R. (2003), S. 13

<sup>190</sup> Vgl. Duden.de: "Stichwort: funktional, online im Internet:", <http://www.duden.de/rechtschreibung/funktional> [zuletzt geprüft am: 07.01.2017]

Bedarf an Problemlösungsanforderungen und dem Mangel an Erkenntnissen entstehen Lücken im Handeln.<sup>191</sup>

Die *operative* Komplexität bezeichnet den Umstand, dass Ziele durch das System selbst gesetzt werden können und das System damit proaktiv Zustandsänderungen herbeiführen kann.<sup>192</sup> Betrachtet man ein System aus organisatorischer Sicht, so müssen neben den Elementen und deren Beziehungen noch die Dimensionen Raum, Zeit und Menge in die Betrachtung einbezogen werden. Diese drei Bestandteile stehen in enger Verknüpfung, so dass bei Veränderung eines dieser Teile auch die anderen Bestandteile miteinbezogen werden.<sup>193</sup> Prozesse stellen eine sachlogisch, zeitlich und inhaltlich abgeschlossene Folge wiederholt ablaufender Tätigkeiten dar. Mit Prozessen wird die Bearbeitung eines Vorgangs zur Erlangung eines bestimmten Ziels oder Ergebnisses beabsichtigt.<sup>194</sup>

Die funktionale Komplexität ist die subjektiv wahrgenommene Komplexität durch den Betrachter. Sie bestimmt die Wahrnehmungs-, Entscheidungs- und Handlungskomplexität, in der sich diese im Unternehmen zeigt.

Die funktionale Komplexität ist abhängig von:<sup>195</sup>

- der objektiven Komplexität selbst
- dem Vorhandensein eines Zieles
- der Wahrnehmung wichtiger Parameter wie Entscheidungskriterien, Wirkzusammenhänge, Rückkopplungen und zeitliche Verläufe
- der Interpretation der Wahrnehmung
- den Fähigkeiten des Akteurs zu Zielbildung, Wahrnehmung und Interpretation
- den verfügbaren Hilfsmitteln

### Einordnung von Komplexität in Systemen

*"Wenn wir Mühe haben, einem anderen Menschen etwas zu erklären, sagen wir oft, es handle sich um eine komplexe Materie. Meistens meinen wir damit nur, dass die Sache eben nicht so einfach sei, so dass wir längere Zeit brauchen würden, um sie verständlich zu machen."*<sup>196</sup>

Ausgehend von den Erkenntnissen, dass Komplexität ein grundlegendes Merkmal von Systemen ist und eine Abhängigkeit von Elementen, Beziehungen und Dynamik besteht, lassen sich folgende vier Systemtypen nach ihrer Komplexität unterscheiden:<sup>197</sup>

---

<sup>191</sup> Vgl. Kirchhof, R. (2003), S. 15

<sup>192</sup> Vgl. Reuter, J. (1998), S. 123

<sup>193</sup> Vgl. Jenny, B. (2014), S. 79

<sup>194</sup> Vgl. Rosemann, M. (1996): "Komplexitätsmanagement in Prozeßmodellen", Gabler, Wiesbaden, S. 9

<sup>195</sup> Vgl. Kirchhof, R. (2003), S. 45

<sup>196</sup> Vgl. Ulrich, H. & Probst, Gilbert J. B (1991), S. 57

<sup>197</sup> Vgl. Probst, G. J. B. (1981), S. 147ff



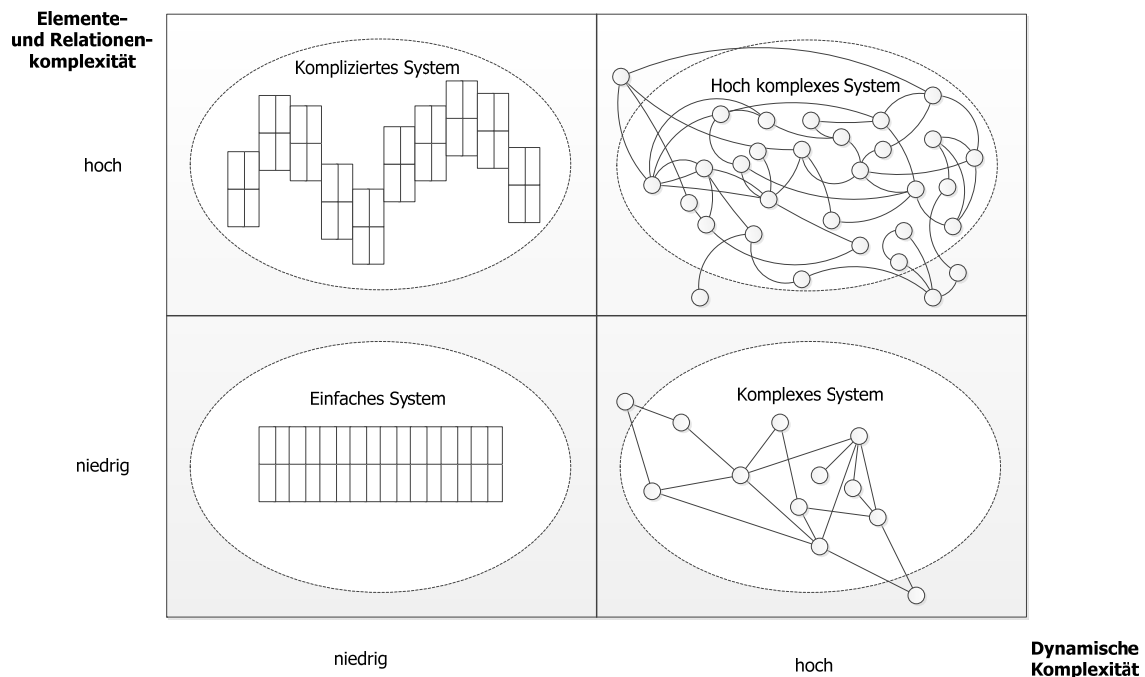


Abb. 14: Systemtypen und deren Komplexität nach Ulrich (e. D.)<sup>198</sup>

In einer ersten Näherung ergeben sich folgende Unterscheidungsmerkmale der vier Systemtypen in ihrer Abhängigkeit zur jeweiligen Komplexität:

#### Merkmale einfacher Systeme

- wenige Elemente und Relationen
- geringe Veränderungen in Verhaltensweisen und Abläufen

#### Merkmale komplizierter Systeme

- hohe Varietät der Elemente und Relationen
- Verhaltensweisen und Abläufe sind bestimmbar

#### Merkmale relativ komplexer Systeme

- wenige Elemente und Relationen
- hohe Veränderungen in Verhaltensweisen und Abläufen
- nicht vorhersagbar und nur gering beherrschbar.<sup>199</sup>

#### Merkmale äußerst komplexer Systeme

- hohe Varietät der Elemente und Relationen
- Veränderungen in Verhaltensweisen und Abläufen nicht bestimmbar
- nicht vorhersagbar und mit hohen Unsicherheiten

Eine Abgrenzung zwischen den Systemtypen ist fließend. Eine Vereinfachung ist die Einteilung in triviale und nicht-triviale Systeme.<sup>200</sup> Triviale Systeme sind deterministisch bestimmbar und produzieren bei

<sup>198</sup> Vgl. Kirchhof, R. (2003), S. 19

<sup>199</sup> Vgl. Bliss, C. (1998): "Integriertes Komplexitätsmanagement", Wiss. Ges. für Marketing und Unternehmensführung, Münster, S. 7

<sup>200</sup> Vgl. Stüttgen, M. (1999): "Strategien der Komplexitätsbewältigung in Unternehmen", Haupt, Bern, S. 22

bestimmtem Input einen vorhersagbaren Output. Mathematisch können diese mit der Formel  $y = f(x)$  beschrieben werden. In der vorhergehenden Klassifizierung können triviale System mit einfachen und komplizierten Systemen gleichgesetzt werden.

Nicht-triviale Systeme zeichnen sich durch hohe Vernetzung, viele und vielfältige Elemente und Bildung von interagierenden Subsystemen aus. Auch bei bestimmtem Input entsteht eine Vielzahl von Outputs, die z. B. von selbstorganisierenden Prozessen abhängig ist. Diese Abhängigkeiten ermöglichen den Systemen Eigendynamik und somit verschiedene Wirkungsverläufe und Verhaltensänderungen im Zeitverlauf. Diese Systeme lassen sich nicht prognostizieren, sind aber erkenn- und beschreibbar. Unsicherheiten lassen sich hierdurch reduzieren aber nicht beseitigen. Aufgrund ihrer Eigendynamik und Selbstorganisation sind sie daher nur begrenzt steuerbar. Mathematisch können diese mit der Formel  $y = f[f(z), x]$  beschrieben werden, wobei  $f(z)$ , unabhängig vom Input  $x$ , als interne Funktion ebenfalls auf den Output  $y$  wirkt.

Siehe hierzu nachfolgende Abbildung:

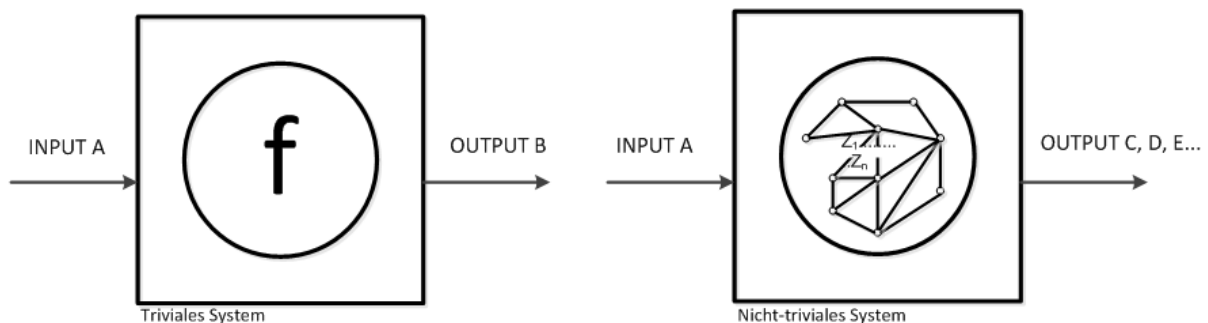


Abb. 15: Funktionen trivialer und nicht-trivialer Systeme nach Ulrich (e. D.)<sup>201</sup>

Komplexe adaptive Systeme haben eine hohe wechselseitige Abhängigkeit, beeinflussen sich gegenseitig und bauen sich gegenseitig auf. Diese Eigenschaften heben sie von einfachen, komplizierten und trivialen Systemen ab.<sup>202 203 204 205</sup> Im Folgenden werden die Systemtypen einer näheren Betrachtung unterzogen:

### Einfache Systeme

Einfache Systeme sind in der Regel statische Systeme (z. B. ruhendes Pendel). Alle Teile sind deterministisch bestimmbar und das Verhalten vorhersehbar. Einfachheit von Systemen lässt sich durch drei Schritte erreichen:

1. Komplexitätsvermeidung durch Transparenz und Verzicht
2. Komplexitätsreduzierung durch Transparenz und Verzicht
3. Komplexitätsbeherrschung durch Organisation und Methodik

Zunächst gilt es, Transparenz zu schaffen und somit Komplexität zu erkennen. Bei neu zu generierenden Systemen sollte auf alle nicht benötigten Elemente verzichtet werden. Gleiches gilt für die Abhän-

<sup>201</sup> Vgl. Ulrich, H. & Probst, Gilbert J. B (1991), S. 58

<sup>202</sup> Vgl. Gell-Mann, M. (1995)

<sup>203</sup> Vgl. Gomez, P. (1981)

<sup>204</sup> Vgl. Malik, F. (2000)

<sup>205</sup> Vgl. Probst, G. J. B. (1981)

gigkeiten zwischen den Elementen. In bestehenden Systemen sollte nach der Analyse eine Konzentration auf die wesentlichen Elemente und Verbindungen erfolgen und eine Kappung der nicht bedeutenden Teile durchgeführt werden. Erst nach den beiden ersten Schritten ist ein einfacherer Umgang mit diesen Systemen möglich. Dieser lässt sich über geeignete Organisation und Methodik behandeln.<sup>206</sup>

Nachfolgende Abbildung zeigt ein einfaches System mit wenigen verschiedenartigen Elementen und einer geringen Anzahl von Verknüpfungen sowie keinem oder nur geringem Veränderungsverhalten:

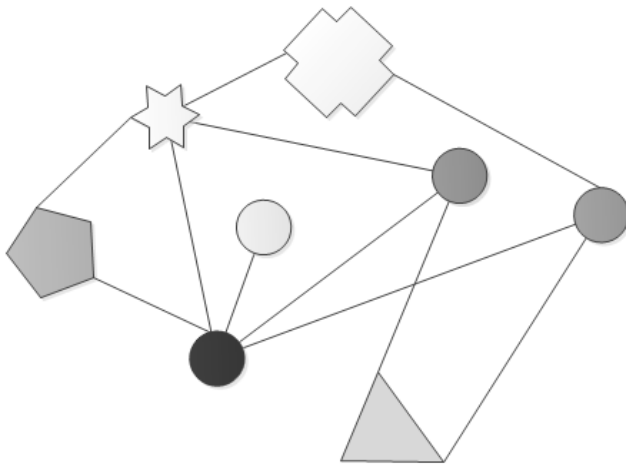


Abb. 16: Einfaches System nach Brandes (e. D.)<sup>207</sup>

Der Schritt zur Vermeidung oder Reduzierung wurde von MEADA<sup>208</sup> in Form von zehn Gesetzen der Vereinfachung von Systemen zusammengefasst:

1. Reduktion: Reduzierung nicht wesentlicher Elemente und Verbindungen
2. Organisation: Strukturierung und Abläufe überschaubar generieren
3. Zeit: Eine kurze Zeitspanne bleibt übersichtlicher
4. Wissen: Erfahrung und Kenntnisse erleichtern den Umgang
5. Gegensatz: Einfachheit und Komplexität bestehen nebeneinander
6. Kontext: Die Systemumwelt ist für die Entscheidungsfindung bedeutsam
7. Emotion: Erweiterung des kognitiven Erfassungsbereiches durch Sensitivität
8. Vertrauen: Vertrauen schafft Einfachheit, Misstrauen schafft Komplexität
9. Fehlschläge: Komplexe Systeme lassen nicht generell eine Vereinfachung zu
10. Einfachheit: Weglassen von Offenkundigem und Hinzufügen von Wesentlichem

Zusammenfassend lassen sich einfache Systeme mit folgenden Merkmalen beschreiben:<sup>209</sup>

- Wenig Einflussfaktoren
- Schwache Verknüpfungen
- Stabile Beziehungen
- Klare Ursache-Wirkung-Zusammenhänge

<sup>206</sup> Vgl. Brandes, D. & Brandes, N. (2014): "Einfach managen", 2. Aufl. Auflage, Redline-Verl., München, S. 126–127

<sup>207</sup> Vgl. Brandes, D. & Brandes, N. (2014), S. 26

<sup>208</sup> Vgl. Maeda, J. (2006): "The laws of simplicity", MIT Press, Cambridge Mass.

<sup>209</sup> Vgl. Friedrichsen, U. (2011): "Agilität Gestern, Heute und Morgen: Eine Bestandsaufnahme und ein Blick in die Zukunft" in: OBJEKTSpektrum2/2011, 43–46, S. 45

Es bestehen folgende Handlungsoptionen für den Umgang mit einfachen Systemen:<sup>210 211</sup>

- Ad-hoc-Lösungen
- Checklisten
- Command and Control<sup>212</sup>
- Best Practices<sup>213</sup>

### Komplizierte Systeme

Kompliziertheit ist abhängig von der Art der Zusammensetzung des Systems. Sie wird ausgedrückt durch die Anzahl und die Verschiedenheit der Elemente und ihrer Beziehungen.<sup>214</sup>

Komplizierte Systeme können eine hohe Varietät ihrer Elemente und Verbindungen aufweisen, jedoch sind Abläufe und ihr Verhalten determinierbar. Zum Verständnis soll das Beispiel eines mechanischen Uhrwerks herangezogen werden. Betrachtet man dieses Uhrwerk, so ist es aus einer Vielzahl von Zahnrädern und Verbindungselementen zusammengesetzt. Die Funktion des Uhrwerks erschließt sich einem Laien nicht. Hierzu ist eine längere Beschäftigung mit dem System erforderlich. Allerdings ist das Erkennen der Funktion durchaus möglich. Alle Teile, Funktion und Zusammenhang sind interpretierbar. Das System lässt sich in Einzelteile zerlegen und partiell analysieren. Da sich das Uhrwerk im Grundsystem jedoch nicht verändert, ist eine Durchdringung der Funktion schließlich möglich. Somit können wir ein Uhrwerk als kompliziert, jedoch nicht als komplex bezeichnen.<sup>215</sup>

Komplizierte Systeme sind vorhersagbar. Sie beinhalten wenig bis keine Überraschungen, Unsicherheiten oder subjektive Betrachtungsmöglichkeiten. Komplizierte Systeme sind steuerbar und extern kontrollierbar, da sie durch Ursache-Wirkung-Zusammenhänge definiert werden können. Ein Uhrwerk kann immer detaillierter in seiner Entwicklung werden. Es ist jedoch darauf ausgerichtet, dem Nutzer dauerhaft und präzise Angaben zu liefern.<sup>216</sup>

Zusammenfassend lassen sich komplizierte Systeme mit folgenden Merkmalen beschreiben:<sup>217 218</sup>

- Wenig Einflussfaktoren
- Enge Verknüpfungen
- Stabile Beziehungen
- Nachvollziehbare Ursache-Wirkung-Zusammenhänge

Es bestehen folgende Handlungsoptionen für den Umgang mit komplizierten Systemen:<sup>219</sup>

- Expertenwissen
- Teilen und Herrschen
- Command and Control
- Standard Analyse- und Planungswerkzeuge

<sup>210</sup> Vgl. Borgert, S. (2013): "Resilienz im Projektmanagement", Gabler, S. 160

<sup>211</sup> Vgl. Friedrichsen, U. (2011), S. 46

<sup>212</sup> Sinngemäß übersetzt: Führung durch Vorgaben und Überwachung

<sup>213</sup> Sinngemäß übersetzt: gute fachliche Praxis

<sup>214</sup> Vgl. Ulrich, H. & Probst, Gilbert J. B (1991), S. 61

<sup>215</sup> Vgl. Amann, W., et al. (2013): "Chefsache Komplexität", Gabler, Wiesbaden, S. 34

<sup>216</sup> Vgl. Pfläging, N. & Steinmann, P. (2014): "Organisation für Komplexität", Aktualisierte und erw. Neuaufl. Auflage, Redline, München, S. 16

<sup>217</sup> Vgl. Borgert, S. (2013), S. 160

<sup>218</sup> Vgl. Friedrichsen, U. (2011), S. 45

<sup>219</sup> Vgl. Friedrichsen, U. (2011), S. 46

## Relativ komplexe Systeme

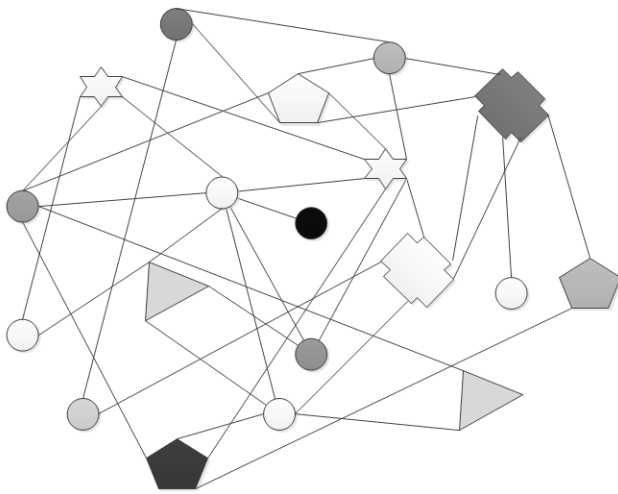


Abb. 17: Komplexes System nach Brandes (e. D.)<sup>220</sup>

Die Dynamik der Veränderlichkeit eines Systems stellt ein Schlüsselmerkmal zur Unterscheidung von Komplexität und Kompliziertheit dar. Somit erklärt sich eindeutig die nicht vorhandene Synonymität der Begriffe. Als ein System kann eine bestimmte Anordnung von Elementen gesehen werden, die über die Zeit unverändert bleibt. Ein komplexes System weist jedoch keine gleichbleibende Struktur auf und verändert während der Zeitabfolge seine Eigenschaften.<sup>221</sup>

Komplexität ist abhängig von der Veränderlichkeit im Zeitverlauf. Sie wird ausgedrückt durch die Vielfalt der Verhaltensmöglichkeiten der Elemente und die Veränderlichkeit der Wirkungsverläufe zwischen den Elementen.<sup>222</sup>

Komplexe Systeme unterscheiden sich von einfachen und komplizierten Systemen durch ihre Unbestimmbarkeit. Sie wird durch hohes Veränderungspotential der Verhaltensweisen und Abläufe verursacht. Diese Abhängigkeiten erschweren eine Zerlegung des Systems in verstehbare Einzelteile. Durch diese, nicht eindeutig erkennbaren, Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge sind sie nur schwer zu verstehen und müssen daher situativ analysiert und interpretiert werden.<sup>223</sup>

Ihre systembedingte Mehrdeutigkeit kann bereits die Interpretierbarkeit aushebeln, ohne dass die eintretende Dynamik die Grundausrichtung schon verändert hat. Berücksichtigt man diese Veränderbarkeit noch zusätzlich, können bestimmte Analyseergebnisse zum Zeitpunkt der geplanten Umsetzung bereits überholt sein, da sich das System in eine andere Richtung entwickelt hat. Es wird deutlich, dass bereits der Versuch einer vollständigen Analyse von Komplexität scheitern muss. Somit wird auch die Steuerung und Beherrschung von komplexen Systemen eingeschränkt.<sup>224</sup>

Komplexe Systeme sind mit lebenden Organismen vergleichbar. Sie können sich jederzeit verändern. Sie sind von außen zu beobachten, lassen sich aber nicht steuern. Ihr Verhalten ist nicht vorhersehbar.

<sup>220</sup> Vgl. Brandes, D. & Brandes, N. (2014), S. 26

<sup>221</sup> Vgl. Raufeisen, M. (1999), S. 95

<sup>222</sup> Vgl. Ulrich, H. & Probst, Gilbert J. B (1991), S. 61

<sup>223</sup> Vgl. Grimm, R. (2009): "Einfach Komplex", Vs Verlag Fur Sozialwissenschaften, S. 29

<sup>224</sup> Vgl. Amann, W., et al. (2013), S. 34

Durch die immanente Unsicherheit können in deutlich höherem Umfang Fehler entstehen, als dies bei komplizierten Systemen der Fall ist. Die kontinuierliche Interaktion zwischen den Elementen führt zu einer permanenten Dynamik.<sup>225</sup>

In Abhängigkeit der Komplexität unterscheidet man daher in die Kybernetik 1. Ordnung und Kybernetik 2. Ordnung. Systeme 1. Ordnung sind determinierbar, d.h. die Reaktion auf eine Veränderung ist voraussehbar. Bei Systemen 2. Ordnung ist das Ergebnis einer Veränderung der Umwelt nicht bestimmbar. Komplexe Systeme lassen sich daher nur durch Kybernetik 2. Ordnung beschreiben.<sup>226</sup>

Nach VON FOERSTER<sup>227</sup> bestehen Systeme 2. Ordnung aus Subsystemen, die individuelle Subziele verfolgen. Sie sind daher indeterministisch und dynamisch. Ungleichgewichte innerhalb des Systems bilden die Grundlage für Wandlungsprozesse. Zentrale Annahme der Kybernetik ist, dass eine Beschreibung des Systems nicht objektiv nach gewissen Regeln erfolgen kann, sondern stets subjektiv vom Betrachter abhängt. Damit folgt die Kybernetik einer radikal konstruktivistischen Auffassung.<sup>228</sup>

WEAVER<sup>229</sup> unternimmt einen begrifflichen Abgrenzungsversuch zwischen nicht-organisierter und organisierter Komplexität. Bei der nicht-organisierten Komplexität sind die Elemente untereinander zufällig verknüpft und es besteht kein Zusammenhang zwischen den Interaktionen der Elemente. Die nicht-organisierte Komplexität kann dadurch beherrscht werden, dass man mithilfe statistischer Methoden ein Durchschnittsverhalten bestimmt. Bei der organisierten Komplexität hingegen verhalten sich die Elemente regelgeleitet und nehmen gezielt Einfluss aufeinander.<sup>230</sup> Damit ist die organisierte Komplexität nicht zufallsbestimmt und kann daher auch nicht mithilfe statistischer Methoden beherrscht werden. Konkrete Handlungsempfehlungen nennt WEAVER allerdings nicht.

Diese Betrachtungsweise geht vom direkten Ursache-Wirkungs-Prinzip aus. In Situationen, bei denen Ursache und Wirkung zeitlich versetzt oder nicht offensichtlich sind, spricht man von dynamischer Komplexität. Diese Form der Komplexität wird durch Rückkopplung, Verzögerung und Nichtlinearitäten erzeugt und gibt dem Betrachter keine Möglichkeit genauer Prognosen. Sie bleibt also unbestimmt.<sup>231</sup>

Der Umgang mit dynamischer Komplexität erfordert vernetztes Denken. Handlungen bedürfen vorab einer genauen Analyse der Wirkungen. Durch die Intransparenz der Abhängigkeiten können nicht alle potentiellen Verhaltensmöglichkeiten erfasst werden.<sup>232</sup>

Zusammenfassend lassen sich komplexe Systeme mit folgenden Merkmalen beschreiben:<sup>233</sup>

- Viele Einflussfaktoren
- Dynamische Beziehungen
- Keine erkennbaren Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge
- Erkennbare Muster

<sup>225</sup> Vgl. Pfläging, N. & Steinmann, P. (2014), S. 16

<sup>226</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 64

<sup>227</sup> Vgl. Foerster, H. v. (2003)

<sup>228</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 64

<sup>229</sup> Vgl. Weaver, W.: "SCIENCE AND COMPLEXITY",

<http://people.physics.anu.edu.au/~tas110/Teaching/Lectures/L1/Material/WEAVER1947.pdf> [zuletzt geprüft am: 13.11.2016]

<sup>230</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 65

<sup>231</sup> Vgl. Springer Gabler Verlag (Herausgeber), Gabler Wirtschaftslexikon: "Stichwort: Komplexität, online im Internet:",

<http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/komplexitaet.html> [zuletzt geprüft am: 24.09.2017]

<sup>232</sup> Vgl. Höfling, W. (1996): "Vernetzt Denken", <http://www.entwicklung-training.de/downloads/vernetzt.pdf> [zuletzt geprüft am: 25.01.2015]

<sup>233</sup> Vgl. Friedrichsen, U. (2011), S. 45

Es bestehen folgende Handlungsoptionen für den Umgang mit komplexen Systemen:<sup>234,235</sup>

- Systemische Analyse
- Evolutionäre Techniken
- Indirekte Steuerung
- Kontinuierliches Lernen
- Erhöhte Interaktion

### Äußerst komplexe Systeme

Äußerst komplexe Systeme sind durch hohe Varietät ihrer Elemente und Relationen gekennzeichnet. Sie weisen eine hohe Dynamik aus und sind im Verhalten nicht prognostizierbar und führen zu hohen Unsicherheiten.

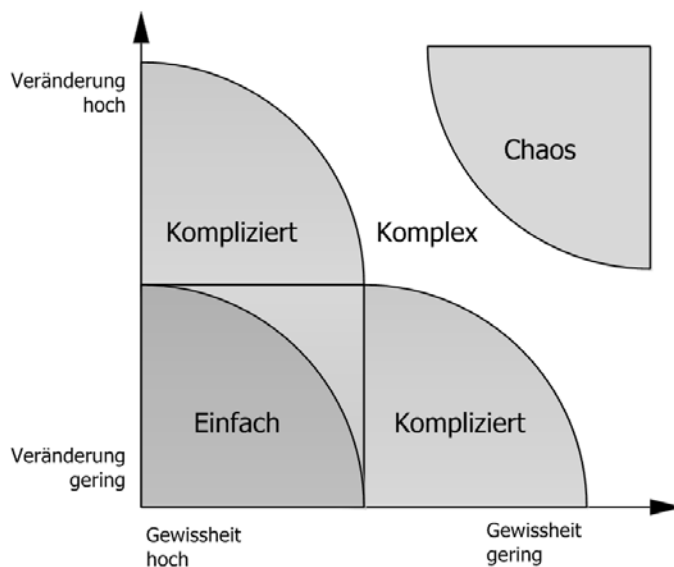


Abb. 18: Grenzbereich zwischen Komplexität und Chaos nach Brandes (e. D.)<sup>236</sup>

Systeme mit hoher Dynamik sind als äußerst komplex einzustufen und bewegen sich im Grenzbereich zum Chaos. Überschreiten diese Systeme den Grenzwert zum Chaos, sind diese nicht mehr steuerbar. Der Grenzwert zum Chaos liegt auf der einen Seite zwischen periodischem, regulärem Verhalten und zwischen Zufall und Irregularität auf der anderen Seite.<sup>237</sup>

Man unterscheidet zwischen deterministischem (niedriggradigem) und starkem (hochgradigem) Chaos. Während beim starken Chaos ausschließlich Zufallsprozesse vorliegen – und damit eine Vorhersage des Systemverhaltens unmöglich wird – liegt in ersterem immer noch eine gewisse Ordnung des Systemverhaltens vor und zumindest die Zeitabhängigkeit ist deterministisch.<sup>238</sup>

<sup>234</sup> Vgl. Borgert, S. (2013), S. 160

<sup>235</sup> Vgl. Friedrichsen, U. (2011), S. 46

<sup>236</sup> Vgl. Brandes, D. & Brandes, N. (2014), S. 26

<sup>237</sup> Vgl. Dittes, F.-M. (2012), S. 77

<sup>238</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 69

Zusammenfassend lassen sich äußerst komplexe Systeme mit folgenden Merkmalen beschreiben:<sup>239</sup>

- Viele Einflussfaktoren
- Sehr Dynamische Beziehungen
- Keine Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge
- Keine erkennbaren Muster

Es bestehen folgende Handlungsoptionen für den Umgang mit chaotischen Systemen:<sup>240 241</sup>

- Stabilisierende Ad-hoc-Maßnahmen
- Command and Control
- Keine Analyse
- Trial and Error<sup>242</sup>

### 2.4.3 Basisaussagen zur Systemtheorie

#### Vergleich Ashby versus Luhmann

In der Komplexitätswissenschaft haben sich zwei Richtungen der Herangehensweise etabliert: die Theorie der Komplexitätsbejahung von ASHBY<sup>243</sup> – Nur Komplexität kann Komplexität absorbieren – und die LUHMANN'sche<sup>244</sup> Theorie der Komplexitätsverneinung – Nur Selektion reduziert Komplexität.

Nach den Erkenntnissen von Ashby muss die benötigte Komplexität des zu steuernden Systems mit zunehmender Umweltkomplexität ebenfalls steigen. Dies kann jedoch zu einer unkontrollierbaren Komplexität führen, da diese Komplexität auch ständig von den Beteiligten gelebt werden muss. Dies führt in Konsequenz zu einer Erhöhung der strukturellen Komplexität, wobei die Beherrschung dieser die Möglichkeit der Kontrolle einschränkt und zu Chaos führen kann, da die Komplexität durch sich selbst bestimmt wird. Nach dieser Theorie lassen sich komplexe Systeme nur mit komplexen Steuerungsmodellen führen. Die Steuerungsmodelle sollen hierbei mindestens die Komplexität der zu steuernden Systeme annehmen.

Luhmann hält dieses Vorgehen für Illusion. Sollten Systeme so komplex wie ihre Umwelt werden, sind diese niemals steuerbar. Helfen soll eine Reduktion durch Auslese von Lösungen. Die Entscheidungsgrade der Beteiligten sollen erhöht und durch Erfolg gemessen werden. Ein dezentrales, erfolgsorientiertes Auswahlprinzip mit weniger Kontrolle und weniger Strukturen soll besser mit Komplexität fertig werden. Die hieraus erwachsenden einfachen Lösungen sollen den Erfolg sicherstellen. Es besteht allerdings die Gefahr, dass die einmal gefundenen Lösungen in Routine übergehen, wenn sie nicht kontinuierlich hinterfragt werden. Wird die Umgebung komplexer, reichen die einfachen Lösungen gegebenenfalls nicht mehr aus, um die Realität zu beschreiben.<sup>245</sup>

---

<sup>239</sup> Vgl. Friedrichsen, U. (2011), S. 45

<sup>240</sup> Vgl. Borgert, S. (2013), S. 160

<sup>241</sup> Vgl. Friedrichsen, U. (2011), S. 46

<sup>242</sup> Vgl. Lange, S. (2015), S. 106; Anm. d. Verf.: Sinngemäß übersetzt: Versuch-Irrtum-Methode oder auch praktischen Herumprobieren

<sup>243</sup> Vgl. Ashby, W. R. (1963)

<sup>244</sup> Vgl. Luhmann, N. (1994)

<sup>245</sup> Vgl. Amann, W., et al. (2013), S. 55



Beide Theorien lassen sich in ihren Ausführungen nachvollziehen und führen zu wesentlichen Erkenntnissen für den Umgang mit Komplexität. Die wesentlichen Unterschiede werden im Folgenden einer differenzierteren Betrachtung unterzogen.

Nachfolgende Abbildung zeigt die Zielrichtungen der beiden Theorien auf:

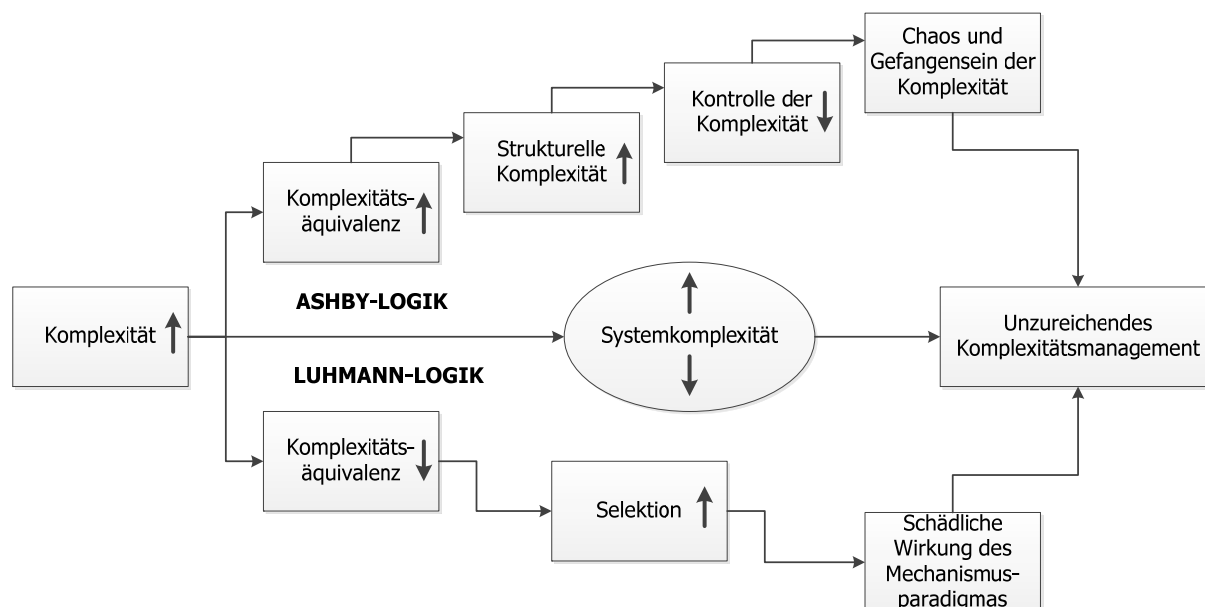


Abb. 19: Ashby versus Luhmann nach Amann (e. D.)<sup>246</sup>

### Komplexitätserhöhung nach ASHBY

Nach dem Systemtheoretiker W. Ross ASHBY wurde die in den 60er Jahren erkannte Gesetzmäßigkeit erkannt, die als "Ashby's Gesetz der erforderlichen Varietät" bekannt ist.<sup>247</sup>

Die Varietät eines Systems dient als Maßzahl für ihre Komplexität. Nach Ashby kann ein System A ein System B nur dann kontrollieren, wenn beide die gleiche Varietät besitzen. Für Unternehmen bedeutet dies, dass die benötigten Verhaltensweisen mindestens genauso vielfältig sein müssen wie die Vielfältigkeit des Systems, das er zu steuern hat. Hieraus leitet er zwei wesentliche Handlungsstrategien ab: Erhöhung der Varietät der Führung oder Reduzierung der Varietät des Unternehmens.

Die Varietät von externen Einflüssen auf das System kann also nur im Rahmen der systemeigenen Varietät des Unternehmens gesteuert werden. Somit ist eine vollständige Kontrolle nur möglich, wenn auf alle möglichen Umwelteinflüsse ein entsprechendes eigenes Verhalten erzeugt werden kann.

Durch die Verschachtelung der systemeigenen Subsysteme entsteht eine Differenzierung zu einem übergeordneten System, welches die relevante Umwelt für dieses Subsystem darstellt. Somit muss der Varietätsbegriff auch auf die internen Varietäten übertragen werden und kann sich nicht nur auf die äußeren Varietäten beziehen. Daher entscheidet die Frage, welche Subsysteme in die Betrachtung der Elemente und Relationen eingehen, über den Grad der statischen Komplexität eines Systems. Je höher

<sup>246</sup> Vgl. Amann, W., et al. (2013), S. 57

<sup>247</sup> Vgl. Ashby, W. R. (1963)

sich dieser Grad an Komplexität im System darstellt, desto erfolgreicher und überlebensfähiger kann es in der Zielerreichung sein.<sup>248</sup>

Organisationen werden oft als „zu komplex“ beurteilt, um durch kognitiv gesteuerte Interventionen gewünschte Veränderungen herbeizuführen. Unsicherheit wird explizit in die Überlegungen mit einbezogen. Die evolutionstheoretischen Ansätze tragen damit stets Elemente des Experimentierens in sich und lassen per Definition Möglichkeiten des Scheiterns und Fehlverhaltens zu. Ziel ist nicht nur die Darstellung der Komplexität eines Systems, sondern das Systemverhalten verstehbar und erklärbar zu machen (jedoch ist damit keine prognostische Zielsetzung verbunden).<sup>249</sup>

Eine Erhöhung der strukturellen Komplexität eines Systems wird durch Hinzunahme von Elementen und deren Relationen möglich. Bei Unternehmen können dies u. a. neue Märkte, Produkte, Leistungen und Prozesse sein. Mehr strukturelle Komplexität erhöht wiederum den Selektionsdruck des Unternehmens und muss zu einer Erhöhung der funktionalen Komplexität führen. Aus den Erkenntnissen des systemisch-evolutionären Paradigmas bedeutet eine Erhöhung der funktionalen Komplexität eine Erhöhung der Unbestimmtheit des Systems.

### Komplexitätsreduktion nach LUHMANN

Nach Luhmann kann nur durch Selektion Komplexität reduziert werden. Dies bezieht sich sowohl auf die Betrachtung von System und Umwelt als auch auf System und Subsystem im Innenverhältnis.<sup>250</sup> Es wird hier von einem asymmetrischen Verhältnis zwischen Systemumwelt und Innensystem ausgegangen. Zur Umwelt gehört alles, was nicht zum System gehört. Komplexität ist nicht einfach die Menge der aus den Strukturen möglichen Relationen, sondern deren Selektivität.<sup>251</sup>

Es wird in bestimmte und unbestimmte Komplexität unterschieden. Solange Anzahl und Relationen eines Systems nicht bekannt sind, ist die Komplexität unbestimmt. Erst nachdem ein System im Sinnzusammenhang seines Bezuges zur Umwelt definiert wurde, lassen sich die Elemente und Relationen zuordnen. Es entsteht ein System bestimmter Komplexität. Systemkomplexität ist also bestimmte Komplexität. Reduziert man also die Systemkomplexität durch Selektion, reduziert sich nach der Betrachtung Luhmann's die Umweltkomplexität.

Durch die Selektion ergibt sich eine Systemkomplexität, die geringer ist als die Umweltkomplexität. Es fehlt jedoch die nach Ashby erforderliche Varietät, um auf eine Reaktion auf jeden Zustand der Umwelt reagieren zu können. Dieser Varietätsverlust kann das System nur durch Selektionsstrategien ausgleichen. Das System muss situativ Selektionsmuster aus vielfältigen potenziellen Zuständen herausfiltern und diese zielorientiert im System zur Steuerung der Abweichungen einsetzen. Die Fähigkeit zum Management von Komplexität ist somit die Fähigkeit zur Selektion in Bezug auf Struktur und Organisation.

Zum Erreichen einer hohen Flexibilität in der Anpassung des Systems nach Selektion und Entscheidung bedarf es hoher Freiheitsgrade zur Veränderung. Je mehr Freiheitsgrade ein System besitzt, desto bessere Selektionsmuster können durch das System erzeugt werden.<sup>252</sup>

---

<sup>248</sup> Vgl. Kirchhof, R. (2003), S. 58

<sup>249</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 178

<sup>250</sup> Vgl. Luhmann, N. (1994), S. 49

<sup>251</sup> Vgl. Luhmann, N. (1994), S. 47

<sup>252</sup> Vgl. Grimm, R. (2009), S. 60

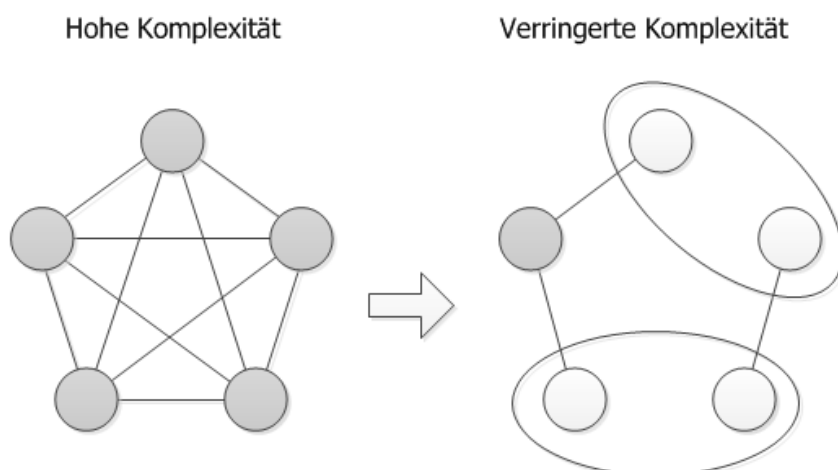


Abb. 20: Komplexität reduzieren durch Selektion nach Grasl (e. D.)<sup>253</sup>

Ist das System bestimmter und unflexibler gestaltet, kann es sich situativ schlechter auf veränderte Umweltveränderungen einstellen. Ihr Selektionsdruck ist höher. Unbestimmte Systeme benötigen weniger Informationen über die Umwelt und haben somit ein besseres Reaktionspotenzial.<sup>254</sup>

Reduktion von struktureller Komplexität zielt auf Verringerung von Freiheitsgraden durch bewusste Schaffung von Ordnungsstrukturen und Reduzierung von bestehenden Elementen und Relationen hin. Durch die Bestimmtheit des Systems wird die funktionale Komplexität reduziert. Hierzu können folgende Reduktionsstrategien Anwendung finden:

**Strategie der Subjektivierung:** Durch Bildung von Modellen, Mustern, Normen, Regeln und Schemata erfolgt eine Informationsreduktion und somit eine Verdichtung der Wahrnehmungs- und Entscheidungsprozesse. Die objektive Komplexität der Um- und Innenwelt wird subjektiviert, was zu einer Reduzierung der funktionalen Komplexität führt und die Bestimmtheit des Systems erhöht. Der Umgang mit Komplexität erfordert die Fähigkeit, ein System und seine Teile zu erkennen, es zerlegen und zusammenfügen zu können. Durch weitere Differenzierung wird strukturelle Komplexität erzeugt. Wird ein System zu stark differenziert, wird das System zu komplex und verhindert einen ganzheitlichen Lösungsansatz. Die Kunst im Umgang, ist das richtige Maß der Differenzierung zu finden. Ein Maßstab hierfür kann der Komplexitätsgrad eines Systems sein.<sup>255</sup>

**Strategie der Innendifferenzierung:** Durch Bildung von Teil- und Subsystemen wird die strukturelle Komplexität reduziert. Man relationiert durch Hierarchisierung (z. B. Modularisierung, Standardisierung u. a.) und Sequenzialisierung (z. B. Bildung gerichteter Wirkungsketten u. a.). Hierdurch sinkt der Selektionsdruck der funktionalen Komplexität.

**Strategie der Außendifferenzierung:** Durch Bildung von Umweltsegmenten (Teilumwelten) erfolgt eine bessere Abgrenzung zwischen dem System und seiner Umwelt. Diese Reduktionsstrategie verlagert den Anpassungsbedarf auf bestimmte Segmente und Einheiten und reduziert somit die funktionale Komplexität.

<sup>253</sup> Vgl. Grasl, O. (2004): "Prozessorientiertes Projektmanagement", 1. Auflage, Hanser, München, S. 138

<sup>254</sup> Vgl. Kirchhof, R. (2003), S. 59–60

<sup>255</sup> Vgl. Grasl, O. (2004), S. 19–20

LUHMANN nennt als Methode zur funktionalen Analyse und möglicherweise der Erklärung von Systemen den Umgang mit der Informationsverarbeitung. Informationen regulieren und präzisieren die Bedingungen, die zur Unterscheidung der Bedingungen beitragen. Sie dienen zu Relationierungen, um damit vorhandenes Kontingenz und Differenzierungen zum Vergleich zu erfassen. Die Qualität der entstehenden Resultate hängt von den Relationen zwischen Problem und Lösung ab.<sup>256</sup>

Aus den genannten Strategien leiten sich drei Prinzipien der Komplexitätsreduktion ab:

- Eliminierung von Strukturen im Innen- und Außenverhältnis, die die Lebens- und Entwicklungsfähigkeit des Systems behindern oder nicht notwendig sind
- Aufbau von Strukturen, die die Lebens- und Entwicklungsfähigkeit des Systems fördern
- Schaffen von Vorgaben (Constraints) wie z. B. Regeln, Normen, Konventionen, Schemata, Denkmuster sowie Modelle der Realität u. a., zur Reduktion und Aufbereitung objektiver Komplexität.<sup>257</sup>

Bei der Betrachtung dieses Theorieansatzes wird deutlich, dass eine Reihe wesentlicher Merkmale komplexer Systeme wie Dynamik, Pfadabhängigkeit, Rückkopplung, Nichtlinearität, begrenzte Rationalität, Selbstorganisation, Emergenz u. a. wenig Beachtung finden, diese jedoch für die Beschreibung, Erklärung und Prognose des Verhaltens komplexer Systeme ebenfalls von Bedeutung sind.<sup>258 259 260</sup>

Für den Umgang mit Komplexität leiten sich hiermit folgende Prinzipien ab:

- das System wird in seinen Wechselwirkungen und Rückkopplungen statt in linearen Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen betrachtet,
- der Umgang mit Komplexität ist Aufgabe vieler Akteure und Führung im Sinne der Selektion wird durch Viele wahrgenommen,
- spontane Ordnungen, Selbstorganisation, Selbstlenkung und organisationales Lernen werden zugelassen und gefördert,
- Fehler, Widersprüche, Unschärfen, Unsicherheiten und unvollkommene Informationen werden als Normalzustände akzeptiert,
- Wandel, Entwicklungssprünge, Anomalien, Ungleichgewichte und positive Rückkopplungen werden als Entwicklungsbeschleuniger gesucht und
- viele, verschiedene und zum Teil sogar widersprüchliche Ziele werden akzeptiert und müssen ausbalanciert werden.<sup>261</sup>

---

<sup>256</sup> Vgl. Luhmann, N. (1994)

<sup>257</sup> Vgl. Kirchhof, R. (2003), S. 63–64

<sup>258</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 128

<sup>259</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 140

<sup>260</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 141

<sup>261</sup> Vgl. Kirchhof, R. (2003), S. 62–63

#### 2.4.4 Systeme in Organisationen

Überträgt man die Bestandteile eines Systems auf die Organisation eines Unternehmens, so findet man eine Vielzahl von Elementen (z. B. Menschen, Abteilungen, Material, Maschinen u. a.), die miteinander vernetzt sind. Alle diese Elemente weisen interne Strukturen oder Zuordnungen (z. B. Führungsebenen, Funktionsbereiche, Produktgruppen u. a.) auf. Diese Strukturen sind wiederum untergliedert in Personen, Teams oder Gruppen und bilden Subsysteme, die in der Zusammensetzung das Gesamtsystem darstellen. Die durchlaufenden Prozesse stellen Input-Output-Beziehungen nach innen und außen dar und ergeben zeitlich und logisch orientierte Beziehungen (z. B. Aktivitäten, Information, Kommunikation u. a.). Der Unternehmenszweck ist auf Austausch von Produkten gerichtet, weshalb diese Systeme zur Umwelt offen sein müssen. Unternehmen sind Teil des Wirtschaftssystems (z. B. Absatzmarkt, Wettbewerb, Arbeitsmarkt, Geldmarkt u. a.) und sind dadurch zusätzlich eingebunden in die übergeordneten rechtlichen und politischen Systeme mit dem Einfluss von sozialen, kulturellen und anderen Abhängigkeiten.<sup>262</sup>

Nach MALIK ist Komplexitätsmanagement das ständige „Bemühen, ein sehr komplexes System unter Kontrolle zu bringen und zu halten.“<sup>263</sup> Sein Ansatz sieht die ökonomischen Elemente eines Wirtschaftsunternehmens, die durch Maschinen, Materialien, Produkte, Preise, Mitarbeiter und Kunden erzeugt werden. Diese definieren dieses System und stellen damit durch die Gesamtheit der Bestandteile die Komplexität komplett dar.<sup>264</sup> Nach diesen Aussagen ist Komplexität ein wesentliches Merkmal eines Unternehmens und damit die Bewältigung von Komplexität als Basisaufgabe des Managements zu verstehen.<sup>265</sup> Als mögliche Methoden zur Bewältigung von Komplexität nennt Malik u. a. Beherrschung durch das Schaffen von Strukturen und das Lösen von Problemen.<sup>266</sup>

Unternehmensziele können sich nur im Rahmen dieser Grenzen bewegen und sind von der Dynamik und den Veränderungen der Umwelt abhängig. Wenn Unternehmen ihre Ziele erreichen und gleichzeitig ihr Überleben sichern wollen, müssen sie sich den Gegebenheiten und Veränderungen anpassen. Aus den Betrachtungen der Systemtheorie heraus sind Unternehmen komplexe Systeme. Aus den Betrachtungen der Komplexitätstheorie heraus kann die Komplexität dieser Systeme jedoch nicht vollständig erfasst werden, da es zu einer Vielzahl von Interaktionen der Systemelemente kommt und somit nicht allein auf die inneren Strukturen oder die Prozesse ankommt. Durch die Einwirkungen der Umwelt auf das System entstehen dynamische Veränderungen (z. B. globale Märkte, kurze Produktlebenszyklen u. a.), die eine Anpassung erfordern und neben der inneren Komplexität existieren.

Unternehmen und Umwelt beeinflussen sich gegenseitig. Somit kann ein Unternehmen als Subsystem der komplexen Systemumwelt bezeichnet werden. Diese Betrachtungen bestätigen sich durch die Überprüfung des Systems auf die Eigenschaften komplexer adaptiver Systeme, wie z. B. Nichtlinearität, Rückkopplung, Autopoiese, Emergenz, Kritizität und adaptives Verhalten. Alle diese Eigenschaften treffen auf Unternehmen zu. Unternehmen sind mit der dynamischen Umwelt stark vernetzt. Veränderungen im Innensystem führen zu Reaktionen der Umwelt, Rückkopplungen beeinflussen wiederum Entscheidungen im Unternehmen zur Anpassung des Innensystems. Alle Aktionen und Reaktionen

---

<sup>262</sup> Vgl. Kirchhof, R. (2003), S. 35

<sup>263</sup> Vgl. Malik, F. (2000), S. 25

<sup>264</sup> Vgl. Kirchhof, R. (2003), S. 57

<sup>265</sup> Vgl. Kirchhof, R. (2003), S. 11–12

<sup>266</sup> Vgl. Malik, F. (2008), S. 190

bauen auf Erfahrungen auf und wirken auf künftige Entscheidungen ein. Die Eigenschaften komplexer adaptiver Systeme sind unmittelbar auf Unternehmen übertragbar.<sup>267</sup>

Ein Unternehmen muss daher selbststeuernde, autopoietische und emergente Fähigkeiten zur Evolution und Koevolution besitzen, um die Überlebensfähigkeit zu erzielen. Die Systemumwelt ist selbst stark komplex und kann bereits bei kleinen Änderungen zu großen Reaktionen im Unternehmen führen. Ein Unternehmen, das hierauf nicht komplexitätsorientiert reagiert, bewegt sich ständig im Zustand zwischen Ordnung und Chaos. Da das System den Rand des Chaos für die weitere Entwicklung benötigt, muss es diesen Zustand steuernd für seine Entwicklung nutzen und ein Überschreiten dieser Grenze verhindern. Zur Bewältigung dieser Komplexität bedarf es einer Selbstorganisation durch geeignete Ordnungsmuster im Rahmen von Regeln und einer Musterbildung. Hierzu eignen sich bspw. Strategien, Organigramme, Arbeitsanweisungen u. a. Diese Regeln und Muster müssen den sich ändernden Bedingungen ständig angepasst werden. Adaptiv sind dies Anpassungen, wenn sie über Lernprozesse aus dem Unternehmen entstehen, die individuell und kollektiv ablaufen.<sup>268</sup>

Geschäftsprozesse durchlaufen im Rahmen der zugehörigen Ablauforganisation die Aufbauorganisation des Unternehmens. Somit sind am Prozessverlauf mehrere Organisationseinheiten des Unternehmens beteiligt.<sup>269</sup>

Komplexität im Unternehmen lässt sich an folgenden Determinanten identifizieren:

- die Vielzahl und Vernetztheit der Einflussgrößen, wie z. B. Rahmenbedingungen, Märkte, Produkte, Prozesse, Zielsysteme und Organisationsart
- die Dynamik der Veränderungen und
- der erhöhte Flexibilitätsdruck

Diese Einflussfaktoren sind maßgebend für die strukturelle Komplexität im Unternehmen, also die objektive Komplexität. Der Umgang mit der Komplexität ist subjektiv, geprägt von der Kenntnis des Unternehmens in seiner Umwelt und den daraus resultierenden Problemen. Sie erscheint als Wahrnehmungs-, Entscheidungs- und Handlungskomplexität und stellt die funktionale Komplexität dar. Zur erfolgreichen Steuerung des Unternehmens müssen beide – strukturelle und funktionale Komplexität – berücksichtigt werden.<sup>270</sup>

Elemente oder deren Beziehungen zueinander hängen von den systemischen Reaktionsketten ab. Dadurch gehen bereits kleine Systeme an die Grenze der Wahrnehmungsfähigkeit. Durch die Dynamik wächst zudem die Anzahl der Systemzustände. Da zusätzlich noch stochastische Komponenten hinzukommen, werden sie für einen Betrachter noch geringer determinierbar. Gerade diese Beschreibung ist jedoch charakteristisch für komplexe soziotechnische Systeme wie große Bauvorhaben. Wird nun versucht, Komplexität durch einen Komplexitätsgrad zu bemessen, führt dies zum Problem der Differenzierung zwischen dem Phänomen Komplexität an sich und den Treibern der Komplexität. Erstere

---

<sup>267</sup> Vgl. Kirchhof, R. (2003), S. 36

<sup>268</sup> Vgl. Kirchhof, R. (2003), S. 37

<sup>269</sup> Vgl. Rosenkranz, F. (2006): "Geschäftsprozesse", Springer, Berlin, S. 3

<sup>270</sup> Vgl. Kirchhof, R. (2003), S. 38

erfassen die Auswirkungen und letztere beschreiben die Einflussfaktoren. Beide sind grundsätzlich jedoch aus den Merkmalen Vielzahl, Vielfalt, Vieldeutigkeit und Veränderlichkeit definierbar.<sup>271</sup>

Technische Systeme sind in der Betrachtung ihrer Komplexität mit sozialen Systemen vergleichbar. Beim Umgang mit Menschen kann ein „komplizierter“ Umgang sehr schnell zu komplexen Situationen führen. Betrachtet man große Unternehmen oder beispielsweise die Volkswirtschaft eines Staates, so hat man es mit Systemen von sehr hoher Komplexität zu tun. Wenn also Komplexität nur mit Steuerungssystemen gleicher Komplexität zu beherrschen sein soll, machen diese Beispiele deutlich, dass dies bei einer solch hohen Komplexität kaum vorstellbar ist. Nur durch eine Verringerung von Elementen und Varianten scheint eine Beherrschung durch gezielte Steuerung möglich.<sup>272</sup>

Organisationen können aufgrund ihrer Kennzeichen und Eigenschaften als System abgebildet werden. Unternehmen bilden sich aus unterschiedlichen Organisationsformen. Bauvorhaben sind Unternehmen auf Zeit. Somit können die Erkenntnisse der Systemtheorie auf große Bauvorhaben übertragen werden.

#### 2.4.5 Folgerungen und Zwischenfazit

Durch die zunehmende Globalisierung findet die Zukunft zunehmend unter komplexen Bedingungen statt. Die Folgen der Komplexität sind intransparente Informationsräume durch nichtlineare Dynamik des Geschehens. Menschen, die mit Steuerungsprozessen betraut sind und sich mit der Lösungssuche für komplexe Probleme und Aufgabenstellung beschäftigen, müssen auf Grundlage beschränkter Rationalität Entscheidungen treffen, obwohl die notwendigen Informationen zur Entscheidungsfindung aufgrund Unvollständigkeit, Ungenauigkeit und Zufall bestimmt werden.<sup>273</sup>

Nur mit einem Verständnis der nichtlinearen Dynamik komplexer Systeme kann Komplexitätsmanagement erfolgreich sein. Die Kunst hierbei ist es, zu erkennen, in wie weit sich die Entscheidungen in der Nähe von Instabilitäten und Zufallsverhalten bewegen, um notwendige Veränderungen auszulösen und somit Systemzerfall, Orientierungslosigkeit und Chaos zu vermeiden. Diese globalen Trends müssen durch geeignete Ordnungsparameter modelliert werden.<sup>274</sup>

Selbst statische Systeme können komplex werden, wenn sie eine Vielzahl heterogener Elemente mit gleichen Eigenschaften besitzen und eine Vielzahl von Beziehungen aufweisen. Denken im System bedeutet, dass zwischen den Elementen und Prozessen Zusammenhänge bestehen, die nicht isoliert betrachtet werden dürfen. Diese Denkwelt verläuft jedoch nichtlinear, sondern in Schleifen.<sup>275</sup> Von wesentlicher Bedeutung sind hier die entstehenden Rückkopplungsprozesse, die über die Ursache-Wirkungs-Kette einen Wirkungskreis ergeben.<sup>276</sup> Der Komplexitätsbegriff ist von Subjektivität geprägt, die sich am Begriffsvermögen des jeweiligen Betrachters orientiert. Komplexität ist vor allem ein zeitliches (dynamisches) Phänomen. Mit jedem Schritt zu mehr Komplexität wird ein neuer Lernprozess

---

<sup>271</sup> Vgl. Adam, D. (1998): "Komplexitätsmanagement", Dr. Th. Gabler Verlag, Wiesbaden, S. 97–98

<sup>272</sup> Vgl. Brandes, D. & Brandes, N. (2014), S. 27

<sup>273</sup> Vgl. Hagen, S. (2009), S. 23

<sup>274</sup> Vgl. Mainzer, K. (2008), S. 101

<sup>275</sup> Vgl. Russell-Walling, E. (2011): "50 Schlüsselideen Management", Imprint: Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, S.

172

<sup>276</sup> Vgl. Russell-Walling, E. (2011), S. 173–175

erforderlich. Die Komplexitätsforschung versucht, eine Mehrdimensionalität der Problemstellung zu lösen und ist nicht ausschließlich auf Komplexitätsreduktion gerichtet.<sup>277 278</sup>

Nach LUHMANN ist nicht einfach die Menge der strukturell ermöglichten Relationen für die Komplexität maßgebend, sondern deren Selektivität.<sup>279</sup> Ein wichtiger Faktor zur Beherrschung bleibt jedoch die Einfachheit der Darstellung, die sich durch Verringerung der Anzahl definierter Elemente und deren Eigenschaften ergibt. Die Komplexitätsforschung verbindet momentan die verschiedenen Sichtweisen.<sup>280</sup> Komplexitätsmanagement in seiner Gesamtheit ist auf die Beherrschung der Komplexität im Betrachtungssystem ausgerichtet. Dies erfordert einen dynamischen Umgang mit dem Bedarf und Potenzial von Komplexität, durch strategiebedingte Anwendung konsequenter Komplexitätssenkung bzw. -erhöhung. Komplexitätsmanagement ist somit Entwicklung, Gestaltung und Lenkung von Vielzahl, Vielfalt und Veränderlichkeit der möglichen Strukturen und des Verhaltens von Systemen. Diese Aussage bezieht sich gleichermaßen auf die im System befindlichen Teilsysteme und die Betrachtung des Systems als Teil der Umwelt.<sup>281</sup>

Durchgängiges Komplexitätsmanagement benötigt Leitlinien und Strategien (siehe Abb. 21). Die Leitlinien sollen sich auf die Aspekte von Individualisierung, Standardisierung, Transparenz und Kerngeschäft konzentrieren, wogegen diese durch Komplexitätsstrategien mit Reduktion, Beherrschung und Vermeidung geführt werden.<sup>282</sup> Analog zu den Grundsätzen des Risikomanagements<sup>283</sup> bedeutet Management von Komplexität somit das Erkennen, Bewerten, Vermeiden, Reduzieren, Beherrschen und Schaffen von Wissen um die Zusammenhänge<sup>284</sup>.



Abb. 21: Komplexitätsmanagement nach Wildemann (e. D.)<sup>285</sup>

<sup>277</sup> Vgl. Willke, H. (1991): "Eine Einführung in die Grundprobleme der Theorie sozialer Systeme", 3. Auflage, Fischer, Stuttgart, S. 16, zitiert in Schmidt, A. P. (1999), S. 239

<sup>278</sup> Vgl. Adam, D. (1998), S. 97–98

<sup>279</sup> Vgl. Luhmann, N. (1991), S. 47, zitiert in Schmidt, A. P. (1999), S. 239

<sup>280</sup> Vgl. Schmidt, A. P. (1999): "Endo-Management", 2. Auflage, Haupt, Bern, Stuttgart, Wien, S. 239

<sup>281</sup> Vgl. Kirchhof, R. (2003), S. 68

<sup>282</sup> Vgl. Wildemann, H. (2004): "Komplexitätsmanagement", 5. Auflage, TCW-Verlag, München, S. 45, zitiert in Schleicher, M. (2012), S. 13

<sup>283</sup> Vgl. Hoffmann, W. (2015): "Kurzanleitung Risikomanagement", 1. Auflage, DVP-Verlag, Berlin

<sup>284</sup> Vgl. Schleicher, M. (2012), S. 15

<sup>285</sup> Vgl. Wildemann, H. (2004), S. 45, zitiert in Schleicher, M. (2012), S. 14



Nach den vorhergehenden Ausführungen unterscheiden sich Systeme hinsichtlich struktureller und funktionaler Komplexität. Diese Merkmale werden wiederum durch Einflussfaktoren bestimmt, die sich auf deren Elemente und Relationen auswirken. Nachfolgende Abbildung stellt die Einflussfaktoren und deren Merkmale dar:

	<i>überwiegend strukturelle Komplexität</i>		<i>überwiegend funktionale Komplexität</i>	
<i>Einflussfaktoren</i>	<i>Vielzahl</i>	<i>Vielfalt</i>	<i>Veränderlichkeit</i>	<i>Vieldeutigkeit</i>
<i>Elemente-komplexität</i>	<i>Größe</i>	<i>Diversität</i>	<i>Dynamik</i>	<i>Freiheitsgrade</i>
<i>Relationen-komplexität</i>	<i>Kopplungsgrad</i>	<i>Divergenz</i>	<i>Chaos</i>	<i>Unschärfe</i>

Abb. 22: Einflussfaktoren auf die Systemkomplexität nach Kirchhof (e. D.)<sup>286</sup>

Die Begriffe definieren sich im Einzelnen wie folgt:

Vielzahl:	Anzahl der Elemente und Beziehungen
Größe:	Menge, Volumen, Häufigkeit, Breite, Länge, Dauer u. a.
Kopplungsgrad:	Dichte des Beziehungsnetzes (materiell, energetisch oder informatorisch)
Vielfalt:	Verschiedenartigkeit der Systeme (homogen-heterogen, wenig-hoch komplex)
Diversität:	Unterschiedlichkeit der Elemente und die Bandbreite
Divergenz:	Einflussfaktor zwischen den Beziehungen (positive oder negative Rückkopplung)
Veränderlichkeit:	Zeitverhalten der Systeme
Dynamik:	Veränderungsgeschwindigkeit, -richtung und -prinzipien
Chaos:	Grad der Unschärfe im Zeitablauf und der dynamischen Ordnung der Beziehungen
Vieldeutigkeit:	Einflussfaktor der strukturellen Komplexität im Erkennen von Unbestimmtheiten, Abhängigkeiten, Mustern und Risiken, und der Bestimmung der Umwelt-System-Ausschnitte
Freiheitsgrade:	Alternative Ausprägungsformen eines Elements oder Zustands
Unschärfe:	Unsicherheit der strukturellen und zeitlichen Zuordnung der Beziehungen oder Wirkungsabläufe

<sup>286</sup> Vgl. Kirchhof, R. (2003), S. 17–18

Ausgehend vom Begriff der Komplexität als Vielfalt von Elementen, Merkmalen und Verhaltensmöglichkeiten in einem Beziehungsgefüge wird diese Komplexität oftmals auch als Detailkomplexität beschrieben. Sie lässt eine Auswahl von Kombinationen aus diesen Bestandteilen zu und ermöglicht, eine Lösung aus einer Vielzahl von Möglichkeiten zu generieren.

Systeme finden wir bei Maschinen, Organismen und in sozialen Organisationen. Systeme sind ganzheitliche dynamische Einheiten. Sie besitzen Bestandteile, die untereinander verknüpft sind und sich gegenseitig beeinflussen. Die Eigenschaften eines Systems sind mehr als die Summe der Eigenschaften seiner Teile.<sup>287</sup>

Die Definition des Systems oder eines Teils liegt in der Wahrnehmung des Betrachters. Systeme sind selbsterzeugend und –erhaltend in Bezug zu den Grenzen ihrer Umwelt. Die Grenzen des Systems unterliegen der jeweiligen Betrachtung und müssen gedanklich konstruiert werden. Systemgrenzen sind notwendig zur Ausregelung der bestehenden Differenzen, da diese selbstreferenziell wirkt. Sie dient der Selbsterhaltung. Konditionierungen wirken einschränkend auf die Systeme und sind unverzichtbar. Das Verhalten eines Systems entsteht aus dem Zusammenwirken seiner Teile.<sup>288 289</sup>

Systeme sind strukturell an ihrer Umwelt orientiert. Ein System kann nur überleben, wenn es die Anpassungsfähigkeit zu seiner Umwelt besitzt. Systeme sind immer vorhanden, adaptiv und können ohne ihre Umwelt nicht bestehen. Komplexe Systeme müssen sich überdies nicht nur an die Umwelt, sondern auch an ihre eigene Komplexität anpassen. Ein System kann sich seiner Umwelt anpassen, aber die Umwelt kann sich auch dem System anpassen. Jedes System muss mit unvorhergesehenen Veränderungen (intern und extern) umgehen können. Interne Veränderungen können Unwahrscheinlichkeiten und Unzulänglichkeiten sein. Externe Veränderungen können andere Zielsetzungen oder Ansichten sein. Systeme müssen Sicherungsmaßnahmen entwickeln, die darauf abzielen, Störeinflüsse von innen und außen zu reduzieren. Komplexe Systeme sind zur eigenen Überlebensfähigkeit zur Selbstanpassung gezwungen.<sup>290</sup>

Die Zusammenhänge zwischen System und Komplexität können zusammenfassend in folgenden Punkten definiert werden:<sup>291</sup>

- In komplexen (»nichtlinearen«) Systemen können kleinste Veränderungen von Ursachen zu globalen Veränderungen führen. Systeme werden instabil und chaotisch.
- In komplexen (»nichtlinearen«) Systemen können Ordnungen entstehen, die nicht durch die Summe der Systemelemente erklärbar sind, sondern nur durch ihre komplexen Wechselwirkungen.
- Komplexitätsgrade der Dynamik und ihrer Attraktoren lassen sich vom stabilen Gleichgewicht über reguläre Schwankungen bis zum Chaos unterscheiden.
- Instabilität tritt an den Systemgrenzen bzw. Phasenübergängen auf.
- Komplexe Ordnungen lassen sich durch Ordnungsparameter charakterisieren.

---

<sup>287</sup> Vgl. Ulrich, H. & Probst, Gilbert J. B (1991), S. 36

<sup>288</sup> Vgl. Luhmann, N. (1994)

<sup>289</sup> Vgl. Borgert, S. (2013), S. 78

<sup>290</sup> Vgl. Luhmann, N. (1994)

<sup>291</sup> Vgl. Mainzer, K. (2008)

- Ordnungen entstehen ebenso wie Chaos und Zerfall in kritischen Zuständen (Attraktoren), die von Kontrollparametern eines Systems empfindlich abhängen oder sich selber organisieren.
- Menschen entscheiden und handeln bewusst oder unbewusst auf der Grundlage rechtlicher, kultureller und religiöser Wertvorstellungen. Diese Wertvorstellungen können als Ordnungsparemeter rechtlicher, kultureller und religiöser Dynamik dienen.

Selbstreferenz benötigt Einschränkungen. Sie zwingt die eigene Komplexität zur Selektion. Gute Voraussetzungen für höhere Ebenen der Systembildung bieten bereits von innen heraus unruhige Systeme. Steigen die internen und externen Differenzen in einem System, so steigt die Komplexität bis zu einem Maße, bei dem Komplexität in Chaos übergeht und somit das System sich selbst zerstört.<sup>292</sup>

Zur Abgrenzung des **Systembegriffs** für die weitere Betrachtung wird dieser durch folgende Arbeitsdefinition festgelegt:

Systeme haben eine Struktur. Sie besitzen eine Anzahl geordneter Elemente, die miteinander verknüpft sind. Diese bilden eine Einheit mit sämtlichen Relationen der Elemente. Systeme haben Ziele und erfüllen bestimmte Funktionen. Sie grenzen sich zu ihrer Umwelt deutlich ab.<sup>293</sup>

Statische Systeme sind stabile Systeme und verändern ihre Struktur nicht. Elemente und Relationen bleiben konstant. Dynamische Systeme sind instabile Systeme. Sie reagieren auf Veränderungen von innen und außen und können hierdurch ihre Eigenschaften verändern. Deterministische Systeme sind in ihrem Verhalten bestimmbar und aus dem vorhergehenden Zustand ableitbar. Stochastische Systeme sind nicht bestimmbar. Ihr Verhalten ist nur durch Prognose abschätzbar. Offene Systeme tauschen sich mit ihrer Umwelt aus. Sie besitzen mindestens eine Relation zu ihrem Umsystem oder einem Subsystem. Geschlossene Systeme haben keine Relationen zu anderen Systemen. Zwischen System und Subsystemen besteht eine Systemhierarchie, die eine detaillierte Betrachtung des Gesamtsystems zulässt.<sup>294 295</sup>

Zusammenfassend wird der Begriff der **Komplexität** für diese Arbeit wie folgt definiert:

Systeme können unterschiedliche Zustände einnehmen. Die Art und Anzahl der möglichen Zustände stellen die Komplexität eines Systems dar. Komplexität wird von drei wesentlichen Einflüssen getrieben:<sup>296</sup>

1. interdependente Vielfalt
2. verunsichernde Dynamik
3. begrenzte Wahrnehmung

---

<sup>292</sup> Vgl. Luhmann, N. (1994)

<sup>293</sup> Vgl. Bliss, C. (2000), S. 81 f.

<sup>294</sup> Vgl. Rosemann, M. (1996), S. 14 f.

<sup>295</sup> Vgl. Kirchhof, R. (2003), S. 8

<sup>296</sup> Vgl. Amann, W., et al. (2013), S. 32

Die Elemente eines Systems interagieren miteinander und mit ihrer Systemumwelt. Hieraus entsteht die Komplexität eines Systems. Vielzahl und Vielfalt der Elemente (Elementekomplexität) und ihrer Beziehungen (Relationenkomplexität) sowie die dynamische Veränderlichkeit der Elemente (Dynamik) und ihrer Beziehungen untereinander bestimmen die Komplexität des Systems. Diese Merkmale und Zusammenhänge beschreiben die strukturelle Komplexität eines Systems. Strukturelle Komplexität kann vieldeutig sein. Zum Umgang mit dieser ist daher hinsichtlich Erkennung, Darstellung und Behandlung eine Selektion erforderlich. Durch Selektion struktureller Komplexität wird funktionale Komplexität sichtbar.

Komplexität ist fundamentales Merkmal von Systemen. Gleichermaßen ermöglicht Komplexität die Beschreibung von Systemen und bietet somit die Basis für Lösungsansätze zum Umgang mit komplexen Systemen.<sup>297</sup>

---

<sup>297</sup> Vgl. Kirchof, R. (2003), S. 18

## 3 Berechenbarkeit, Wahrnehmung und Eigenschaften von Komplexität

### 3.1 Berechenbarkeit von Komplexität

Bezieht man die Frage nach Messung oder Berechenbarkeit von Komplexität auf den Bereich der Mathematik, so muss man diese auf den Bezug ihrer Lösbarkeit betrachten. Eine mathematische Berechenbarkeit wird durch ihre Funktion bestimmt. Die Anzahl der Determinanten, die ein Programm zu bearbeiten hat, ist eindeutig festgelegt. Maßgebend sind die Inputwerte. Je mehr Rechenschritte das Programm benötigt, desto höher die Komplexität des Programms.<sup>298</sup>

Überträgt man nun diese Definition auf gesellschaftliche Organisationen, so ergibt sich die Komplexität einer Aufgabe durch die Fähigkeit ihrer Erkennung und die Erfahrung des Betrachters mit ihrem Umgang. Die Anzahl der notwendigen Schritte sowie die Anzahl der daraus folgenden lösungsorientierten Handlungen sind bestimmend für die Komplexität einer Aufgabe. Verschiedene wissenschaftliche Arbeiten haben sich in den letzten Jahren mit der Thematik der Berechenbarkeit von Komplexität beschäftigt. Exemplarisch wird an dieser Stelle auf vier Arbeiten Bezug genommen und eine Kurzfassung der Inhalte reflektiert:

RAUFEISEN<sup>299</sup> definiert zur Messung eines Auftragsabwicklungsprozesses Komplexitätsgrade. Hierzu definiert, benutzt und validiert er Kennzahlen, die mithilfe einer Messung der Prozesse in drei Industrieunternehmen vorgenommen wurden.

KIRCHHOF<sup>300</sup> betrachtet die Komplexität von Unternehmen hinsichtlich eines ganzheitlichen Komplexitätsmanagements. Es werden die Wechselwirkungen der Unternehmenselemente hinsichtlich ihrer strukturellen Komplexität erfasst. Den Umgang mit diesen bezeichnet er als funktionale Komplexität. Das Erkennen von Komplexität, deren Bewertung und die Frage, wie Komplexität gestaltet, gelenkt oder beherrscht werden kann, ist Basis dieser Arbeit.

BANDTE<sup>301</sup> verweist auf die primäre Haltung, durch Komplexitätsreduzierung eine Vereinfachung im Umgang mit Komplexität zu erlangen. Er zeigt die Notwendigkeit zur ganzheitlichen Betrachtung von Systemen auf und die Notwendigkeit, Struktur und Verhalten gleichermaßen bei der Handhabung von Systemen zu verwenden. Es werden Simulationsmethoden zur Abbildung komplexer Systeme dargestellt und ein Modell auf agentenbasierter Simulation erarbeitet, die auf Basis einer Explikation von 12 Eigenschaften komplexer Systeme validiert werden.

SCHLEICHER<sup>302</sup> erstellt ein Modell zum Umgang mit Kalkulationskomplexität in Verknüpfung zwischen Bauwerks- und Prozesskomplexität. Es erfolgt eine Darstellung eines Standardprozesses und die Ermittlung eines Komplexitätsgrades. Durch Eliminieren von Leistungsschnittstellen erfolgt eine Redukti-

---

<sup>298</sup> Vgl. Mainzer, K. (2008), S. 17

<sup>299</sup> Vgl. Raufeisen, M. (1999)

<sup>300</sup> Vgl. Kirchhof, R. (2003)

<sup>301</sup> Vgl. Bandte, H. (2007)

<sup>302</sup> Vgl. Schleicher, M. (2012)

on der Kalkulationskomplexität. Ergänzend werden Hinweise zur ganzheitlichen Betrachtung und zum Umgang mit Komplexität gegeben.

### Beispiel zur Berechnung von Komplexität

Um die Berechenbarkeit anhand eines Beispiels zu erläutern, seien die Elemente = Knöpfe und die Relationen = Fäden. In einem Behälter befinden sich zwanzig Knöpfe. Es werden jeweils zwei beliebige Knöpfe aus dem Behälter entnommen und mit einem Faden verbunden. Dieser Vorgang wiederholt sich immer wieder. Mit hoher Wahrscheinlichkeit werden immer andere Knöpfe gewählt, als die zuvor verwendeten. Durch das Verbinden von zwei neuen Knöpfen mit den bereits vorhandenen Knöpfen bilden wir immer größere Einheiten (Cluster), die eine Komponente im geschaffenen System darstellen. Manche Knöpfe sind zu Zweier-, Dreier- oder größeren Gruppen verbunden. Manche Knöpfe haben keine Verbindung zu anderen Knöpfen.<sup>303</sup> Nachfolgende Abbildung veranschaulicht das Beispiel:

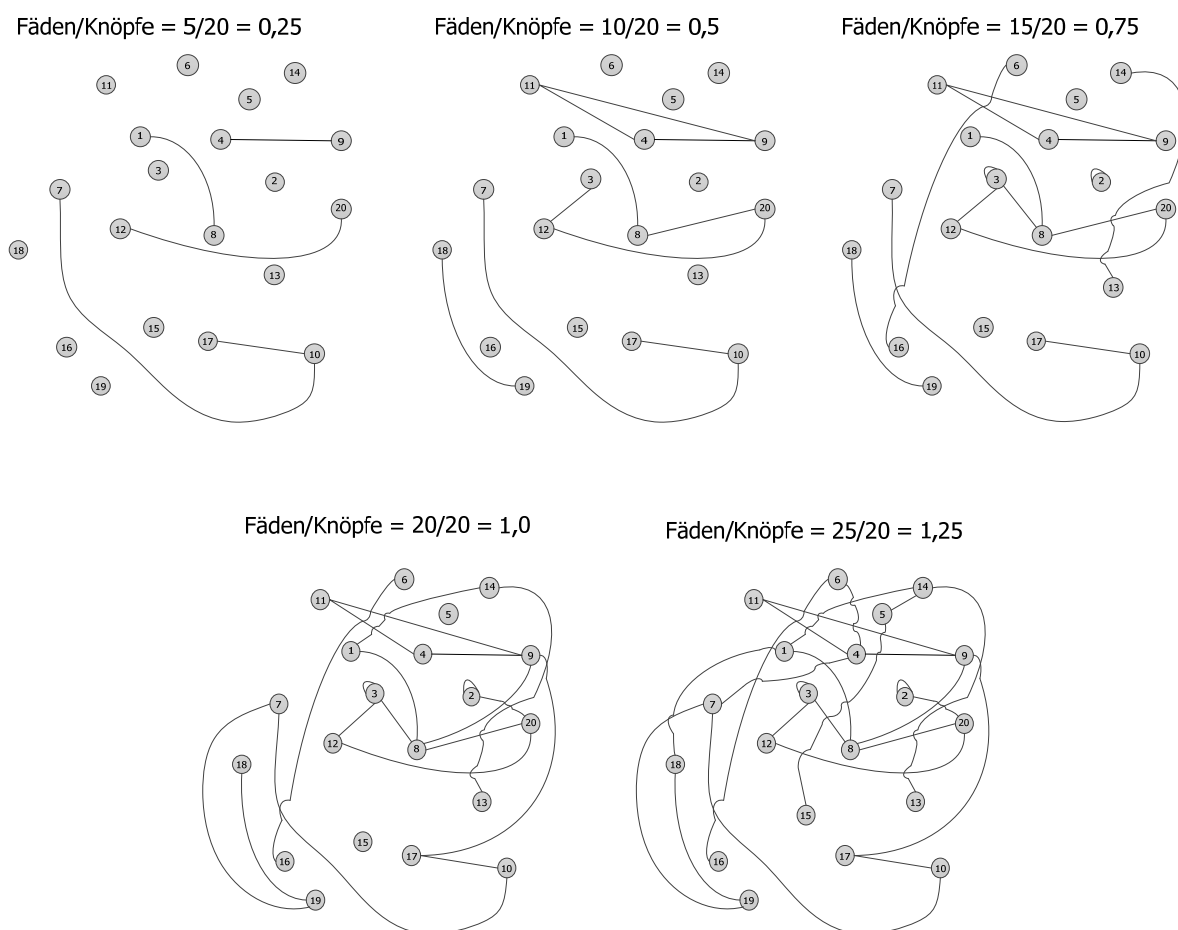


Abb. 23: Bildung von Netzwerken nach Kauffman (e. D.)<sup>304</sup>

<sup>303</sup> Vgl. Kauffman, S. A. (1998), S. 88

<sup>304</sup> Vgl. Kauffman, S. A. (1998), S. 89

Je mehr Kreuzverbindungen zwischen den Cluster entstehen, umso komplexer werden die Beziehungen. Erreicht das Verhältnis zwischen Fäden und Knöpfen einen Grenzwert von 0,5, wird ein Bereich erreicht, der das riesige Netzwerk zu einem undurchschaubaren System werden lässt, das weder determinierbar noch steuerbar ist. Dieser Bereich stellt einen Phasenübergang zwischen Komplexität und Chaos dar.<sup>305</sup>

Nachfolgende Abbildung zeigt den Phasenübergang zwischen Komplexität und Chaos:

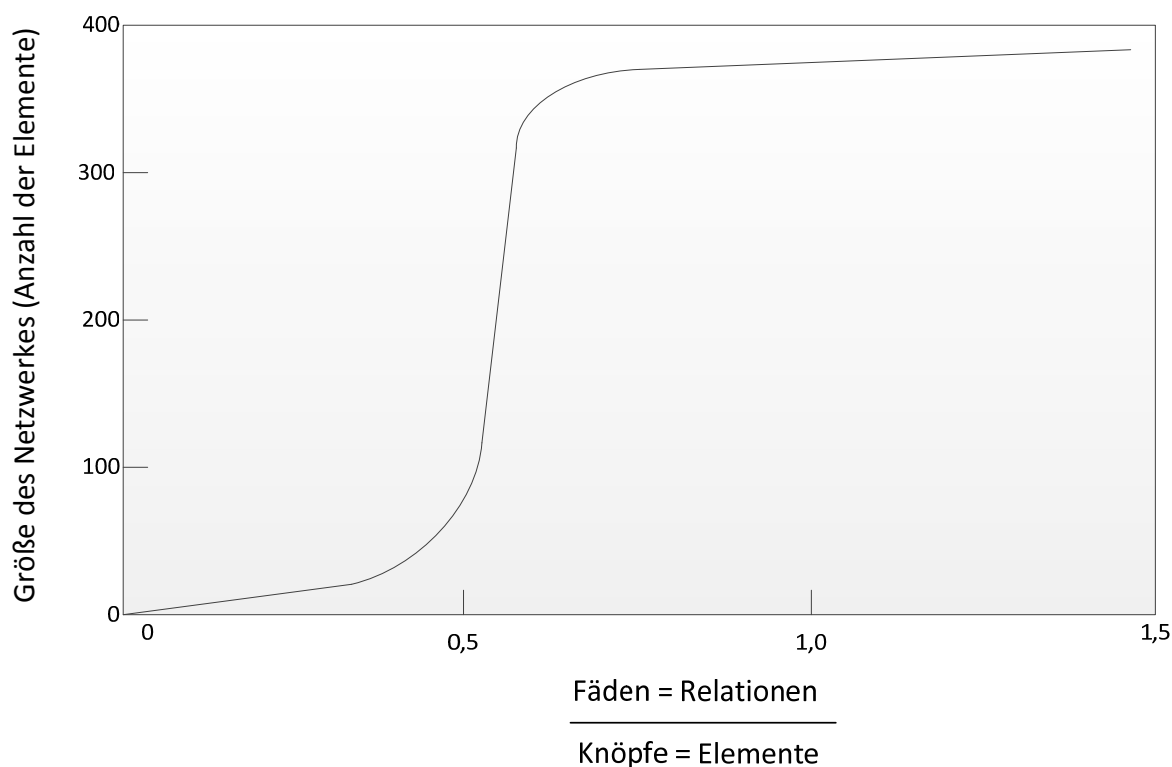


Abb. 24: Phasenübergang zur äußerst hohen Komplexität nach Kauffman (e. D.)<sup>306</sup>

### 3.1.1 Der Grad der Komplexität

Komplexität wird mithilfe eines Komplexitätsmaßes gemessen, der Varietät. Als Varietät bezeichnet man die Anzahl möglicher verschiedener Zustände, die ein System haben kann. Hat ein System wenig verschiedene Zustände, ist es einfach und umgekehrt. Aber auch von der Grundstruktur her einfache Systeme können eine sehr hohe Zahl von verschiedenen Zuständen besitzen. Geringe Veränderungen in der Struktur können somit die Komplexität eines Systems erheblich verändern. Ein komplexes System weist ein großes Verhaltensspektrum auf und kann variantenreicher auf Umweltveränderungen reagieren.<sup>307</sup>

<sup>305</sup> Vgl. Kauffman, S. A. (1998), S. 90

<sup>306</sup> Vgl. Kauffman, S. A. (1998), S. 91

<sup>307</sup> Vgl. Pruckner, M. (2002): "Die Management-Kybernetik und St.Gallen", [www.managementkybernetik.com/www.kybernetik.ch](http://www.managementkybernetik.com/www.kybernetik.ch) [zuletzt geprüft am: 01.06.2014]

### Ermittlung der Varietät nach BEER

Nach BEER<sup>308</sup> ergibt sich die Varietät ( $V$ ) eines Systems aus der Anzahl unterschiedlicher Beziehungen ( $\Sigma m$ ) zwischen der Anzahl unterschiedlicher Elemente ( $\Sigma n$ ) zu

$$V = \frac{\Sigma m \times \Sigma n \times (n-1)}{2} \quad (\text{Gl. 1})$$

Hieraus ermittelt sich beispielsweise für das Zusammenwirken von 7 verschiedenen Elementen, die jeweils nur bilaterale Beziehungen haben, also statisch wirken, eine Varietät von:

$$V = \frac{2 \times 7 \times (7-1)}{2} = 42$$

Sobald die Struktur dynamisch wird, also alle Elemente miteinander in Beziehung stehen, eine Varietät nach folgender Formel:

$$V_D = 2^V \quad (\text{Gl. 2}) \quad \text{also gemäß dem Beispiel:}$$

$$V_D = 2^{42} = 4.398.046.511.104$$

In sozialen Systemen gibt es in der Regel mehr als 2 Beziehungen untereinander. Zudem kommt noch die Möglichkeit, nicht „Ja“ oder „Nein“, sondern „vielleicht“ und „nur wenn..., dann...“ zu sagen. Hierdurch wird die Anzahl der möglichen Zustände unendlich groß und lässt sich mathematisch nur durch Zufallsberechnungen ermitteln.<sup>309</sup>

### Der Varietätsbegriff nach ASHBY

ASHBY'S<sup>310</sup> Grundbegriff der Varietät lässt eine Ermittlung eines Komplexitätsgrades zu, so dass die Varietät als Maßgröße für den Grad von Komplexität herangezogen werden kann. Bezogen auf sein Varietätstheorem („Nur Varietät kann Varietät beherrschen“) lassen sich aus den Varietäten von Konsequenzen ( $V_k$ ) und Störungen ( $V_s$ ) die Varietäten der möglichen Reaktionen eines Systems ( $V_r$ ) ermitteln. Es ergibt sich folgender Quotient:

$$V_k \geq \frac{\Sigma V_s}{\Sigma V_r} \quad (\text{Gl. 3})$$

$V_k$  = Konsequenzen

$V_s$  = Störungen

$V_r$  = Systemreaktion

Zwischen internen und externen Varietäten soll nach Möglichkeit ein Gleichgewichtszustand (Homöostase) herrschen. Weichen die Varietäten zu stark voneinander ab, so muss durch Dämpfung = Reduzierung der Varietät der Umwelt oder Verstärkung = Erhöhung der eigenen Varietät, in das System eingegriffen werden.<sup>311</sup>

<sup>308</sup> Vgl. Beer, S. (1994)

<sup>309</sup> Vgl. Grote, H. (2002): "Kostensenken mit KOPF: Kybernetische Organisation Planung und Führung", Patzer (September 2002), Berlin - Hannover, S. 47

<sup>310</sup> Vgl. Ashby, W. R. (1963)

<sup>311</sup> Vgl. Frahm, M. (2013), S. 49



## Ermittlung der Varietät nach FRAHM

FRAHM führt zur Messung der Komplexität die Maßgröße der Varietätszahl und des Varietätsgrads ein. Die Varietätszahl ermittelt sich aus dem Quotienten von Wechselbeziehungen (W) und Anzahl von Ordnungsebenen (OE) einer Systemstruktur. Der Varietätsgrad ist der Quotient aus Wechselbeziehungen (W) und Anzahl aller Netzknoten einer Systemstruktur. Je höher die Varietätszahl, umso höher die Komplexität in Abhängigkeit von Systemstruktur und Ordnungsebenen.<sup>312</sup>

$$V_z = \frac{\sum W_{ij}}{\sum OE_{ij}} \quad (\text{Gl. 4})$$

$$V_g = \frac{\sum W_{ij}}{\sum N_{ij}} \quad (\text{Gl. 5})$$

$V_z$  = Varietätszahl

$V_g$  = Varietätsgrad

$W_{ij}$  = Wechselbeziehungen

$OE_{ij}$  = Ordnungsebenen

$N_{ij}$  = Netzknoten

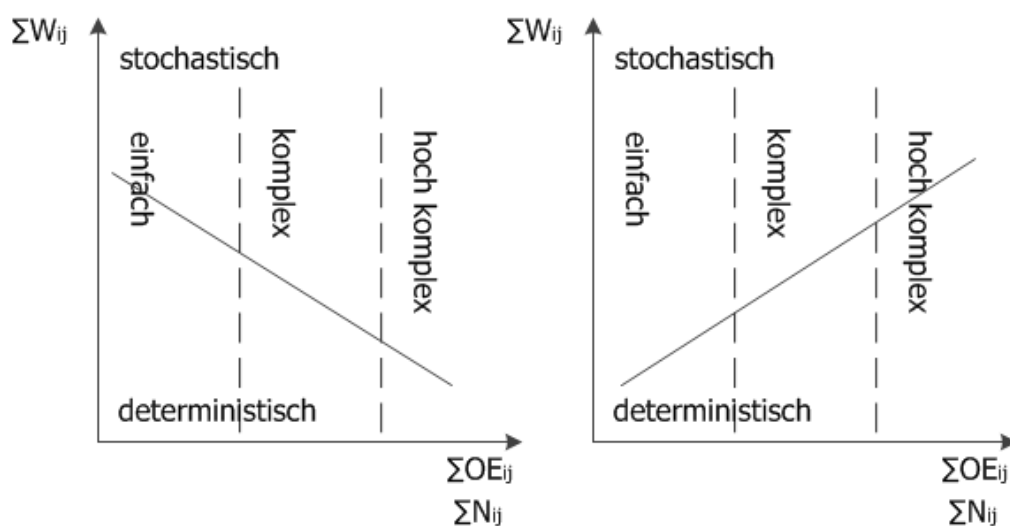


Abb. 25: Varietätsmessung nach Frahm (e. D.)<sup>313</sup>

<sup>312</sup> Vgl. Frahm, M. (2013), S. 19–20

<sup>313</sup> Vgl. Frahm, M. (2013), S. 19

### Beispiel zur Berechnung von Varietät

Systeme weisen oftmals statisch-strukturelle und dynamisch-strukturelle Komplexität auf. Statisch-strukturelle Komplexität ergibt sich aus der Vielzahl der Elemente und Beziehungen des Systems sowie deren mögliche Zustände. Für die Messbarkeit dieser Komplexität werden somit Anzahl von Elementen, Beziehungen und Zustände eines Systems benötigt. Ein Maß für die statisch-strukturelle Komplexität ist die Varietät<sup>314</sup>. Sie berücksichtigt die Bestandteile der Systeme hinsichtlich der sich daraus ergebenden Komplexität.<sup>315</sup>

Die statisch-strukturelle Komplexität soll anhand des nachfolgenden Beispiels mit fünf Glühbirnen erläutert werden.<sup>316 317</sup>

Ein System besteht aus fünf gleichen Glühbirnen, die den Systemzustand an/aus annehmen können. Es ergeben sich  $2^5 = 32$  mögliche Zustände. Nimmt man nun weitere Glühbirnen hinzu, verdoppelt jede zusätzliche Birne die Varietät des Systems:

$$\begin{aligned} 2^6 &= 64 \\ 2^7 &= 128 \\ 2^8 &= 256 \\ 2^9 &= 512 \\ 2^{10} &= 1.024 \text{ usw.} \end{aligned}$$

Verändert man den Systemzustand im ersten Fall durch 5 verschiedenfarbige Glühbirnen, ergeben sich  $5^5 = 3.125$  mögliche Zustände. Erhöht man nur die Anzahl der Glühbirnen auf 25, so ergibt sich in der ersten Variation  $2^{25} = 33.554.432$  (ca.  $3,35 \times 10^7$ ).

Als weiteres Beispiel kann ein Schachspiel mit 64 Feldern dienen. Auf einem übersichtlichen Spielfeld ergibt sich eine überschaubare Anzahl an Feldern und Figuren mit festgelegten Regeln. Aufgrund der vielfältigen Möglichkeiten ergibt sich eine Varietät von  $64^{64} = 3,94 \times 10^{115}$ .<sup>318</sup> Zum Vergleich: die Sterne der Milchstraße schätzt man auf  $10^{11}$  und die Fähigkeit des menschlichen Gehirns bei 10 Milliarden Gehirnzellen auf  $2 \times 10^{10}$ .<sup>319</sup>

Die Beispiele zeigen, dass eine Reduzierung der Anzahl an Elementen (Glühbirnen) und Verknüpfungen (mögliche Schaltkombinationen von „an“ und „aus“) zur Reduktion von Möglichkeiten und somit zur Reduzierung von Komplexität führen kann.<sup>320</sup> Diese Beispiele gehen jedoch von einer statisch-strukturellen Betrachtung aus, d.h. es wird nicht untersucht, ob die Zustände voneinander abhängig sind, also ob z. B. der Zustand „Glühbirnen aus“ vom vorherigen Zustand „Glühbirnen an“ abhängig ist. Berücksichtigt man diese Möglichkeiten, lässt sich Komplexität nicht mehr alleine durch die Varietät bestimmen.<sup>321</sup> Strukturelle Komplexität ist durch mögliche Zustandsveränderungen also nicht nur ein statisch-strukturelles sondern auch ein dynamisch-strukturelles Phänomen.

<sup>314</sup> Varietät als Komplexitätsmaß wurde von ASHBY eingeführt. Siehe dazu: Ashby, R. (1974), Einführung in die Kybernetik. Suhrkamp, Frankfurt a.M., 1974

<sup>315</sup> Vgl. Malik, F. (1998/2002): "Komplexität - was ist das?" [zuletzt geprüft am: 19.05.2015]

<sup>316</sup> Vgl. Malik, F. (2008), S. 169–171

<sup>317</sup> Vgl. Brandes, D. & Brandes, N. (2014), S. 25

<sup>318</sup> Vgl. Malik, F. (1998/2002): "Komplexität - was ist das?" [zuletzt geprüft am: 19.05.2015]

<sup>319</sup> Vgl. Malik, F. (2008), S. 169–171

<sup>320</sup> Vgl. Brandes, D. & Brandes, N. (2014), S. 25

<sup>321</sup> Vgl. Bliss, C. (2000), S. 95

In offenen Systemen sind künftige Zustände mit Eintrittswahrscheinlichkeiten belegt, die sich aus den Vorzuständen und den Umweltveränderungen ergeben. Man bezeichnet diese Veränderlichkeit als „dynamische Varietät“, definiert diese mit dem Begriff der „Entropie“. <sup>322</sup> In der Systemtheorie geht man davon aus, dass ein System aus vielen Mikrozuständen besteht, die im Gesamten einen Makrozustand darstellen. Ein System entwickelt sich aus der Kombination von Mikrozuständen, die am häufigsten sind und somit die höchste Eintrittswahrscheinlichkeit besitzen. Dynamische Systeme streben immer den Zustand einer maximalen Entropie an. Geschlossene Systeme besitzen im Gleichgewichtszustand ihre höchste Entropie und sind in sich homogen (z. B. chemische Reaktionen).

Reale Systeme können, quantitativ betrachtet, enorme Werte von Komplexität annehmen, wodurch diese unberechenbar werden. Zur Beschreibung dieser Systeme sind daher Vergleichbarkeiten wie Symmetrien oder Muster anzugeben. Durch diese Filter kann die „effektive Komplexität“ oder auch „aktuelle Komplexität“ eines Systems definiert werden. Ein System wird hiernach nur noch nach seinen Regelmäßigkeiten, also Struktur und Ordnung, beschrieben, wogegen die „potenzielle Komplexität“ ein Systemverhalten bei voller Entfaltung seiner Varietät darstellen würde. <sup>323</sup>

Im Zwischenergebnis der vorausgehenden Betrachtungen lässt sich für strukturelle Komplexität konstatieren, dass die Komplexität eines Systems steigt, wenn sich Anzahl und Art der Elemente, Anzahl und Verschiedenartigkeit der Beziehungen und die Wahrscheinlichkeit der möglichen zeitlichen Veränderungen erhöhen. <sup>324 325</sup>

### 3.1.2 Messbarkeit komplexer Bauvorhaben

#### Unterscheidung nach Objekt und Projekt

Bauprojekte sind zu unterscheiden nach dem Bauwerk (Objekt) als physisches Ergebnis einer realisierten Bauaufgabe und den hierzu erforderlichen Prozessen (Projekt). Große Bauvorhaben bestehen aus einer Vielzahl von unterschiedlichen Systemen. Für die weitere Betrachtung ist nun eine Unterscheidung zwischen Objekt (Bauwerk) und Projekt (Prozesse) erforderlich.

Als Elemente eines Bauwerks lassen sich die Elemente Form, Funktion und Struktur definieren. Instrumente hierfür sind Zeichnungen, Berechnungen und Beschreibungen, die durch die Planung von Architekten und Ingenieuren erstellt werden. Das Bauwerk stellt die realisierte Lösung einer Aufgabe dar, dessen Weg dorthin mithilfe von Entwurfs-, Vertrags- und Erstellungsunterlagen beschritten wurde. Ein Bauwerk ist dann zufriedenstellend, wenn es die Ziele der beschriebenen Elemente erfüllt.

Das Bauprojekt wird durch die Elemente der Kosten, Termine, Qualitäten und Quantitäten bestimmt. Das Ziel dorthin wird durch Organisation, Information, Koordination und Dokumentation beschritten und durch Verträge und Versicherungen umrahmt. Der Erfolg eines Projektes liegt in der Zielerreichung hinsichtlich der beschriebenen Elemente und wird durch das Projektmanagement sichergestellt. <sup>326</sup>

---

<sup>322</sup> Thermodynamisch bezeichnet Entropie eine physikalische Größe, die die Verlaufsrichtung eines Wärmeprozesses kennzeichnet; in der Informationstechnik ist Entropie ein Maß für die Informationsdichte, den Informationsgehalt eines Zeichensystems;

<sup>323</sup> Vgl. Gell-Mann, M. (1995)

<sup>324</sup> Vgl. Kirchhof, R. (2003), S. 14–15

<sup>325</sup> Vgl. Dörner, D. (2012), S. 61

<sup>326</sup> Vgl. Volkmann, W. & Schneider, W. (2013): "Kurzanleitung Prozessorientiertes Bauprojektmanagement", 1. Auflage, DVP-Verlag, Berlin, S. 1

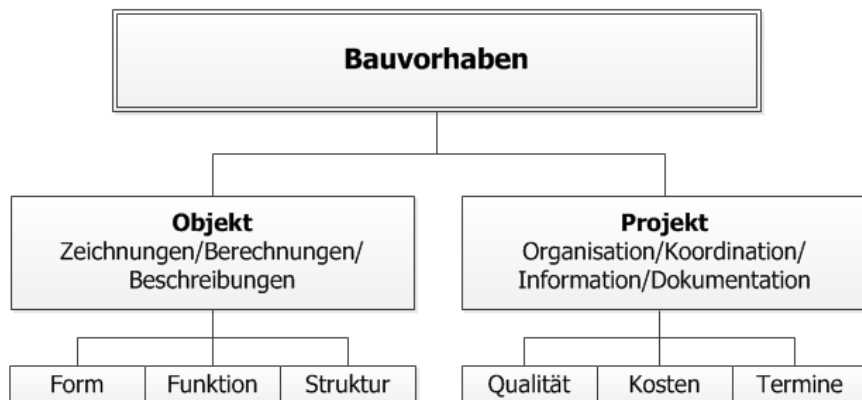


Abb. 26: Elemente eines Bauvorhabens nach Volkmann (e. D.)<sup>327</sup>

In Bauvorhaben kommen somit strukturelle und funktionale Abhängigkeiten zusammen, die in Betrachtung der jeweiligen Systemabgrenzung sich in Form von struktureller und funktionaler Komplexität darstellen. Auf die unterschiedlichen Darstellungen wird im Folgenden differenziert eingegangen und hinsichtlich ihrer Messbarkeit untersucht.

Eine Bewertung von Komplexität kann nur dann stattfinden, wenn diese als solche erkannt und als Kriterium anerkannt wird. Nicht alleine die Möglichkeit zur Berechnung ist ausschlaggebend, ob am Ende des Rechenprogrammes eine verwendbare Lösung vorliegt. Aus Zahlensystemen lassen sich nicht alle Wahrheiten formal ableiten. Es bestehen Grenzen menschlicher und maschineller Erkenntnis und somit zur Fähigkeit der Erkennung von Komplexität in Systemen.<sup>328</sup>

Ein Objekt hat eine Vielzahl verbundener Bauteile, die sich aus den Bedarfsanforderungen im Rahmen der Zieldefinition ergeben, in der Planung definiert und in der Ausführung Gestalt annehmen. Ein fertiges Bauwerk bildet eine Struktur mit Verbindungen und stellt ein System geringer Dynamik dar. Bei der Erstellung wirkt jedoch eine Vielzahl von Teilsystemen an Planung und Durchführung mit und führt durch Veränderungen an den Zielsetzungen (z. B. Nutzerwünsche) oder notwendigen technischen Anpassungen (z. B. Gesetzesänderungen) zu Abweichungen in den geplanten Strukturen (Störgrößen). Es können hierdurch neue Elemente und Leistungen entstehen, die ihrerseits wieder zu Veränderung innerhalb des Beziehungsgefüges führen können und das System Bauwerk am Ende anders aussehen lassen, als ursprünglich geplant war.

Mit zunehmendem Baufortschritt nimmt der Baukörper abschnittsweise verschiedene Systemzustände an, wie z. B. Rohbau oder geschlossene Gebäudehülle. Durch die auf das System „Objekt“ einfließenden Störgrößen ist von einer stochastischen Verhaltensweise auszugehen, da die eintretende Dynamik eine deterministische Planung nur begrenzt zulässt. Das resultierende System, also das fertige Objekt, kann am Ende ein anderes Aussehen haben und die Prozessveränderungen zu unvermeidbaren Mehrkosten oder Verzögerungen führen.<sup>329</sup>

Die beschriebene Dynamik durch kontinuierlichen Materialzuwachs, Informationsaustausch und Personalveränderungen lässt für Bauwerke grundsätzlich eine Betrachtung als offene Systeme und somit komplexe Systeme zu. An die Errichtung von Bauwerken werden besondere Anforderungen gestellt.

<sup>327</sup> Vgl. Volkmann, W. (2016): "Projektmanagement von Immobilienprojekten", [http://www.volkmann-pm.de/images/kunde/pdfs/PM\\_Grundlagen\\_2016.pdf](http://www.volkmann-pm.de/images/kunde/pdfs/PM_Grundlagen_2016.pdf) [zuletzt geprüft am: 17.01.2017]

<sup>328</sup> Vgl. Mainzer, K. (2008), S. 22

<sup>329</sup> Vgl. Schleicher, M. (2012), S. 16

So sind - neben vertragsrechtlichen Grundlagen und gesetzlichen Grundlagen - auch spezifische Randbedingungen, wie das Grundstück oder die Infrastruktur, maßgebend. Diese Rahmenbedingungen zeigen auf, dass zwischen dem Objekt und seiner Umwelt Beziehungen bestehen, die über die Systemgrenzen des Bauwerkes hinausgehen. Zerlegt man das System des Objektes Bauwerk in seine Einzelteile, treten Systemhierarchien und Subsysteme auf. So kann man den Rohbau, die Fassade oder die Heizungsanlage als ein solches Subsystem auffassen. Teilt man diese Subsysteme weiter, so ergeben sich Subsysteme wie verschiedene Gewerke, die zur Erstellung notwendig werden. Ein Beispiel hierzu seien Mauer-, Beton- oder Zimmerarbeiten am Rohbau. Systemtheoretisch besitzen komplexe Systeme eine Reihe charakterisierender Merkmale, die bei einfachen Systemen nicht vorkommen. Einfache Systeme lassen eine deterministische Betrachtung zu, da deren Output direkt einem bekannten Input zuzuordnen ist. Bei komplexen Systemen sind dagegen bei gleichem Input mehrere Outputvarianten möglich.<sup>330</sup>

Einfache Systeme weisen nur wenige Elemente mit gleichzeitig wenigen Verknüpfungen auf, wogegen komplizierte Systeme viele Elemente mit vielen Verknüpfungen beinhalten. Beiden gemein ist strukturell keine bzw. eine geringe Dynamik. Komplexe Systeme vereinen eine sehr hohe Anzahl an Elementen und Verknüpfungen mit einer hohen Eigendynamik durch ständige Veränderungen in der Systemstruktur. Nimmt diese Vielzahl und Dynamik weiter zu, werden diese Systeme immer komplexer, bis sie nicht mehr determinierbar und weder vorhersehbar noch zu steuern sind. Nachfolgende Abbildung veranschaulicht die Systemvarianten und die Wirkung von Komplexität und Dynamik.<sup>331</sup>

Ausgehend von den Forschungen von BERTELSEN<sup>332</sup> kommt SCHLEICHER<sup>333</sup> zur Erkenntnis, dass die Komplexität in Bauvorhaben stattfindet im

- Bauprozess (construction process),
- Produktionssystem (production system) und im
- sozialen System (social system)

Diese Erkenntnisse führen für die weiteren Betrachtungen von Komplexität in Bauvorhaben zu nachfolgender Darstellung:

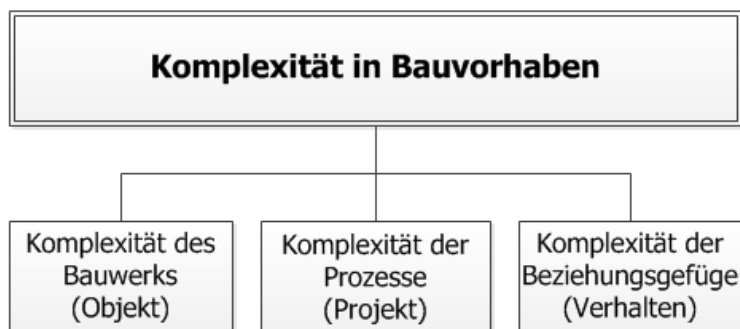


Abb. 27: Komplexität in Bauvorhaben (e.D.)

<sup>330</sup> Vgl. Schleicher, M. (2012), S. 17

<sup>331</sup> Vgl. Schleicher, M. (2012), S. 18

<sup>332</sup> Vgl. Bertelsen, S. (2003): "Construction as a Complex System", <http://leanconstruction.dk/media/16764/Construction%20as%20a%20Complex%20System.pdf> [zuletzt geprüft am: 23.01.2016]

<sup>333</sup> Vgl. Schleicher, M. (2012), S. 19

### Ermittlung der Bauwerkskomplexität

Die dargelegten Ausführungen bestätigen die Aussage, dass Bauwerke aufgrund ihrer Eigenschaften als komplexe Systeme zu definieren sind. Ausgehend von der Betrachtung struktureller Komplexität spiegelt sich diese in der objektiven Struktur eines Systems wider. Überträgt man diese Betrachtung auf ein Bauwerk, ergibt sich - neben den Zielsetzungen der Auftraggeber (hier: Umwelteinflüsse) und den auszuführenden Teilleistungen (hier: Elemente) - eine Vielzahl von Schnittstellen (hier: Relationen), die ursächlich für die Bauwerkskomplexität sind. Da die Schnittstellen bei jedem Bauwerk unterschiedlich sind, ergibt sich somit für jedes Bauwerk eine eigene Bauwerkskomplexität.<sup>334</sup>

Nach BUBENIK sind die Abhängigkeiten zwischen zu erbringenden Teilleistungen und den davon abhängigen Prozessen technologisch, produktionstechnisch oder funktional begründet. Folgende Einflussfaktoren sind hierbei zu beachten:

- Bauwerksgeometrie
- Bauwerkskonstruktion
- Bauwerkszusammensetzung sowie chemisches und physikalisches Verhalten
- Bauwerkseigenschaften aus konstruktiver und bauphysikalischer Sicht
- Produktionsverfahren
- Immaterielle Funktionen, wie z. B. Gestaltung

Dies bedeutet letztlich, dass Bauwerkskomplexität aus der Vielzahl der technologischen Schnittstellen entsteht, die über den Projektlaufzyklus entstehen. Da diese Schnittstellen sich aus dem Bauwerk selbst ergeben, lässt sich schließen, dass die entstehende Komplexität innerhalb der Strukturen nicht reduzierbar ist. Reduzierbar sind jedoch die aus dem Prozess entstehenden Schnittstellen, die sich aus der Aufbauorganisation begründen. Diese sind veränderbar oder sogar eliminierbar.<sup>335</sup>

SCHLEICHER kommt unter Betrachtung der Teilsysteme Rohbau, Gebäudehülle, Technische Gebäudeausrüstung (TGA) und Ausbau sowie einer weiteren Untergliederung nach 35 Fachgewerken nach der VOB/C<sup>336</sup> zu folgendem Berechnungsmodell:<sup>337</sup>

Aus der Anzahl der im System vorhandenen Schnittstellen  $LS_S$  und der Anzahl der eingesetzten Gewerke  $G_S$  ergibt sich somit die Bauwerkskomplexität  $K_S$  zu:

$$\text{Bauwerkskomplexität } K_S = \frac{\text{Anzahl der Schnittstellen im Bauwerkssystem } LS_S}{\text{Anzahl der beteiligten Gewerke } G_S} \quad (\text{Gl. 6})$$

In Bezug auf die im Beispiel betrachteten Teilsysteme ergibt sich die Anzahl der Schnittstellen aus Addition der jeweiligen Subsysteme zu:

$$\text{Anzahl der Schnittstellen } LS_S = \sum LS_i = LS_{\text{Rohbau}} + LS_{\text{Hülle}} + LS_{\text{TGA}} + LS_{\text{Ausbau}} \quad (\text{Gl. 7})$$

Die im Beispiel betrachteten Gewerke der Teilsysteme ergeben sich aus Addition in einer Summe zu:

<sup>334</sup> Vgl. Schleicher, M. (2012), S. 20

<sup>335</sup> Vgl. Bubenik, A. (2001): "Die Fassade und ihr Einfluss auf die schlüsselfertige Bauausführung", Driesen, Taunusstein, S. 129

<sup>336</sup> Vgl. BMJV - Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz [Hrsg.] (2012): "VOB - Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen"

<sup>337</sup> Vgl. Schleicher, M. (2012), S. 21

$$\text{Anzahl der Gewerke } G_S = \sum G_i = G_{\text{Rohbau}} + G_{\text{Hülle}} + G_{\text{TGA}} + G_{\text{Ausbau}} \quad (\text{Gl. 8})$$

Somit ermittelt sich die Bauwerkskomplexität  $K_S$  zu:<sup>338</sup>

$$\text{Bauwerkskomplexität } K_S = \frac{\sum LS_i = LS_{\text{Rohbau}} + LS_{\text{Hülle}} + LS_{\text{TGA}} + LS_{\text{Ausbau}}}{\sum G_i = G_{\text{Rohbau}} + G_{\text{Hülle}} + G_{\text{TGA}} + G_{\text{Ausbau}}} \quad (\text{Gl. 9})$$

Abgeleitet aus dem Varietätstheorem (vgl. Kap. 3.1.1) lässt sich also die strukturelle Komplexität eines Bauwerks berechnen. In Bezug auf das vorhergehende Beispiel definiert sich der Komplexitätsgrad eines Bauwerks in vereinfachter Form durch die Aussagen:<sup>339</sup>

- Je mehr Schnittstellen bei gleicher Anzahl von Gewerken, desto höher die Bauwerkskomplexität
- Je weniger Gewerke bei gleicher Anzahl von Schnittstellen, desto höher die Bauwerkskomplexität

### 3.1.3 Messbarkeit komplexer Projektprozesse

#### Ansätze zur Komplexitätsmessung

In der Informatik betrachtet man die Komplexität eines Systems hinsichtlich der Möglichkeit und des Aufwandes einer Berechnung. Hierzu wurden Grade der Berechenbarkeit eingeführt und in Komplexitätsklassen eingeteilt. Je nach Länge des Berechnungsalgorithmus (Anzahl der Rechenschritte) ergeben sich unterschiedliche Rechenzeiten, die als Basis für eine Einteilung nach Komplexitätsgraden dienen. Die Rechenzeit wächst nicht linear sondern potenziell. In der Programmiersprache werden Dezimalzahlen unter Verwendung von Binärzahlen codiert. Beispielsweise entspricht so die Binärzahl  $101 = 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0$  der Dezimalzahl  $= 5 \cdot 10^0$ . Die Länge des Algorithmus kann so gemessen und bewertet werden. In diesem Beispiel hat der binäre Code 101 die Länge  $= 3$ .<sup>340</sup>

SCHLEICHER<sup>341</sup> beschreibt drei Ansätze zur Messung von Komplexität, die in der Literatur existieren: EPK, Raufeisen und KIA. Die einzelnen Ansätze werden nachfolgend kurz erläutert und bewertet:

#### Komplexitätsbestimmung mittels EPK<sup>342</sup>

Mit Unterstützung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) wurde 2004 der PESOA<sup>343</sup>-Forschungsbericht<sup>344</sup> veröffentlicht. Hier wurde eine Methodik zur Umfangsbestimmung von Projekten und Produkten für prozessorientierte Softwareprodukte entwickelt, um hieraus Aufwandsprognosen und Kostenvorhersagen zu ermitteln. Das Verfahren klassifiziert die vorliegende Datenbasis anhand ihrer Komplexität. Ein Beispiel hierzu kann nachfolgender Abbildung entnommen werden:

<sup>338</sup> Vgl. Schleicher, M. (2012), S. 22

<sup>339</sup> Vgl. Schleicher, M. (2012), S. 23

<sup>340</sup> Vgl. Mainzer, K. (2008), S. 19

<sup>341</sup> Vgl. Schleicher, M. (2012), S. 139

<sup>342</sup> EPK = Ereignisgesteuerte Prozesskette

<sup>343</sup> PESOA = Process Family Engineering in Service-Oriented Applications

<sup>344</sup> Franczyk, B., et al. (2004): "Metriken der Umfangsmessung und Analyse der Stakeholder" (PESOA-Report No. TR13/2004)

Knoten Konnektoren	$2 \geq 9$	$10 \geq 19$	$> 20$
0	gering	gering	mittel
$1 \geq 5$	gering	mittel	hoch
$> 5$	mittel	hoch	hoch

Tab. 01: Klassifizierung prozessorientierter Funktionstypen nach Franczyk (e. D.)<sup>345</sup>

### Komplexitätsmessung nach Raufeisen<sup>346</sup>

Jeder Prozess besteht aus messbaren Eingaben (Input) und messbaren Ausgaben (Output), wobei dies für alle Teilschritte ebenso gilt. Jede Eingabe hat einen oder mehrere Lieferanten, die für den Input verantwortlich sind, und jede Ausgabe einen oder mehrere Kunden, die das Ergebnis im Output erhalten. Ein Prozess wird somit oftmals durch externe Einflüsse (Start und Ende) ausgelöst, bei dem ein Objekt durch die Vorgänge im Prozess vom Ausgangszustand in einen Endzustand überführt wird. Jeder Prozess durchläuft eine Zeitspanne. In einen Prozess der Produktion fließen Materie und Energie in Form von unterschiedlichen Leistungen durch Menschen und Maschinen sowie Hinzunahme von Material. In der Betriebswirtschaft nennt man diesen Zuwachs ‚Wertschöpfung‘. Das Zusammenwirken von Mensch und Maschine ist geprägt durch Rahmenbedingungen, wie Ziele, Regeln und Direktiven, die das Zusammenwirken beeinflussen.<sup>347</sup>

RAUFEISEN definiert ein Modell zur Komplexitätsmessung des Auftragsabwicklungsprozesses. Systemtheoretisch werden hier Prozesse als offene Systeme definiert. Drei Modelle beurteilen aus verschiedener Sicht die Komplexität der Systeme, wobei jedoch nur die statische und nicht die dynamische Komplexität betrachtet wird. Eine detaillierte Analyse der Aktivitäten in den unterschiedlichen Teilprozessen bildet die Voraussetzung für die Bestimmung der Komplexität, wobei zwischen wertschöpfenden und nichtwertschöpfenden Tätigkeiten unterschieden wird. Wertschöpfend sind Aktivitäten, die den Informationswert erhöhen und somit den Nutzen steigern. Nicht wertschöpfend sind alle anderen Tätigkeiten wie z. B. Warte- und Transportzeiten, Kontroll- und Prüfzeiten oder Such-, Koordinations- und Abstimmungszeiten. Raufeisen unterscheidet hierbei zwischen operativer, schnittstellenbezogener und zeitorientierter Komplexität.

1. Bei der operativen Komplexität bilden die Aktivitäten eines Prozesses die Prozesselemente, die sich ein- oder wechselseitig beeinflussen. Die durchschnittliche Anzahl der Beziehungen je Aktivität bildet die Komplexität aus, wobei nichtwertschöpfende Aktivitäten durch einen Ineffizienzfaktor berücksichtigt werden. Ermittelt sich aus den Relationen von Beziehungen und Aktivitäten ein Wert größer 1, liegen sehr hohe Vernetzungen zwischen den Aktivitäten und eine hohe Anzahl an Beziehungen vor.
2. In der schnittstellenbezogenen Komplexität betrachtet man die Anzahl der am Prozess beteiligten Abteilungen und Mitarbeiter einer Aufbauorganisation sowie die Anzahl der Beziehungen dieser untereinander. Schnittstellen entstehen aufgrund benötigter, verschiedener Spezialisierungserfordernisse im Prozessablauf. Das Modell misst die Komplexität aus den sich durch die

<sup>345</sup> Vgl. Franczyk, B., et al. (2004), S. 59

<sup>346</sup> Vgl. Raufeisen, M. (1999)

<sup>347</sup> Vgl. Raufeisen, M. (1999), S. 39



Arbeitsteilung ergebenden Schnittstellen. In die Betrachtung gehen die durchschnittliche Anzahl der Beziehungen zwischen den Abteilungen als auch zwischen den Mitarbeitern im Prozess mit ein.

3. Die zeitorientierte Komplexität geht auf die Prozesskette ein, die sich aus Teilprozessen zusammensetzt. Für jeden Teilprozess werden die Durchlaufzeiten gemessen, sodass sich in Addition die Prozessdauer für den gesamten Prozess ermittelt. Durch dieses Vorgehen wird das ressourcengebundene Zeitvolumen ermittelt. Der Teilprozess ist auf Beanspruchung von Personalkapazitäten hin zu untersuchen und eine Zeitanalyse der beteiligten Mitarbeiter und der jeweiligen Tätigkeiten durchzuführen.

### Komplexitäts-Index-Analyse (KIA) nach Kaufmann<sup>348</sup>

Bei komplexen bzw. nicht standardisierten Prozessabläufen versagen oftmals die Methoden der Zeitmessung. Für eine Prozesskostenrechnung werden jedoch die Durchlaufzeiten der einzelnen Aktivitäten und die daraus resultierende Personalressource benötigt. Die KIA-Methode nach Kaufmann ermittelt daher Prozesszeiten ohne direkte Messung oder Schätzung. Sie eignet sich daher auch für strategische Berechnungen zur Optimierung von Geschäftsprozessen.

### Bewertung der unterschiedlichen Ansätze

In der Bewertung dieser drei Ansätze zur Komplexitätsmessung kommt SCHLEICHER<sup>349</sup> zu folgenden Erkenntnissen: Die Eignung der beschriebenen Methoden für die Übertragung auf die Zielsetzung der Aufgabenstellung ist Voraussetzung für die weitere Betrachtung. Nicht jeder der Ansätze bietet sich für die Verwendung an. Zu berücksichtigen ist daher die Möglichkeit der Anwendung auf die Komplexität der Aufbau- und Ablauforganisation der betrachteten Prozesse. Es ergeben sich folgende Schlussfolgerungen:

- EPK nach PESOA eignet sich zur Bestimmung der Komplexität von Ablauforganisationen. Sie ist leichter verständlich und einfacher anzuwenden als die Methode von Raufeisen.
- Die schnittstellenbezogene Methode nach Raufeisen ermöglicht eine Messung der Komplexität innerhalb der Aufbauorganisation. Notwendig sind hierzu jedoch eine umfangreiche Analyse und Modellierung der zu betrachtenden Prozesse und die Bildung einer Vielzahl von Parametern. Der hiermit verbundene hohe Aufwand und die weitestgehend nicht standardisierten Prozesse in der Bauwirtschaft lassen eine Verwendung im Bereich dieser Branche eher nicht zu. Dieser Ansatz wird daher nicht weiter betrachtet.
- Die Zeioptimierungsansätze nach der KIA-Methode treffen nicht die Zielsetzung der vorliegenden Arbeit und werden daher nicht weiter verfolgt. Dies gilt ebenso für die zeitorientierte Komplexität nach Raufeisen.

Aufgrund dieser Erkenntnisse wird die EPK-Methode nach PESOA einer weitergehenden Betrachtung unterzogen, da sie für die Ermittlung von Komplexität in Bauprozessen die vielversprechendere Variante darzustellen scheint.

---

<sup>348</sup> Vgl. Kaufmann, L.: "Komplexitäts-Index-Analyse von Prozessen. Eine Methode zur Ermittlung von Ressourcenbeanspruchungen im Rahmen des Prozeß(kosten)managements" in, 212–221

<sup>349</sup> Vgl. Schleicher, M. (2012), S. 143

### Prozesskomplexität eines Systems

Prozess (lat. „procedere“) ist ein Synonym für einen Vorgang, Verlauf oder einer Entwicklung und stellt den Ablauf eines Geschehens dar. Somit lässt sich ein Prozess als Vorgang mit festem Start und Ende definieren, wobei ein Input durch verschiedene Aktivitäten in einen Output transferiert wird. Ein Prozess lässt sich daher durch die Faktoren Input, Aktivität und Output beschreiben, die innerhalb der definierten Systemgrenzen erfolgen. Folgende Festlegungen für die Abgrenzung des Prozessumfangs können daher getroffen werden:<sup>350</sup>

- Der betrachtete Prozess verläuft ausschließlich innerhalb der Systemgrenze
- Die Komplexität eines Prozesses ist mit der eines anderen vergleichbar, wenn der Aufgabenumfang bei vorgegebenem Input und Output vergleichbar ist
- Externe Prozesse haben entweder eine externe Eingabe oder eine externe Ausgabe
- Bidirektionale Prozesse haben eine externe Eingabe und eine externe Ausgabe
- Die zählenden Elemente eines Prozesses können hinsichtlich ihrer Komponenten eine homogene (vertikale) oder heterogene (horizontale) Strukturierung aufweisen
- Betrachtet werden zusammenhängende Prozessabläufe innerhalb der Systemgrenze

Komplexe Prozesse zeichnen sich durch eine hohe Vernetzung (Beziehungsflechte und Beziehungsreichtum) und eine damit verbundene Dynamik aus. Die Vielzahl unterschiedlicher Prozesselemente und Vielzahl möglicher Zustände (Varietäten) eines Prozesses bestimmen dessen Komplexität. Zur Bestimmung struktureller Prozesskomplexität werden generische Prozesselemente benötigt, um die Modellierung zur Prognostizierung zu vereinheitlichen. Basis dieser Modelle ist das in nachfolgender Abbildung dargestellte Prozessmodell aus Knoten, Konnektoren und Kanten.<sup>351</sup>

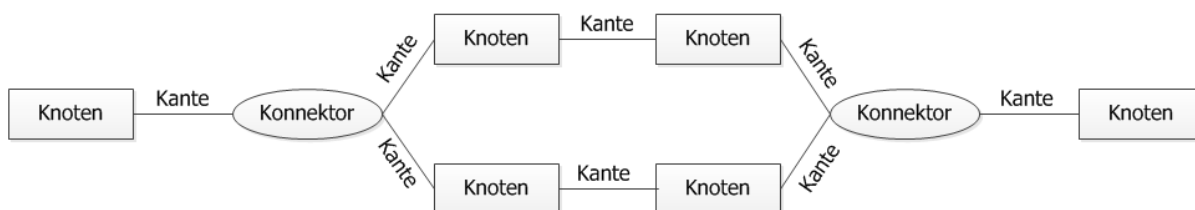


Abb. 28: Generische Prozesselemente nach Franczyk (e. D.)<sup>352</sup>

Die hier dargestellten Knoten symbolisieren die Zustände von Prozessobjekten, die durch Konnektoren verbunden sind. Die Kanten repräsentieren die Beziehungen oder Verknüpfungen innerhalb des Prozesses. Ihre Anzahl ist direkt abhängig von Anzahl und Art der Konnektoren. Somit werden diese in der weiteren Betrachtung der Komplexitätsbestimmung nicht berücksichtigt. Auswertungen verschiedener Prozessketten führen zu unterschiedlicher Klassifizierung prozessorientierter Funktionstypen.

<sup>350</sup> Vgl. Franczyk, B., et al. (2004), S. 49–50

<sup>351</sup> Vgl. Franczyk, B., et al. (2004), S. 50–51

<sup>352</sup> Vgl. Franczyk, B., et al. (2004), S. 51

### Ermittlung der Prozesskomplexität

Im PESOA-Report wird über die Function Point Analyse (FPA)<sup>353 354</sup> der fachlich-funktionale Umfang eines informationstechnischen Systems ermittelt. Hierbei wird ein Prozess in kleinste Aktivitäten (Elementarprozesse) zerlegt und die Inputelemente (Daten) definiert. Die sich aus der Ermittlung ergebende Summe dient zur Bestimmung der Komplexität innerhalb des Prozesses und ergibt ein Komplexitätsmaß.

In diesem datenorientierten Verfahren basiert die Komplexität auf der Anzahl folgender Elemente:

- Daten-Element (DE) = eindeutig definiertes Element
- Element-Untergruppe (EU) = eindeutig erkennbare DE-Untergruppe

Aus dem Beispiel in nachfolgender Klassifizierungsmatrix ergibt sich für 25 Datenelemente und 1 Element-Untergruppe, eine geringe Komplexität. Bei gleicher Anzahl Datenelemente und 2 Element-Untergruppen jedoch bereits eine mittlere Komplexität.<sup>355</sup>

DE \ EU	1 ≥ 19	19 ≥ 50	> 50
0	gering	gering	mittel
2 ≥ 5	gering	mittel	hoch
> 5	mittel	hoch	hoch

Tab. 02: Klassifizierung datenorientierter Funktionstypen nach Franczyk (e. D.)<sup>356</sup>

Über die FPA-Methode lassen sich somit Bewertungsmaßstäbe für die Gewichtung der Komplexität von Prozessen darstellen. Vergleicht man nun Prozesse untereinander, so lässt sich zwischen einem Vergleichsprozess und dem Standardprozess ein komplexitätsabhängiger Korrekturfaktor (KV) ermitteln, der mit der Anzahl variabler Datenelemente oder -gruppen korrespondiert. Hierzu eignet sich folgende Gleichung:

$$PFP_{var} = \frac{KV \times \text{Umrechnungsfaktor}}{IH} \quad (\text{Gl. 10})$$

*KV* = Komplexitätsabhängiger Korrekturfaktor für variable Elemente

*PFP* = Prozessfamilienpunkte (Anzahl der Elemente)

*IH* = Implementierungshäufigkeit (Anzahl gleicher, sich wiederholender Elemente)

Die Ermittlung der für den Vergleich benötigten Informationen erfolgt auf Basis einer Darstellung der Prozessabläufe. Hierbei wird zunächst ein Standardprozess definiert und die Veränderungen aus die-

<sup>353</sup> Vgl. Weigand, F.: "Aufwandsschätzung in IT-Großprojekten Function Point Methode", <https://www.matthes.in.tum.de/file/stdmz5ua8sr7/Sebis-Public-Website/-/Proseminar/Weigand-Function-Point-Methode-Ausarbeitung.pdf> [zuletzt geprüft am: 04.09.2017]

<sup>354</sup> Die Function Point Methode (FPA) beschreibt ein Verfahren zur Aufwandsschätzung eines IT-Großprojektes. Es definiert die beeinflussenden Elemente und ermittelt hieraus Methoden-Bausteine zur Schätzung des Programmierungsaufwands

<sup>355</sup> Vgl. Franczyk, B., et al. (2004), S. 42

<sup>356</sup> Vgl. Franczyk, B., et al. (2004), S. 43

sem abgeleitet. Der Standardprozess erhält den Wert 1. Abweichungen  $> 1$  ergeben eine höhere,  $< 1$  eine niedrigere Komplexität.<sup>357</sup>

Die Komplexität eines Bauwerkes kann anhand der bereits definierten Gleichungen bestimmt werden, wogegen die Komplexität der Prozesse nur umschrieben, jedoch nicht durch konkrete Kennzahlen greifbar gemacht werden kann. Eine objektive Bewertung von Prozesskomplexität ist daher nur begrenzt durchführbar. Eine Beurteilung von Komplexitätsgraden ist über Vergleiche möglich, ohne sie jedoch einer exakten Berechnung zu unterziehen. Es besteht die Möglichkeit, die Komplexität einzelner Prozesse miteinander zu vergleichen und daraus Rückschlüsse auf die Möglichkeit komplexitätsreduzierender Maßnahmen zu ziehen.<sup>358</sup>

#### 3.1.4 Komplexität und Wahrscheinlichkeit

Bei der Beurteilung von Komplexität bleibt immer eine höher oder geringer bestimmbare Unsicherheit. Unterschiedliche Erfahrungen und unterschiedliche Interessen führen zu unterschiedlichen Einschätzungen. Die Ermittlung von Komplexität benötigt daher ein hohes Maß an Erfahrung beim jeweiligen Betrachter.<sup>359</sup>

##### Komplexität und Wahrscheinlichkeit

Komplexe Systeme bestehen aus vielen Einzelementen, deren Verhalten oft nicht bekannt ist, und können daher als mehr oder weniger wahrscheinlich betrachtet werden. Dies betrifft nicht nur Systembereiche der Natur sondern gleichermaßen für die aus Menschen bestehenden gesellschaftlichen Systeme wie Organisationen. Trotz aller regulären und somit linearen Betrachtungsweise treten Abweichungen des Normalverhaltens auf. Komplexe Systeme stehen zwischen Zufall und Regularität. Entscheidend hierfür ist die Stärke des Einflusses ihrer Wechselwirkungen.<sup>360</sup>

Eine Eigenschaft komplexer Systeme ist die Speicherung und Verarbeitung von Informationen. Die zentrale Herausforderung besteht im Filtern und Aufbereiten der Information zur Weiterverarbeitung im System. Das Erkennen der richtigen Information zur richtigen Zeit lässt Muster erkennen, die eine Aussage zur Dynamik der Prozesse ergeben können.<sup>361</sup> Neben dem Muster ist der Wert (Informationsgehalt) einer Nachricht entscheidend. Man spricht hier auch von der Entropie einer Nachricht.<sup>362</sup>

Soziale Systeme weisen besondere Gesetzmäßigkeiten in der Ausprägung von Komplexität auf. HOFSTÄTTER<sup>363</sup> weist in seiner Wahrscheinlichkeitsbetrachtung der Gesetzmäßigkeit einer sozialen Gruppe nach, dass die Wahrscheinlichkeit, mit der eine Organisation ihr Ziel erreicht, durch Multiplikation der Elemente gesteigert werden kann. Die Sicherheit einer richtigen Reaktion auf eine Störung kann beliebig vergrößert werden, wobei allerdings alle gleichermaßen gut informiert sein müssen.

Nachfolgendes Beispiel soll diese Grundsätzlichkeit erläutern:

---

<sup>357</sup> Vgl. Franczyk, B., et al. (2004), S. 44

<sup>358</sup> Vgl. Schleicher, M. (2012), S. 139

<sup>359</sup> Vgl. Hoffmann, W. (2015), S. 30

<sup>360</sup> Vgl. Mainzer, K. (2008), S. 23

<sup>361</sup> Vgl. Mainzer, K. (2008), S. 31

<sup>362</sup> Vgl. Mainzer, K. (2008), S. 33

<sup>363</sup> Vgl. Hofstätter, P. R. (1993): "Gruppendynamik", 3. Auflage, Rowohlt, Reinbek bei Hamburg

Annahme: Die Wahrscheinlichkeit der richtigen Reaktion auf eine Störung wäre  $p = 0,4$ . Die Fehlerwahrscheinlichkeit wäre dann  $q = 1 - p = 0,6$ . Erhöht man die Anzahl der agierenden Elemente von  $n = 1$  auf  $n = 2$ , ergibt sich die Wahrscheinlichkeit der korrekten Reaktion mit  $p = (1 - 0,6)^2 = 0,64$ , was einer Erhöhung um den Faktor  $\frac{0,64}{0,40} = 1,6$  gleichkommt.

Erhöht man die Zahl der Elemente auf  $n = 5$ , steigt die Wahrscheinlichkeit einer richtigen Reaktion auf  $p = (1 - 0,6)^5 = 0,9224$ , was einer Erhöhung um den Faktor  $\frac{0,9224}{0,40} = 2,3$  gleichkommt.

Der größte Erfolg dieser Reaktionssteigerung wird beim Übergang von  $n = 1$  auf  $n = 2$  erzielt. Diese Tatsache wird in technischen Systemen vielfach genutzt, indem wichtige Aggregate verdoppelt werden. Aus diesen Fakten lässt sich schließen, dass eine Steigerung der Anzahl steuernder Elemente eine größere Erfolgswahrscheinlichkeit ergibt.<sup>364</sup>

Dieser Fakt spricht wiederum für das Theorem der Komplexitätsbejahung von ASHBY<sup>365</sup> - "Nur Varietät kann Varietät absorbieren."

### Heuristische Planung

Komplexe Projekte lassen sich in der Praxis auf rein mathematischem Wege nicht lösen, da zu viele Einflussfaktoren und nicht quantifizierbare Faktoren einbezogen werden müssen. Heuristische Methoden bedienen sich des Prinzips ständiger Verfeinerung und Variantenreduktion und führen durch Ermittlung und Gegenüberstellung verschiedener Lösungsalternativen rasch zu guten Ergebnissen.<sup>366</sup>

AGGTELEKY vermittelt in nachfolgender Abbildung einen Überblick über die möglichen Vorgehensmethoden zur Optimierung von Projekterkenntnissen:

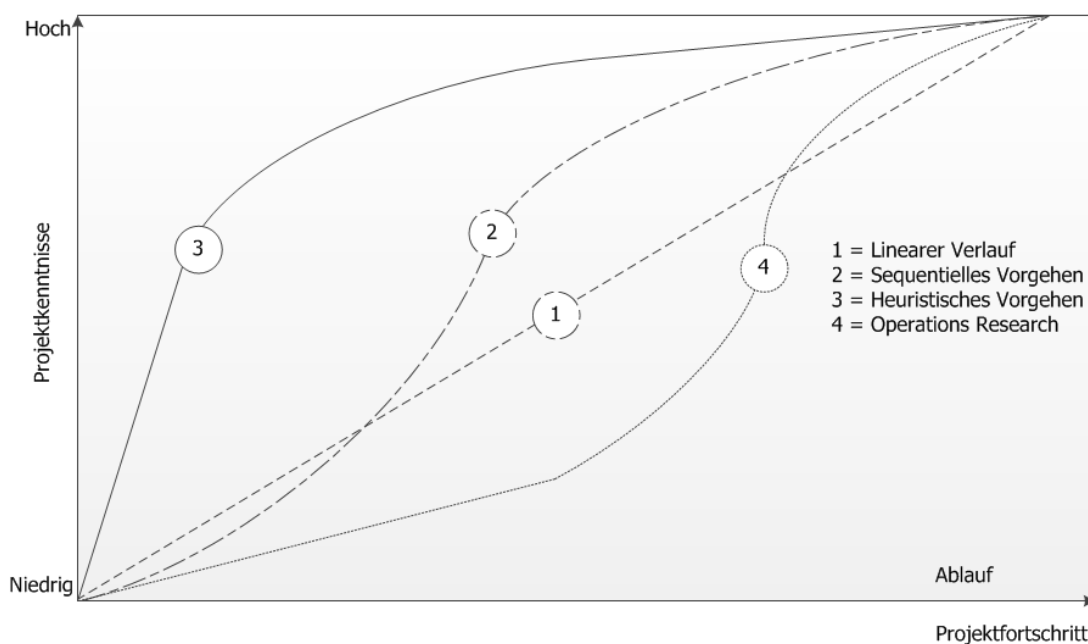


Abb. 29: Methoden zur Optimierung von Projekterkenntnissen nach Aggteleky (e. D.)<sup>367</sup>

<sup>364</sup> Vgl. Grote, H. (2002), S. 54–55

<sup>365</sup> Vgl. Ashby, W. R. (1963)

<sup>366</sup> Vgl. Aggteleky, B. & Bajna, N. (1992), S. 58–60

<sup>367</sup> Vgl. Aggteleky, B. & Bajna, N. (1992): "Projektplanung: ein Handbuch für Führungskräfte", Hanser, München, Wien, S. 58

Komplexe Projekte nehmen erfahrungsgemäß keinen linearen Verlauf (Kurve 1). Bei offenen Planungsteams nimmt die Kurve in der Regel einen S-Verlauf (Kurve 2). Heuristische Methoden (Kurve 3) bringen bereits in frühen Phasen ein hohes Maß an Erkenntnissen, da Lösungsalternativen entwickelt, gegenübergestellt und einem Auswahlprozess unterworfen werden, wogegen mathematische Modelle (Kurve 4) durch die zeitintensiven Vorbereitungen zur Modellentwicklung erst zu späteren Phasen Ergebnisse liefern können.

### Die Zuverlässigkeit des Menschen in soziotechnischen Systemen

Zur Beurteilung eines sozialen Systems sind neben der Ermittlung eines Grades von Komplexität die einzelnen Komponenten und deren Verlässlichkeit mit in die Betrachtung zu ziehen. Die Verlässlichkeit eines sozialen Systems lässt sich u. a. ableiten aus den Komponenten:

- Zuverlässigkeit (Reliability)
- Verfügbarkeit (Availability)
- Sicherheit (Safety)

Zuverlässigkeit definiert sich aus der Wahrscheinlichkeit, dass ein Element (z. B. Mensch) eine ihm zugeteilte Aufgabe in einer bestimmten Zeit unter Einhaltung der Rahmenbedingungen und der vorgegebenen Toleranzgrenzen erledigt. Verfügbarkeit definiert sich aus der Wahrscheinlichkeit, dass ein Element für den bestimmten Zeitpunkt oder Zeitraum verfügbar und voll einsatzfähig ist. Sicherheit definiert sich aus den Aspekten aller möglichen, negativen Auswirkungen eines Fehlers, der durch ein Element verursacht werden kann.<sup>368</sup>

Alle Systeme zeigen im typischen Verlauf eine Ausfallwahrscheinlichkeit auf, die durch den Begriff der Fehlerrate repräsentiert werden kann. Die Fehlerrate definiert sich aus der Wahrscheinlichkeit eines Fehlers zu einem bestimmten Zeitpunkt und ist für alle Betrachtungselemente (Mensch und Maschine) übertragbar.<sup>369</sup>

In einem soziotechnischen System bilden Mensch, Maschine, und Information die Subsysteme. Diese unterliegen den Einflüssen ihres Umsystems. Bei der Betrachtung der Komplexität dieses Systems kommt dem Menschen eine hohe Bedeutung zu. Einerseits ist er als intelligentes Element dieses Systems unverzichtbar, andererseits jedoch auch oftmals Ursache für Systemfehler.

Das Zusammenwirken der Subsysteme stellt GESSLER in nachfolgender Abbildung dar:<sup>370</sup>

---

<sup>368</sup> Vgl. Gessler, M. (2012): "Kompetenzbasiertes Projektmanagement (PM 3)", 5. Auflage, GPM Deutsche Gesellschaft für Projektmanagement, Nürnberg, S. 2229

<sup>369</sup> Vgl. Gessler, M. (2012), S. 2231

<sup>370</sup> Vgl. Gessler, M. (2012), S. 2234

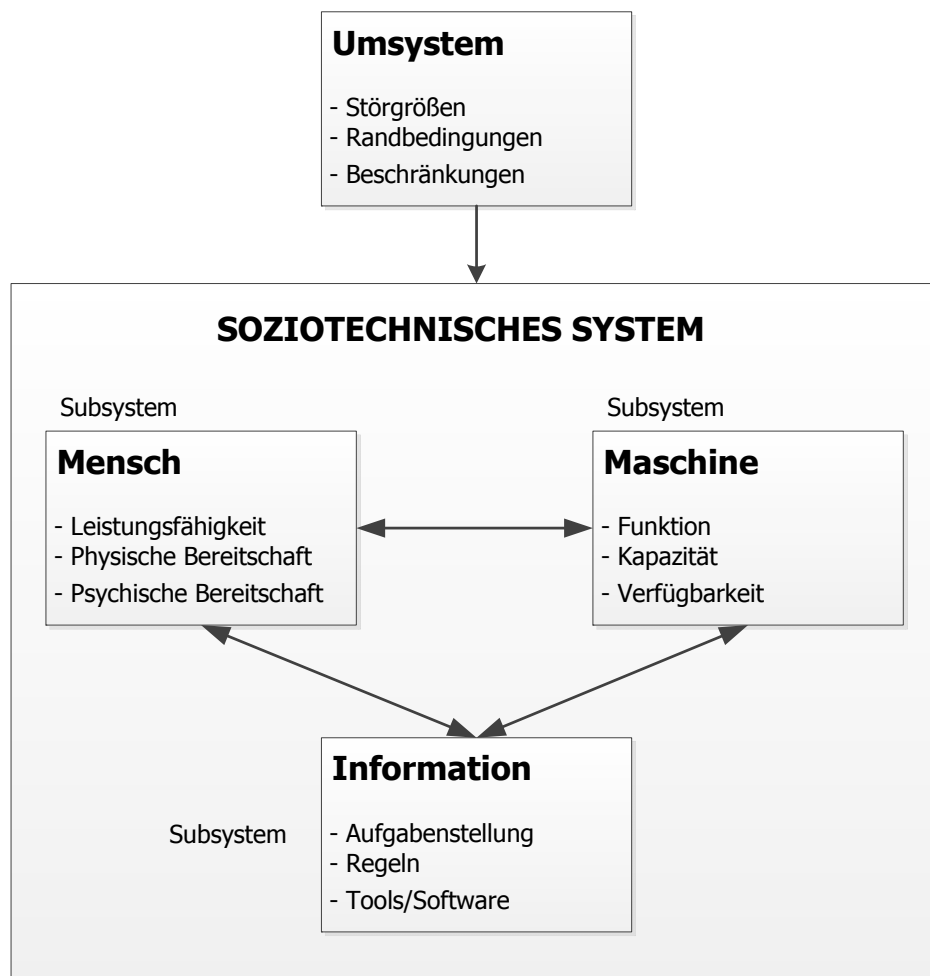


Abb. 30: Das soziotechnische System nach Gessler (e. D.)<sup>371</sup>

Jedes der drei Teilsysteme bringt unterschiedliche Zuverlässigkeiten in das Systemverhalten hinein. Alle Teile stehen in Abhängigkeit zum Umsystem. Im Unterschied zur Maschine kann der Mensch seine Ziele mit verschiedenen Mitteln oder Prozessen erreichen und somit Fehler kompensieren. Dies bedeutet für ein Gesamtsystem, dass trotz der Fehlerwahrscheinlichkeit der Komponente Mensch das Gesamtfehlerverhalten des Systems deutlich niedriger sein kann. Ursache hierfür ist die Korrekturmöglichkeit des Menschen, die durch die Fähigkeit zur Selbstüberwachung diesem erlaubt, fehlerhafte Handlungen zu korrigieren und somit eine Übertragung auf das Gesamtsystem zu verhindern. Die Zuverlässigkeit von Maschinen ergibt sich aus dem Fehlen der psychischen und physischen Leistungsbereitschaft (Wollen und Können), welches die Analyse von Fehlerquoten wesentlich herabsetzt.<sup>372</sup>

Basis sämtlicher Fehlerbetrachtungen sind somit menschliche Fehler, wobei diese nur über Handlungen und Ergebnisse beobachtet werden können. Denkfehler schließen eine Betrachtung durch Außenstehende aus. Menschliche Fehler können immer auftreten und nie vollständig vermieden werden. Eigenschaft von Menschen ist jedoch, eine möglichst hohe Fehlervermeidung anzustreben.<sup>373</sup>

<sup>371</sup> Vgl. Gessler, M. (2012), S. 2235

<sup>372</sup> Vgl. Gessler, M. (2012), S. 2235–2236

<sup>373</sup> Vgl. Gessler, M. (2012), S. 2236–2237

Zur Reduzierung von Komplexität in Systemen muss eine klare Betrachtungsebene gebildet und alle Beteiligten zielorientiert definiert werden. In heutigen soziotechnischen Organisationsstrukturen ist eine Rollenverteilung weit verbreitet. Einem oder mehreren Beteiligten ist eine bestimmte Rolle zugewiesen. Bei der Betrachtung sind neben unterschiedlicher Aufgaben von unterschiedlichem Wissensstand, unterschiedlicher Position oder unterschiedlichen Zielen der Beteiligten auszugehen. Es ist daher sinnvoll, die Betrachtung auf Basis einer vergleichbaren Grundlage zu erstellen und somit die Variabilität zu berücksichtigen. Variabilität kann auf nachfolgenden Ebenen entstehen:

- Variabilität der strategischen Ziele
- Fachliche Variabilität auf der konzeptuellen Ebene
- Technische Variabilität auf der operativen Ebene

Absteigend in den verschiedenen Ebenen wird die Variabilität immer detaillierter und aussagekräftiger. Die Beteiligten können somit den einzelnen Ebenen zugeordnet werden, in denen sie den stärksten Nutzen bringen. Beispielsweise kann ein Manager sein Wissen und seine Fähigkeiten besser auf der strategischen Ebene einbringen, wogegen ein Produktionsmitarbeiter eher in der operativen Ebene die größte Wirkung erzielen kann. Der Manager kann auf der operativen Ebene höchstens prüfend bzw. kontrollierend agieren.<sup>374</sup> Die Komplexität eines Systems wird durch Art und Anzahl der Elemente im System und deren Verknüpfungen untereinander bestimmt und drückt den Grad der Komplexität aus. Systeme sind vernetzt, wenn Veränderungen in einem Teilsystem sich auf andere Teilsysteme und deren Elemente auswirken.<sup>375</sup>

Der Grad der Komplexität hängt stärker von der Vielfalt der Beziehungen als von der Anzahl der Elemente ab. Verändern sich Elemente und Beziehungen im Zeitablauf, spricht man von hoher Komplexität.<sup>376</sup> Eine andere Definition verwendet MEYER, wonach die Unterschiedlichkeit der Elemente mit ihrer Elementmenge durch den Begriff der „Varietät“ ausgedrückt wird. Die Komplexität der Beziehungsvielfalt aus Arten (Beziehungsinhalt) und Anzahl (Verknüpfungsdichte) bezeichnet er als „Konnektivität“.<sup>377</sup>

Nach dem Gesetz der erforderlichen Varietät nach ASHBY<sup>378</sup> führen Vielfalt und Verschiedenartigkeit zur Messgröße von Komplexität. Varietät dient als Zahl der verschiedenen Elemente eines Systems, also auch der möglichen unterschiedlichen Zustände, die ein System haben kann.<sup>379</sup> Versucht man Komplexität mit einem Komplexitätsgrad zu bemessen, führt dies zum Problem der Differenzierung zwischen dem Komplexitätsphänomen an sich und den Komplexitätstreibern. Komplexität lässt sich in ihren Auswirkungen erfassen. Komplexitätstreiber sind ursächliche Einflussfaktoren. Beide lassen sich grundsätzlich aus den Parametern Vielzahl, Vielfalt, Vieldeutigkeit und Veränderlichkeit charakterisieren. Es wird deutlich, dass Komplexitätsmanagement nicht ausschließlich durch Reduzierung von

---

<sup>374</sup> Vgl. Franczyk, B., et al. (2004), S. 82–83

<sup>375</sup> Vgl. Borgert, S. (2013), S. 3

<sup>376</sup> Vgl. Hagen, S. (2009), S. 22

<sup>377</sup> Vgl. Meyer, C. M., et al. (2007): "Integration des Komplexitätsmanagements in den strategischen Führungsprozess der Logistik", 1. Auflage, Haupt, Bern, S. 26

<sup>378</sup> Vgl. Ashby, W. R. (1963)

<sup>379</sup> Vgl. Malik, F. (1993), S. 23



Komplexität ermöglicht wird. Es geht vielmehr um die effektive und effiziente Gestaltung von Art und Umfang der verfolgten Ziele.<sup>380</sup>

Als Zwischenfazit wird deutlich, dass sich Komplexität in Bezug auf die statischen Systemelemente berechnen lässt. Die Berechenbarkeit von komplexen dynamischen Systemen ist nur unter Berücksichtigung von heuristischen Verfahren möglich. Die Schwierigkeit hierbei besteht in der Determinierung aller Systemkomponenten und der Prognose des Systemverhaltens. In der Betrachtung der Komplexität von Bauvorhaben ist zu unterscheiden zwischen der strukturellen Komplexität, die sich aus dem physischen Ergebnis eines Objektes ableiten lässt, und der funktionalen Komplexität, die sich aus den Prozessabfolgen im Planungs-, Bau- und Managementprozess einstellt. Bei der Ermittlung wird deutlich, dass sich kein einheitlicher Komplexitätsgrad berechnen lässt, wohl jedoch ein Vergleichswert, der sich auf die zu berücksichtigenden Elemente und Relationen zurückführen lässt, und somit eine Basis für einen Grad von Komplexität von Bauvorhaben dienen kann.

Ein Bauprojekt ist in systemtheoretischer Hinsicht von höherer Komplexität, wenn es mehr und verschiedenartige Elemente aufweist und deren Verknüpfungen vielfältiger und intensiver sind. Maßgebend für die Bewertung der Gesamtkomplexität eines Bauvorhabens sind die Subsysteme Ziele, Objekt, Rahmenbedingung und Handlungsträger sowie das jeweilige Projektumfeld als Umsystem. Änderungen im System überlagern die Subsysteme und führen zu vielfältigen Auswirkungen. Die Messung von Komplexität in Bauvorhaben kann somit nie eindeutig und vollständig sein. Exakte Kennwerte liegen nicht vor, da die Bewertung subjektiv und individuell erfolgt. Vergleicht man verschiedene Projektmerkmale komplexer Bauvorhaben anhand geeigneter Bewertungskriterien, lässt sich eine Einschätzung von Komplexität vornehmen und hieraus Komplexitätsstufen ableiten.<sup>381</sup> Bauvorhaben verbinden die Bauwerkskomplexität mit dem Bauprojektmanagement zu hochkomplexen Systemen. Hierzu ist systemorientiertes Denken eine grundlegende Voraussetzung. Baupraktiker lehnen die Berechnung von Komplexität ab, da diese in der Praxis nicht messbar sei. Auch wenn diese Aussage dem Grunde nach berechtigt ist, so ist es für die Betrachtung eines komplexen Systems dennoch von großem Nutzen, wenn für ein solches der Grad der Komplexität durch erfahrene Betrachter eingeschätzt wird.<sup>382 383</sup>

---

<sup>380</sup> Vgl. Adam, D. (1998), S. 98

<sup>381</sup> Vgl. Brunner, C. (2016): "Koordinierte „Planung der Planung“ und Schnittstellenklärung bei komplexen Bauvorhaben", Masterthesis SRH Hochschule, Heidelberg, S. 13

<sup>382</sup> Vgl. Felkai, R. & Beiderwieden, A. (2013): "Projektmanagement für technische Projekte", 2. Auflage, Imprint: Springer Vieweg, Wiesbaden, S. 9–10

<sup>383</sup> Vgl. Schelle, H., et al. (2005): "ProjektManager", 2. Auflage, GPM Dt. Ges. für Projektmanagement, Nürnberg

## 3.2 Wahrnehmung von Komplexität

*"Menschen sind komplexe Wesen; unser Gehirn ist hochkomplex, aber beherrscht die Komplexität. Unser Unterbewusstsein beherrscht die Komplexität. Nur unser Bewusstsein hat Probleme damit. Wir brauchen mehr Intuition, mehr Bauchgefühl, müssen uns mehr fallenlassen, loslassen und einlassen auf..."<sup>384</sup>*

### 3.2.1 Das menschliche Gehirn

Das Gehirn ist das komplexeste Organ, das sich im menschlichen Körper befindet. Es bestimmt unseren Geist und das Bewusstsein. Die Erzeugung und Strukturierung unserer Gedanken befähigt uns zu Existenz und zur Reflektion des Lebens. Alle diese Eigenschaften erbringt das Gehirn, weil es sich ständig neu verschalten kann. Das Gehirn ist flexibel, anpassungsfähig und selbstorganisierend.<sup>385</sup> Unser Gehirn ist das am höchsten entwickelte und komplexeste Steuerungsinstrument, das die Evolution hervorgebracht hat. Es ermöglicht verhaltensbedingte Kommunikation und Interaktion. Zur Leistungsfähigkeit des Gehirns gehören neben den Grundfunktionen des Lebenserhalts stark entwickelte neuronale Differenzierungen und stark ausgerichtete soziale Kommunikationsfähigkeiten, neben dem Bewusstsein des eigenen „Ich“. Die Evolution hat das Gehirn mit einer schützenden Flüssigkeit und einer extremharten Knochenhülle umgeben. Die Masse des Gehirns hat sich seit seinem belegbaren Ursprung bis heute verdreifacht. Das maximale Volumen ist heute nach ca. 5 Jahren im Kindesalter erreicht.<sup>386</sup>

Das menschliche Gehirn ist ein selbstreferentielles System und besteht aus biologisch neuronalen Netzwerken. Wechselwirkungen mikroskopischer und makroskopischer Ebenen erzeugen das menschliche Bewusstsein<sup>387</sup> und ermöglichen es, Strukturen und Muster zu erkennen, diese aus gespeicherten Erinnerungen abzurufen und daraus Handlungen zu vollziehen. Diese Fähigkeit setzt voraus, dass eine ständige Weiterentwicklung erfolgen muss, um das Erkennen komplexer werdender Zusammenhänge zu ermöglichen. Diese Fähigkeit ist eine wesentliche Eigenschaft unseres Gehirns. Sie findet unbewusst auf verschiedenen Abstraktionsebenen statt. Hierzu wird ein hoher Grad an Abstraktionsfähigkeit benötigt. Rangfolgen, Regeln und Strukturen müssen zerlegt und nach bestimmten Kodierungen wieder zusammengefasst werden. Mustererkennung ist eine bedeutende Fähigkeit für die Wahrnehmung von Komplexität.<sup>388</sup>

### 3.2.2 Aufbau und Dominanzen des Gehirns

Nach HERRMANN<sup>389</sup> bildet unser Gehirn vier Denkrichtungen aus, die er im "Whole-Brain-Thinking-Modell" zusammenfasst. Das Modell besagt, dass sich der Denkstil eines Menschen in vier Quadranten

---

<sup>384</sup> Vgl. Birkenbihl, V. F. (2011): "Von "Null Ahnung" zu etwas Komplexität: gehirn-gerechte Einführung"

<sup>385</sup> Vgl. Zohar, D. & Bühler, M. (2000), S. 65

<sup>386</sup> Vgl. Schmidt, A. P. (1999), S. 93

<sup>387</sup> Vgl. Schmidt, A. P. (1999), S. 95

<sup>388</sup> Vgl. Schmidt, A. P. (1999), S. 99–100

<sup>389</sup> William Edward „Ned“ Herrmann (1922-1999), US-amerikanischer Physiker und Forscher im Bereich des „kreativen Denkens“

abbilden lässt.<sup>390</sup> Er teilt die Menschen in 2 Gruppen mit Dominanz von linker und rechter Gehirnhälfte ein und unterscheidet zusätzlich in die Evolutionsbereiche Stamm-, Zwischen- und Großhirnbereich.

Nachfolgende Abbildung zeigt einen Querschnitt durch unser Gehirn und gibt einen Überblick über die Fähigkeiten der beiden Gehirnhälften:

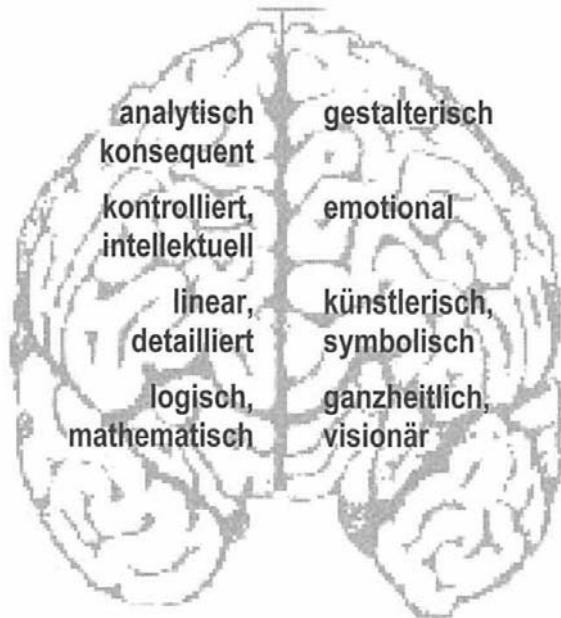


Abb. 31: Attribute der linken und rechten Großhirnhälfte nach Patzak<sup>391</sup>

Die linke Gehirnhälfte ist für die logischen, analytischen Fähigkeiten des Menschen zuständig. Sie steuert intellektuell, detailliert, mathematisch und kontrolliert konsequent. Hier sind die kognitiven Fähigkeiten des Menschen verankert. Die rechte Gehirnhälfte zeichnet sich durch künstlerische, visionäre Fähigkeiten aus. Sie ist für ganzheitliche Betrachtungen und emotionale Vorgänge verantwortlich. Hier sind die visuellen Fähigkeiten dominierend. Bei vielen Menschen dominiert eine der Gehirnhälften und es wird eine individuelle Persönlichkeit sichtbar. Menschen mit Linkshirndominanz gehen in Entscheidungssituationen logisch und zahlenorientiert vor, wogegen rechtshirndominierte Menschen ihre Schwerpunkte auf Kreativität und ganzheitliche Ausgestaltung legen.

### 3.2.3 Evolutionsbereiche des Gehirns

Die nachfolgende Abbildung zeigt einen Längsschnitt durch das Gehirn und die verschiedenen Hirnbereiche. Im Rahmen der menschlichen Evolution haben sich nacheinander gebildet:

- das Reptilien-Gehirn (Stammhirn)
- das limbische System (Zwischenhirn)
- der Neocortex (Großhirn)

<sup>390</sup> Vgl. Herrmann, N. (1997): "Das Ganzhirn-Konzept für Führungskräfte", Ueberreuter, Wien

<sup>391</sup> Vgl. Patzak, G. & Rattay, G. (2009): "Projektmanagement", 5. Auflage, Linde, Wien, S. 71

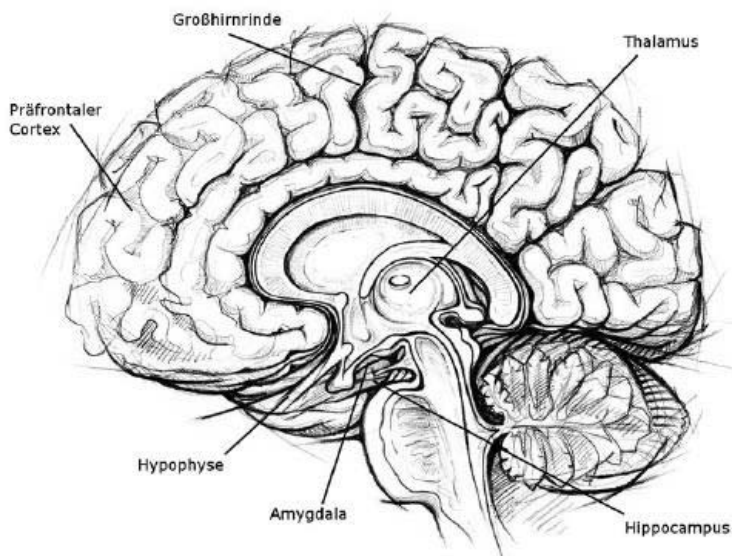


Abb. 32: Das menschliche Gehirn nach Borgert<sup>392</sup>

Das Reptilienhirn (Stammhirn), als evolutionsbedingter ältester Teil des Gehirns (Hippocampus), steuert die Grundfunktion des Menschen. Hier laufen biochemische Vorgänge ab, die für das menschliche Bewusstsein nicht wahrnehmbar sind.

Das limbische System (Zwischenhirn) steuert die emotionalen Vorgänge im Menschen und wird daher auch das emotionale Gehirn (Amygdala, Hypophyse, Thalamus) genannt. Positive und negative Gefühle wie Zuneigung und Geborgenheit oder Aggressivität und Ängste werden über Gedächtnisorganisation und Aufmerksamkeitssteuerung erlernt und ausgeführt. Entscheidungen werden gemerkt und mit ihren Wirkungen (positiv - negativ) gespeichert. In gleich gelagerten Fällen wird diese Erfahrung wieder abgerufen.<sup>393</sup>

Der Neocortex (Großhirn) ist der größte und höchstentwickelte und evolutionsgeschichtlich jüngste Teil des Gehirns. Hier liegen das Zentrum des menschlichen Denkens und die Basis für das Bewusstsein. Der Neocortex definiert das menschliche „Ich“ und ist fähig zur Unterscheidung von Heute, Gestern und Morgen.<sup>394</sup>

### 3.2.4 Eigenschaften des Gehirns und Verhaltensorientierung

Menschen neigen in ihrem Verhalten zur Priorisierung eines dieser Gehirnteile. HERRMANN<sup>395</sup> bezeichnet diese Eigenart als Dominanz eines Gehirnbereiches. Diese Dominanz erfolgt unbewusst und tritt häufig in kurzfristig auftretenden Situationen auf. In seinem HDI-Modell<sup>396</sup> definiert er aufgrund dieser Dominanzen vier Hauptbereiche von Präferenzen, die letztlich die Persönlichkeit eines Menschen ausmachen. Das Modell ist in nachfolgender Abbildung dargestellt:

<sup>392</sup> Vgl. Borgert, S. (2012): "Holistisches Projektmanagement", Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, S. 13

<sup>393</sup> Vgl. Schäfers, A. T.U.: "Gehirn und Lernen", <http://www.gehirnlernen.de/gehirn/> [zuletzt geprüft am: 04.12.2016]

<sup>394</sup> Vgl. Patzak, G. & Rattay, G. (2009), S. 71–72

<sup>395</sup> William Edward „Ned“ Herrmann (1922-1999), US-amerikanischer Physiker und Forscher im Bereich des „kreativen Denkens“

<sup>396</sup> HDI-Modell = Herrmann Dominanz Instrument

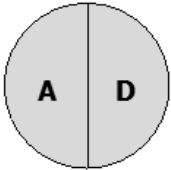
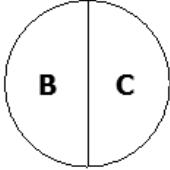
Cortex		Limbisch	
			
A	D	B	C
verstandesorientiert	riskobetont	ordnungsorientiert	gefühlsorientiert
Eigenschaften			
mathematisch logisch problemlösend analytisch technisch abstraktionsfähig	visionär einfallsreich kreativ konzeptionell künstlerisch ganzheitlich	geplant organisiert kontrolliert konservativ administrativ	emotional musikalisch kommunikativ mitfühlend
Verhaltenstendenzen			
strebt nach Unabhängigkeit Unsicherheit in zwischen- menschlichen Beziehungen sucht Fehler eher bei anderen	Blick nach vorne kreativ geht gerne an Grenzen liebt "Bewegung"	liebt Ordnung und Tradition Sicherheit klare Strukturen Wissen und Macht sind wichtig schubladisiert Inhalte und auch Beziehungen	hohe soziale Kompetenz und Sensibilität kann nicht gut alleine sein gewinnt Sicherheit durch Geborgenheit, Nähe und Zusammenarbeit sucht Fehler bei sich
gerät unter Druck durch			
Gefühle Nähe	Neues Veränderungen Aufhebung von Regeln und Normen	Distanz und Isolation Kälte alleine arbeiten	gegebene Strukturen starre Routine Grenzen

Abb. 33: Die vier Stilrichtungen des HDI-Modells nach Herrmann (e. D.)<sup>397</sup>

Jeder dieser Bereiche ist bei allen Menschen vorhanden, jedoch individuell unterschiedlich stark ausgeprägt. Aus den zugeordneten Eigenschaften lassen sich resultierende Verhaltensmuster und Ängste ableiten. Die abgeleiteten dominierenden Präferenzen bestimmen alleine jedoch nicht die Kompetenzen eines Menschen. Vielmehr erlangt man Kompetenz durch die Verknüpfung von Wissen, Fertigkeiten, Fähigkeiten und Erfahrungen. Präferenzen können jedoch auf besonders hohe Potenziale im jeweiligen Bereich hinweisen. Erkenntnisse für die Wahrnehmung von Komplexität ergeben sich aus diesem Modell aufgrund möglicher Verhaltensweisen von Beteiligten. So lassen sich zwei Kategorien bilden:

- die Fähigkeit zur Wahrnehmung und Entscheidung (psychische Fähigkeit) und
- die Persönlichkeit hinsichtlich Umwelt und Leben (persönliche Einstellung).

<sup>397</sup> Vgl. Patzak, G. & Rattay, G. (2009), S. 74

Beide Kategorien lassen sich unterteilen nach sensorischer oder intuitiver Wahrnehmung und nach denkender oder fühlender Einstellung zum jeweiligen Sachverhalt. In der folgenden Abbildung wird die sensorische Wahrnehmung aus den realen, sichtbaren und fassbaren Zahlen, Daten und Fakten (ZDF) als konkret greifbare Sinneswahrnehmung dargestellt. Intuitive Wahrnehmung umfasst abstrakte, bildhafte Vorgänge und erfasst größere Zusammenhänge. Die aus diesen Wahrnehmungen entstehenden Entscheidungen sind entweder klar und analytisch oder von einfühlenden sozialen Vorstellungen geprägt.<sup>398</sup> Dem sichtbaren Verhalten eines Menschen liegt somit seine persönliche Grundeinstellung (Natur) zugrunde, das über den jeweiligen Kontext eines Sachverhalts zum jeweiligen Verhalten führt. Dabei fließen persönliche Motive und Präferenzen subjektiv mit ein. Letztlich entscheiden die persönlichen Kompetenzen im Wissen über diese Zusammenhänge und in der Fähigkeit, hiermit umgehen zu können, über die Wirkungsrichtung des jeweiligen Handelns und seiner Stärke.

### 3.2.5 Gehirngesteuerte Kommunikationsprozesse

Im Umgang mit Komplexität in Projekten ist das Element Mensch eine der zentralen Größen. Die vielen Kommunikationsprozesse zwischen den Beteiligten beinhalten formelle und informelle Informationen, die eine Analyse eines Sachverhalts ermöglichen, jedoch auch von der Fähigkeit eines Senders und Empfängers abhängen, wie diese zu deuten sind. Kernaussage ist, dass sich jeder Mensch aufgrund seiner Präferenzen und Eigenschaften eine eigene Einstellung zum Sachverhalt macht. Jeder erstellt sein individuelles Bild von der umgebenden Realität. Jeder entscheidet darüber, welche Informationen für ihn wichtig sind und welche er in Entscheidungen weiter verarbeitet. Die persönliche Wirklichkeit ist somit immer eine subjektive Wirklichkeit und führt oft zu Missverständnissen. Betrachtet man diese Kommunikationsprozesse aus systemtheoretischer Sicht, so ergibt sich Kommunikation als:

- Austausch von Wirklichkeiten und Ergebnissen gemeinsamer Prozesse
- Wahrnehmung, Information und Verstehen
- Abgleich auf der Verhaltensebene

Die Realität stellt sich also nicht als richtig oder falsch dar, sondern aus dem, was jeder für richtig oder falsch hält. Eine Einschätzung der Realität des Gegenübers erhält man nur durch Hinterfragen und Erkennen seines Verhaltens. In Wahrnehmungsprozessen darf nicht nur die direkte Verbalität in Betracht gezogen werden. Vielmehr ist eine ganzheitliche Betrachtung unter Berücksichtigung des Nonverbalen (Haltung, Mimik, Gestik) durchzuführen. Kommunikation findet somit auf drei verschiedenen Ebenen statt: der Sachebene, der emotionalen Ebene und der strukturellen Ebene.<sup>399</sup>

Auf der Sachebene werden bewusste und rationale Aspekte eines Sachverhaltes behandelt. Die Darstellung erfolgt über direkte Sprache, unterstützt durch Zahlen, Bilder usw.

Auf der emotionalen Ebene werden gefühlsmäßige Aspekte ausgedrückt. Hier spielt die Beziehung zwischen den Kommunikationspartnern eine große Rolle. Dies gestaltet sich durch vielseitige Ausdrucksmöglichkeiten der Körpersprache mit Bewegung, Haltung, Tonfall usw. Diese Ebene lässt viel Raum für Interpretationen und mögliche Missverständnisse. Die strukturelle Ebene gibt die Rahmenbedingungen vor. Hier spielen die Aspekte von hierarchischen Abhängigkeiten, Formalitäten, Normen, Werten, sozialer Stand, aber auch Raum, Zeit und Ort der Kommunikation eine große Rolle.

---

<sup>398</sup> Vgl. Patzak, G. & Rattay, G. (2009), S. 75–77

<sup>399</sup> Vgl. Patzak, G. & Rattay, G. (2009), S. 346

Jeder Mensch sieht die Welt mit seinen Augen und erschafft sich sein eigenes Bild der Wirklichkeit. Die Realität ist oftmals zu komplex, um sie im Ganzen erfassen zu können. Wir müssen daher selektieren und Muster bilden, um eine Abbildung darstellen zu können. Die Wahrnehmung richtet sich auf eine momentane Situation und orientiert sich an den Informationen, die uns im Moment wichtig erscheinen. Wie wir etwas wahrnehmen, hängt von unseren Fähigkeiten, aber auch von unseren Motiven, Zielen, Interessen und Erfahrungen ab. Jeder Mensch erlebt die Realität anders und bildet sich vergleichsweise eine individuelle Landkarte der gleichen Geografie.<sup>400</sup>

### 3.2.6 Human Relations

Zur Erfassung des Phänomens der „Wahrnehmung“ gehört der Ansatz aus dem Bereich der Human Relations<sup>401 402</sup>, der auf der Grundlage basiert, dass soziale Systeme gruppensdynamische Prozesse sind, die durch Beziehungen zwischen Menschen entstehen. Die Konzentration auf den Menschen im System bezieht sich sowohl auf seine Persönlichkeit als auch auf die ihn umgebende kulturelle Abhängigkeit.

In Projekten arbeiten Menschen zur Erreichung von Projektzielen zusammen. Jeder Mensch steht in einem individuellen sozialen Kontext, der sein Verhalten beeinflusst. Zu betrachten sind also die Beziehungen untereinander (Human Relations) und die jeweiligen Verhaltensmuster (Human Behaviors<sup>403 404</sup>), die sich aus diesen Beziehungen entwickeln. Die sich zwischen den Beziehungen einstellenden Wechselwirkungen (Rückkopplungen) bilden die Grundlage für die Wahrnehmung des Verhaltens. Weitergehende Betrachtungen beziehen die Motivation der Einzelnen mit ein, wobei diese Inhalte außerhalb der erfassbaren Wahrnehmung liegen und sich keine zuverlässigen Verhaltensmuster hieraus ableiten lassen. Die Bandbreite der Wahrnehmung kann von reiner Beobachtung mit geringer Einflussmöglichkeit bis zur organisierten Steuerung von Verhalten reichen.<sup>405</sup>

Im täglichen Leben wird der Begriff Komplexität häufig verwendet, wobei viele nur eine vage Vorstellung haben, was er tatsächlich bedeutet. Sehr oft wird kompliziert und komplex synonym verwendet. Die Dinge sollen einfacher gemacht werden, ohne dass jedoch klare Vorstellungen über das „wie“. Natürlich gibt es hier eine Bandbreite an unterschiedlichen Wissenskapazitäten, je nachdem ob es sich bei den Betrachtern um Privatpersonen oder professionelle Personen mit einem direkten Bezug zu diesem Begriff handelt. BRANDES beziffert die Kenntnisse der Profis über den Begriff der Komplexität mit ca. 80 %, wobei ca. 40 % eine Reduzierung von Komplexität anstreben, jedoch nur ca. 20 % eine konkretere Vorstellung davon haben, wie diese reduziert oder beherrscht werden kann.<sup>406</sup>

Komplexität ist ein äußerst schwieriger Begriff, der sehr schwierig zu definieren ist. Begreifbar wird er über die Vorstellung der Informationsflüsse über das System. Je mehr Informationen ein System innerhalb und außerhalb seiner Systemgrenzen austauschen muss, umso komplexer wird dieses System.

---

<sup>400</sup> Vgl. Patzak, G. & Rattay, G. (2009), S. 347

<sup>401</sup> Vgl. Duden.de: "Stichwort: Human Relations, online im Internet:", [http://www.duden.de/rechtschreibung/Human\\_Relations](http://www.duden.de/rechtschreibung/Human_Relations) [zuletzt geprüft am: 04.12.2016]

<sup>402</sup> Human Relations bezeichnen eine in den Dreißigerjahren von den USA ausgegangene Richtung der betrieblichen Personal- und Sozialpolitik, die die Bedeutung der zwischenmenschlichen Beziehungen im Betrieb betont

<sup>403</sup> Vgl. Duden.de: "Stichwort: Be-ha-vi-o-ris-mus, online im Internet:", <http://www.duden.de/rechtschreibung/Behaviorismus> [zuletzt geprüft am: 04.12.2016]

<sup>404</sup> Human Behavior bezeichnen eine Richtung der amerikanischen Verhaltensforschung, die nur direkt beobachtbares Geschehen als Gegenstand wissenschaftlicher Psychologie zulässt

<sup>405</sup> Vgl. Patzak, G. & Rattay, G. (2009), S. 37–38

<sup>406</sup> Vgl. Brandes, D. & Brandes, N. (2014), S. 23

Dieser Effekt macht auch eine Messbarkeit äußerst schwierig bis gar unmöglich.<sup>407</sup> Komplexität ist geprägt durch eine hohe Dynamik und Unbestimmtheit, da viele Einflussfaktoren eines komplexen Systems dem Betrachter verborgen bleiben. Je mehr Elemente ein System aufweist und je höher die Anzahl der Beziehungen unter diesen Elementen ist, desto ungewisser wird die Erkennbarkeit von Veränderungen der Elemente und Beziehungen im dynamischen Zeitablauf. Die möglichen Verhaltensmuster steigen exponentiell an. Schon kleine Systeme können zu einer unüberschaubaren Vielzahl von Möglichkeiten anwachsen.<sup>408</sup>

Häufig tritt das Phänomen des Schubladendenkes auf. Man klassifiziert eine Wirklichkeit nach persönlichen Erlebnissen. Dabei besteht die Gefahr, Wechselwirkungen und Zusammenhänge aus dem Blickfeld zu verlieren. Es wird nicht das System als Ganzes betrachtet, sondern immer auf Einzelteile fokussiert.<sup>409</sup>

### 3.2.7 Die Fähigkeit zur Wahrnehmung von Komplexität

Komplexität wird von verschiedenen Menschen verschieden wahrgenommen. Die Wahrnehmung ist abhängig von Aufgabenstellung Erfahrung, Einstellung und persönlichem Interesse. Je nach Situation werden Dinge von gleichen Personen zeitabhängig unterschiedlich bewertet. Komplexe Systeme sind somit in der Wahrnehmung eine Konstruktion menschlicher Gedanken.<sup>410 411</sup>

Menschen unterliegen bei ihrer Wahrnehmung von Sachverhalten oftmals einem semantischen Irrtum. Sie glauben, dass mit identischen Begriffen auch die gleichen Dinge gemeint sind. Das Erkennen der Realität ist ein größeres Problem als allgemein angenommen. Menschliche Gehirne besitzen die Fähigkeiten, mehrere verschiedene Realitäten zu bilden, die jede in sich schlüssig sein kann. Die Kunst hierbei ist, das „bessere Abbild“ der Realität herauszufinden und somit wahrzunehmen. Wo eine gestaltungsfähige Realität auftritt, werden Menschen ihre personifizierte Realität bilden. Es gilt zu erkennen, welche Merkmale zu welchen Realitätsabbildungen führen und wie wir mögliche Scheinwelten dadurch verhindern können.<sup>412</sup> DÖRNER bezeichnet Komplexität als Realitätsausschnitt in der Wahrnehmung des Betrachters. Je mehr Merkmale vorhanden sind und je mehr diese voneinander abhängig sind, bestimmen diese das Ausmaß der Komplexität. Hier kommt der Mensch als Akteur in die Betrachtung hinein. Komplexität stellt besondere Anforderungen an die Fähigkeit eines Handelnden, einen hohen Informationsfluss aufzunehmen und zu verarbeiten und dies in Aktivitäten umzusetzen.<sup>413</sup>

Bedeutende Merkmale bilden sog. Superzeichen. Sie lassen die Bildung von Mustern zu. Aus vielen Merkmalen wird somit ein Bild der Wahrnehmung. Ein System hat somit immer die Komplexität, die der Betrachter aufgrund seines Zeichenvorrats als Wahrnehmung aufnimmt. Hieraus nährt sich die Annahme, dass Wahrnehmung von Komplexität sehr individuell ist und somit keine objektive Komplexität möglich sein kann. Superzeichen reduzieren Komplexität; aus vielen Merkmalen wird eines. Komplex ist ein System mithin immer im Hinblick auf einen bestimmten Akteur mit seinem Superzeichen-

---

<sup>407</sup> Vgl. Binnig, G. (1997): "Aus dem Nichts", 2. Auflage, Piper, München

<sup>408</sup> Vgl. Brandes, D. & Brandes, N. (2014), S. 24

<sup>409</sup> Vgl. Lange, S. (2015), S. 52

<sup>410</sup> Vgl. Ulrich, H. & Probst, Gilbert J. B (1991), S. 34

<sup>411</sup> Vgl. Schmidt, A. P. (1999), S. 109

<sup>412</sup> Vgl. Malik, F. (2008), S. 18

<sup>413</sup> Vgl. Dörner, D. (2012), S. 60



vorrat. Der aber kann individuell sehr verschieden sein. Und deshalb gibt es keine objektive Komplexität.<sup>414</sup>

Das Erkennen der Merkmale komplexitätstreibender Elemente ist somit eine Grundlage zur Wahrnehmung von Komplexität, jedoch noch nicht ausreichend. Diese Situation stellt nur die momentane Situation, also den aktuellen Zustands des Systems und einer Variablen dar. Es ist erforderlich, Kenntnisse über die Struktur des Systems zu erhalten und zu wissen, wie sich das System in Zukunft entwickeln könnte. Dabei sind mögliche interne und externe Eingriffe zu berücksichtigen.<sup>415</sup>

Betrachtet man die Wahrnehmung von Komplexität in Systemen, so muss man zwischen statischen und dynamischen Systemen unterscheiden. Statische Systeme bezeichnet man als komplex, wenn sie eine hohe Anzahl an Eigenschaften heterogener Elemente und deren Beziehungen untereinander aufweisen. Hieraus verdeutlicht sich die Subjektivität des Komplexitätsbegriffs, da er an die Grenzen der menschlichen Wahrnehmung stößt. Dynamische Systeme entziehen sich bereits bei geringer Größe der menschlichen Begriffsfähigkeit. In diesen Systemen sind die Eigenschaften der Elemente und Beziehungen von internen bzw. externen Störgrößen abhängig. Die Zahl der möglichen Systemzustände verändert sich im Zeitablauf exponentiell. Dynamische Systeme lassen sich nicht deterministisch betrachten, da sie stochastische Komponenten enthalten. Unternehmen lassen sich als dynamische Systeme verstehen, da die Charakterisierung auf diese Art soziotechnischer Systeme am besten zutrifft.<sup>416</sup> Wahrnehmungen erfolgen über Informationen und Sinnfindungsprozesse. Betrachter versuchen, Erkenntnisse über das System und seine Subsysteme sowie die Umwelt abzuleiten und somit ein bestimmtes Ziel zu erreichen. Seine bisherigen Erfahrungen sowie soziale und psychologische Aspekte spielen hier eine zusätzliche Rolle. Dabei werden selektierend problemrelevante Informationen zu einem Ganzen – einem Mentalmodell – zusammengesetzt. Eine Modellkonstruktion zur Abbildung einer möglichen Realität zeigt nachfolgende Abbildung:

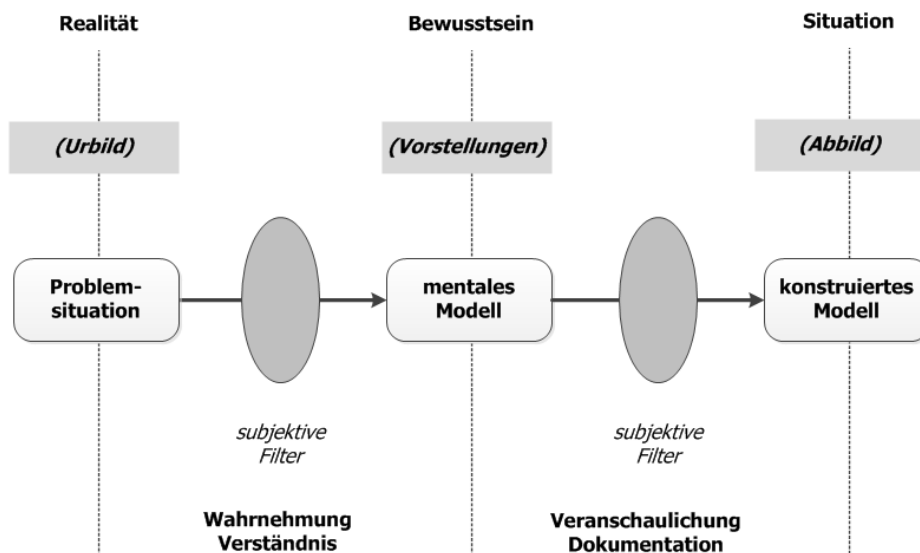


Abb. 34: Modellkonstruktion zur Abbildung einer möglichen Realität nach Kirchof (e. D.)<sup>417</sup>

<sup>414</sup> Vgl. Dörner, D. (2012), S. 62

<sup>415</sup> Vgl. Dörner, D. (2012), S. 64

<sup>416</sup> Vgl. Adam, D. (1998), S. 97

<sup>417</sup> Vgl. Kirchof, R. (2003), S. 46

Mentalmodelle bilden somit die Summe des Wissens eines Betrachters über das System ab. Aus Mentalmodellen lassen sich Modellkonstruktionen, als Ergebnisse von Wahrnehmungsprozessen, für eine vergleichende Basis ableiten. Diese dienen der Verhaltensbeeinflussung und der Prozesslenkung. Durch unterschiedliche Wahrnehmungen der Betrachter können zum gleichen Sachverhalt unterschiedliche Modelle entstehen. Daher sind diese Modelle nie vollständig oder allgemein gültig. Sie stellen sich als subjektive Modelle als Ergebnis von Selektionen dar.<sup>418</sup>

Mit zunehmender Erfahrung mit dem Phänomen der Komplexität besteht die Gefahr der Überschätzung, Komplexität vollständig verstehen und beherrschen zu können. Dies kann zu einer gravierenden Fehleinschätzung führen. Es erfordert neben Erfahrungen des Einzelnen Transparenz und Kommunikation zu einem weitergehenden Verständnis.<sup>419</sup>

Ein erfolgreicher Umgang mit Komplexität setzt eine erfolgreiche Wahrnehmung durch kognitive Absorptionsfähigkeit des Betrachters voraus. Dieser muss in der Lage sein, die Grundmuster mit den wichtigsten Komplexitätstreibern und deren Richtungsverlauf erkennen zu können. Die daraus erwachsenden Herausforderungen sind herauszulösen und mögliche Handlungen zu antizipieren. Die Fähigkeit zur Wahrnehmung ist somit eine Komposition aus den Faktoren, welche die Kapazität zur Erkennung der komplexitätstreibenden Herausforderungen erhöht oder begrenzt.<sup>420</sup>

AMANN unterscheidet Betrachter von Komplexität nach ihrer Fähigkeit zur Wahrnehmung und Genauigkeit in vier Stufen (siehe nachfolgende Tabelle):

MERKMAL \ STUFE	STUFE 1	STUFE 2	STUFE 3	STUFE 4
	Ignorant	Sozialisiert	Informiert	Differenziert
Häufigkeit	Gering	Sehr hoch	Niedriger	Selten
Komplexitätswissen	Minimal	Gering	Hoch	Experte
Rolle der Filter	Vernachlässigt	Latent dominierend	Bekannt	Selbst bestimmbar
Rolle im Team	Randfigur	Mitläufer	Diplomat	Meinungsführer
Gedankliche Abhängigkeit	Extreme Abhängigkeit	Abhängigkeit	Unabhängigkeit	Interdependenz
Zukünftiger Bedarf	Praktisch null	Niedrig	Hoch	Sehr hoch
Gefahr	So handelnde zu lange zu übersehen oder zu dulden	Hält Harmonie wichtiger als Realismus	Eigene Wahrnehmung anderen aufzuzwingen	Keinen solchen Vertreter im Team zu haben

Tab. 03: Wahrnehmung bei Komplexitätsherausforderungen nach Amann (e. D.)<sup>421</sup>

<sup>418</sup> Vgl. Kirchhof, R. (2003), S. 45–46

<sup>419</sup> Vgl. Amann, W., et al. (2013), S. 34

<sup>420</sup> Vgl. Amann, W., et al. (2013), S. 50

<sup>421</sup> Vgl. Amann, W., et al. (2013), S. 51

#### STUFE 1 - ignorant

Die Beteiligten wissen bewusst oder unbewusst nichts über Komplexität, nehmen diese nicht wahr oder verleugnen sie. An Zielverfehlungen ist das Umfeld schuld. Weiterbildung wird vernachlässigt.

#### STUFE 2 - sozialisiert

Die Beteiligten schließen sich der vorherrschenden Meinung der Gruppe an. Die Grundhaltung wird durch den Gruppenzwang nicht hinterfragt. Hier fühlen sich diejenigen wohl, die anweisungsorientiert sind und Geborgenheit möchten. Das sozialisierte Denken kann durch interne, aber auch durch externe Meinungsführer entwickelt werden. Es besteht die Gefahr, dass eine ganze Gruppe desorientiert ist.

#### STUFE 3 - informiert

Die Beteiligten relativieren eigene Erfahrungen und filtern Erklärungen von Komplexitätsherausforderungen. Es herrscht kein uneingeschränktes Obrigkeitdenken und Gehorsam. Es werden eigene Ziele und Strategien verfolgt. Dadurch ist eine objektive Betrachtung der eigenen Glaubenssätze nur schwer möglich. Es besteht die Gefahr, dass die eigenen Lösungen nicht mehr aktuell sind und Ausnahmen benötigen. Diese Einstellung darf nicht zu mangelnder Selbstreflexion und gedanklicher Flexibilität oder Neugierde führen.

#### STUFE 4 - differenziert

Die Beteiligten haben Filter für komplexitätsrelevante Vorgänge. Sie können diese erkennen, speichern und anwenden oder ersetzen. Es besteht eine Offenheit für Neues und man passt sich der neuen Situation an. Mehrere Handlungsmöglichkeiten lassen sich parallel anwenden. Die Anzahl der Möglichkeiten zur Vereinfachung, Verkomplexifizierung oder Verschiebung steigt. Diese Anwender sind Innovatoren und können sich zu Meinungsführern entwickeln. Sie gehen über die Bequemlichkeit der Stufe 2 oder der emotionalen Unabhängigkeit der Stufe 3 hinaus. Sie verstehen, dass es oftmals keine optimale Lösung geben wird und Situationen nur temporären Charakter haben und gehen mit Widersprüchen und Meinungsvielfalt viel leichter um.<sup>422</sup>

In einer konstruktivistischen Denkrichtung ist die wahrgenommene Welt eine Realität unseres Geistes. Sie reflektiert nicht die Wirklichkeit, sondern eine Wahrnehmung. Ein vollständiges Bild der Wirklichkeit bleibt uns verborgen. Das vorherrschende kausale Denken erfasst oftmals nicht die komplexen Wirkungszusammenhänge.<sup>423</sup> Auch wenn die Komplexität des gesamten Systems höher ist als das einzelne Element, so lässt sich dennoch kein vollständiges Modell aufbauen. Hierzu müssten alle Eigenschaften des Systems nach außen sichtbar sein. Bezogen auf ein soziales System ist es aber nicht möglich festzustellen, ob ein Mensch tatsächlich so denkt wie er handelt.<sup>424</sup>

Durch steigende Komplexität erhöht sich die Informationsmenge, die notwendig ist, ein System zu erkennen. Dies übersteigt oftmals das Auffassungs- und Leistungsvermögen des Menschen.<sup>425</sup> Das Individuum kann in einer komplexen Welt nicht mehr als linear denkender Mensch agieren, da in komplexen Systemen die menschliche Wahrnehmung nur fragmentiert und ungenau sein kann. Es besteht hier nur noch die Basis einer beschränkten Rationalität.<sup>426</sup>

---

<sup>422</sup> Vgl. Amann, W., et al. (2013), S. 50–52

<sup>423</sup> Vgl. Eschenbruch, K. (unbek.): "Das Projekt als Konstrukt - Hard- und Softskills des Projektmanagements"

<sup>424</sup> Vgl. Grimm, R. (2009), S. 41–42

<sup>425</sup> Vgl. Joedicke, J. (1969): "Moderne Architektur", Krämer, Stuttgart

<sup>426</sup> Vgl. Mayer, T.-L., et al. (2008): "Advanced project Management", Lit, Berlin, Münster, S. 216

### 3.2.8 Die Fähigkeit zur Musterbildung

Die Fähigkeit der Betrachter zur Wahrnehmung der Komplexität ist stark abhängig von deren Kompetenzen zur Mustererkennung, dabei sind die Grundlagen in den Eigenschaften des menschlichen Gehirns vorhanden. Die Realität eines Einzelnen führt nicht zu einem Konsenzverhalten. Vielmehr müssen die Beobachtungen aller Beteiligten zusammenhängend betrachtet werden. Eine reine Betrachtung von Komplexität durch Messung einzelner Bestandteile führt nur bedingt zum Erfolg.<sup>427</sup>

Ein Kardinalfehler in der Erfassung von Komplexität ist die Scheu vor subjektiven Faktoren. Man befürchtet, den sicheren Boden wissenschaftlicher Grundlagen zu verlassen. Dabei geht es letztlich darum, ein „Abbild“ der Realität zu erstellen, das über eine Wiedererkennung von „Mustern“ (auch: pattern recognition) funktioniert. Das so erstellte Modell berücksichtigt die Beziehungen zwischen den einzelnen Systemkomponenten und lässt auch bei dynamisch bedingter Veränderung noch einen Rückschluss auf das Gesamte zu. Das Ergebnis ist oftmals verlässlicher, als es über exakte Messwerte und Rechenprozesse möglich wäre.<sup>428</sup> Fundiertes Wissen über Komplexität und Mustererkennung führt letztlich zum Verstehen der Regeln und der zugrundeliegenden Prinzipien. Es erzeugt „Weisheit“ im Umgang mit Komplexität (siehe hierzu nachfolgende Abbildung).

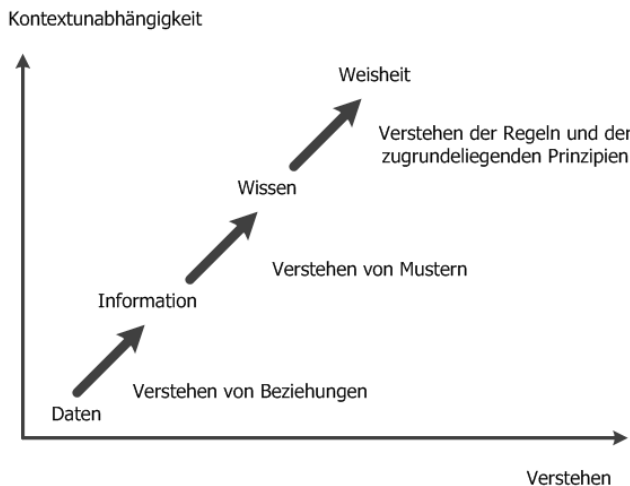


Abb. 35: Verstehen vs. Kontextunabhängigkeit nach Lent (e. D.)<sup>429</sup>

Individuales, partikuläres Wissen, verbunden mit impliziert eingebrachtem Wissen, bildet eine stabile Grundlage eines Informationsportfolios für die Zusammenarbeit in sozialen Systemen, wie z. B. Projektteams. Je solider dieses Wissensfundament ist, desto sicherer lassen sich die Muster von Zusammenhängen erkennen und die gewünschten Ergebnisse zielorientiert steuern.

### 3.2.9 Fuzzylogik

Fuzzylogik (engl. fuzzy logic) beschreibt ein Logiksystem, das mehrere bis unendlich viele Wahrheitswerte kennt, sodass eine Darstellung und Verarbeitung unbestimmter Informationen (z. B. fast fertig,

<sup>427</sup> Vgl. Amann, W., et al. (2013), S. 36

<sup>428</sup> Vgl. Vester, F. (2011), S. 21

<sup>429</sup> Vgl. Lent, B. (2013): "IT-Projektmanagement als kybernetisches System", Imprint: Springer Vieweg, Wiesbaden, S. 284

sehr teuer, einzigartige Architektur u. a.) möglich ist. Der Begriff ist aus dem Englischen fuzzy = verschwommen abgeleitet.<sup>430</sup>

Die Stärke der Fuzzylogik-Systematik liegt in der Beschäftigung mit komplexen Vorhaben. Das Erkennen von Mustern liegt hier im Fokus. Die Situationen werden mit unbestimmten Eigenschaften wie wenig, mittel, viel oder unscharf bzw. unbestimmt definiert. Der Grundgedanke liegt darin, dass für viele Entscheidungen ungenaue Werte, wie „vielleicht“ oder „sowohl als auch“ ausreichen, anstatt starre Ja-Nein-Aussagen zu verwenden. Man erfasst Realitäten durch Unschärfen über die Bildung intuitiver Muster und der Betrachtung von Wechselwirkungen.<sup>431</sup>

Unser Gehirn ist in der Lage, die individuell wahrgenommene Wirklichkeit zu einem Ganzen zu ergänzen, obwohl Teile im betrachteten System fehlen. Sobald die wesentlichen Bausteine eines Systems vorhanden sind, reicht ein Bruchteil von Daten aus, um es zu charakterisieren. Nach diesem Prinzip funktioniert auch die Fuzzylogik. Zur praktischen Anwendung dieser Methode und zum Erkennen der jeweiligen Muster zählen zwei wesentliche Voraussetzungen:

- Reduktion von Informationen auf Schlüsselvariablen (Superzeichen) und
- Kenntnisse über die Vernetzung der Komponenten

Dieses Verfahren lässt sich auch für größere komplexe Systeme wie Unternehmen oder Bauvorhaben anwenden. Jedes System bildet über diese Methodik ein „Gesicht“ aus, das durch die Schlüsselvariablen und den Beziehungen zwischen diesen gebildet wird und letztlich das Systemverhalten interpretieren lässt.<sup>432</sup> Für einen Prozess im Projektmanagement bedeutet dies beispielsweise die

- Ermittlung von Zeitbedarf je Aktivität (Schätzung)
- Ermittlung von Ressourcenbedarf je Aktivität (Schätzung)
- Festlegung von Vorgänger-Nachfolger-Beziehungen zwischen den Aktivitäten

Prozesse nach Fuzzylogik zu führen bedeutet, Unschärfen sichtbar und für weitere Entscheidungen deutlich zu machen.<sup>433</sup>

### 3.2.10 Entwicklungsstufen zur Wahrnehmungsfähigkeit

AMANN beschreibt die Notwendigkeit einer aufbauenden Systematik zur Entwicklung der Wahrnehmung von Komplexität. Zum ganzheitlichen Umgang mit Komplexität bedarf es einer Betrachtung, die sich auf Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft bezieht und unterschiedliche Ansätze der Betrachtung benötigt. Er definiert hierzu drei Betrachtungsstile<sup>434</sup>:

- CSI-Ansatz
- Staatsmännischer Stil
- Meta-Detailierungsansatz

---

<sup>430</sup> Vgl. Duden.de: "Stichwort: Fuzzylogik, online im Internet:", <http://www.duden.de/rechtschreibung/Fuzzylogik> [zuletzt geprüft am: 09.12.2016]

<sup>431</sup> Vgl. Brandes, D. & Brandes, N. (2014), S. 201

<sup>432</sup> Vgl. Vester, F. (2011), S. 55–56

<sup>433</sup> Vgl. Dörfel, F. (unbek.): "Fuzzy Projektmanagement"

<sup>434</sup> Vgl. Amann, W., et al. (2013), S. 64

DER CSI-ANSATZ: Die Systemwelt wird als eindeutig abbildbar und berechenbar verstanden. Man verwendet ausschließlich belegbare Tatsachen und analysiert bis in kleinste Details und errechnet einen Komplexitätsgrad. Es werden hieraus logische Handlungsempfehlungen entwickelt (Secundam non datur - es gibt keine Alternativen). Der Ansatz fokussiert auf die Aufgabenerledigung und die Prozesse und betrachtet nur Inhalte, nicht das System als Ganzes. Andersdenkende werden ignoriert. Weiche Faktoren wie Emotion, Bauchgefühl, Umfeld etc. werden ausgeblendet, denn sie sind nicht greifbar und somit nicht messbar, also keine Realität. Man denkt System nur als „Blackbox“, deren Inhalte exakt definiert sind. Der zeitliche Bezug durch die Dynamik von Veränderungen wird ausgeblendet, somit gilt die ermittelte Lösung nur für einen bestimmten Zeitraum. Man orientiert sich an der Gegenwart, nicht an der Zukunft. Führungskräfte mit diesem Ansatz verbringen mehr Zeit mit der inhaltlichen Erarbeitung als mit der zielgerichteten Umsetzung ihrer Lösungen. Sie geben sich gerne als Experten und vernachlässigen mögliche Motivationseffekte. Mit der vorgelegten Lösung scheint ihre Hauptaufgabe erledigt. Dieser Ansatz ist von sachlichem Realismus geprägt.<sup>435</sup>

DER STAATSMÄNNISCHE ANSATZ: In diesem Ansatz zählt überwiegend die große Idee. Leicht verständlich, aber auch gleichzeitig genial soll sie sein. Die Idee kommt noch vor der Analyse und benötigt für die Lösung keine weitreichenden Details mehr. Man orientiert sich nicht an den Realitäten sondern an der Vision. Nicht die Spielelemente sind entscheidend, sondern das Spiel selbst ist entscheidend. Das System ist nicht berechen- oder beherrschbar. Informationen sind immer unvollständig oder widersprüchlich. Somit werden Entscheidungen immer auf unvollständigen Tatsachen getroffen. Diskussionen um Details sind nicht erforderlich, da die Lösung von der Flexibilität der Umsetzung abhängt. Der Fokus liegt auf der Zielerreichung, nicht auf den Inhalten. Aufgaben und Prozesse sind nicht unwichtig, treten aber gegenüber dem Verhandeln von Lösungen zurück. Weiche Faktoren wie Emotionen oder Verhalten werden intensiv betrachtet und in die Lösung integriert. Emotionale Intelligenz wird wichtiger. Führungskräfte mit diesem Ansatz planen ihre Auftritte mit persönlicher Motivations- und Überzeugungskraft und weniger mit der Darstellung von Inhalten.<sup>436</sup>

DER META-DETAILLIERUNGSANSATZ: Der dritte Ansatz setzt die Kenntnisse der vorhergehenden Ansätze voraus und konstatiert, dass diese Realität sind. Die Inhalte der Ansätze müssen verstanden sein, dann lassen sich diese auf die jeweiligen Beteiligten anwenden. Fasst man die drei Ansätze (siehe Abb. 7) zusammen, wird bewusst, dass nur durch die Meta-Detaillierung die Schwächen der anderen Sichtweisen kompensiert werden können.<sup>437</sup>

### 3.2.11 Die Entwicklung des Bauchgefühls

Wie in den vorhergehenden Betrachtungen bereits ausgeführt, haben Betrachter in der Wahrnehmung von Komplexität unterschiedliche Verständnisse. Was dem Einen komplex erscheint, kann dem Anderen kompliziert erscheinen. Es ist daher wichtig, Transparenz zu schaffen, damit alle das gleiche Verständnis erlangen können. Komplexität ist nicht vollständig beherrschbar. Es ist aber möglich, die Zusammenhänge zu erlernen, damit umzugehen und das Verhalten entsprechend anzupassen. In sozialen Systemen sind Menschen die wesentlichen Elemente. Menschen machen Fehler. Eine Nullfehlerto-

---

<sup>435</sup> Vgl. Amann, W., et al. (2013), S. 65–66

<sup>436</sup> Vgl. Amann, W., et al. (2013), S. 66–68

<sup>437</sup> Vgl. Amann, W., et al. (2013), S. 68–70

leranz ist daher in der Realität nicht möglich. Je höher die Komplexität, desto wahrscheinlicher ist das Auftreten von Fehlern.<sup>438</sup>

Zur Wahrnehmung und Umgang mit komplexen Systemen ist somit nicht nur ein theoretisches Wissen über die systemischen Zusammenhänge erforderlich. Es erfordert eine globale Denkweise, weg von der reinen deterministischen Welt. Weiche Faktoren spielen hier eine große Rolle. Im täglichen Sprachgebrauch treten in diesem Zusammenhang die Begriffe „Bauchgefühl“<sup>439</sup> <sup>440</sup> oder „gesunder Menschenverstand“ auf. Eine Kombination aus Wissen und Gefühl für einen bestimmten Sachverhalt ist für den Umgang mit Komplexität unerlässlich. Bauchentscheidungen lassen ein Gefühl für optimale Entscheidungen spüren, die aufgrund wahrgenommener Einflussfaktoren getroffen werden. Diese Entscheidungen erfolgen oftmals unbewusst und mit sehr kurzer Reaktionszeit. Die Richtigkeit dieser Entscheidung hängt vom jeweiligen Informationsstand und der Erfahrung des Akteurs ab.<sup>441</sup>

Instinktiv wenden Menschen bei komplexen Situationen eine Mischung aus Bauchgefühl und Abschätzen an. Als geeignetes Instrument bietet sich hier ein Modell aus Ursache-Wirkung-Analyse an. Mit einem Modell lässt sich das Bauchgefühl auf die Probe stellen und in seinen Auswirkungen darstellen. Komplexe Vorgänge sind nie vollständig bestimmbar, da die Menschen als Elemente im System nicht berechenbar sind. Man kann sich diesen aber über geeignete Verhaltensmuster und Annahmen nähern.<sup>442</sup>

Den Betrachtern liegt oftmals eine Vielzahl von Informationen durch Zahlen, Daten und Fakten vor. Allein durch diesen Input lassen sich nur bedingte Realitäten ermöglichen. Die Vielzahl alleine ist nicht ausschlaggebend, sondern die Qualität der Informationen. Experten mit langjährigen Erfahrungen haben ein Bauchgefühl entwickelt. Sie fühlen intuitiv, was falsch oder richtig ist. Der erste Schritt hierzu ist sicherlich, die eigenen Gefühle wahrzunehmen und zu registrieren, und somit zu lernen, was Bauchgefühl überhaupt bedeutet.<sup>443</sup>

### 3.2.12 Handlungsoptionen zum Umgang mit Komplexität

Die Fähigkeit zur Wahrnehmung schafft Realität. Eine verzerrte Wahrnehmung führt zu ungeeignetem Handeln. Das komplexeste Element in einem System ist der Mensch. Der Mensch kann als Absorptionsmechanismus für Komplexität wirken oder die Komplexität erhöhen. Komplexitätslösungen müssen bezüglich Wahrnehmungs-, Beschleunigungs-, Energie- und Organisationsfallen geprüft werden. Ein traditioneller, deterministischer Führungsstil ist in Organisationen eher zu vermeiden.<sup>444</sup> Beim Umgang mit Komplexität liegt sowohl ein Mangel an Erkenntnissen als auch oftmals hoher Handlungsbedarf vor. KIRCHHOF definiert diesen Mangel als Lücken und nennt hier folgende Aspekte:<sup>445</sup>

- *„viele Variablen mit ihren Bedeutungen und Ausprägungen,*
- *Intransparenz der Ausgangslage bei der Problemerkennung,*

<sup>438</sup> Vgl. Lange, S. (2015), S. 117

<sup>439</sup> Vgl. Duden.de: "Stichwort: Bauchgefühl, online im Internet:", <http://www.duden.de/rechtschreibung/Bauchgefuehl> [zuletzt geprüft am: 02.11.2016]

<sup>440</sup> "Bauchgefühl" beschreibt eine emotionale, nicht vom Verstand geleitete Einschätzung einer Situation oder Sachverhalts, das allgemein auch unter Ahnung, Empfindung oder Intuition bezeichnet wird.

<sup>441</sup> Vgl. Neumann, K. (2009): "KNOW-WHY: Management kapiert Komplexität", Books on Demand, Norderstedt, S. 38

<sup>442</sup> Vgl. Neumann, K. (2009): "KNOW-WHY: Management kapiert Komplexität", Books on Demand, Norderstedt, S. 39

<sup>443</sup> Vgl. Gessler, M. (2012), S. 2009

<sup>444</sup> Vgl. Amann, W., et al. (2013), S. 122

<sup>445</sup> Vgl. Kirchof, R. (2003), S. 16

- *Informationsüberladung und die Schwierigkeit, zwischen Wesentlichem und Unwesentlichem zu trennen,*
- *Zielunklarheit und Zielvielfalt,*
- *Dynamik und Eigendynamik der Entwicklung von Variablen, Zielen und Zuständen des Systems und der Umsysteme und der*
- *Vernetztheit der Variablen, Ziele und Zustandsfolgen<sup>446</sup>*

GOMEZ hat zum Umgang mit Komplexität unterschiedliche Problemstellungen analysiert und leitet drei Problemkategorien A-C aus der Analyse ab:<sup>446</sup>

Kategorie A: Organisierte Einfachheit

Merkmale sind hier überschaubare Anzahl und Vielfalt der Variablen sowie klare Beziehungen zwischen den Variablen und klare Zieldefinitionen. Probleme dieser Kategorie lassen sich mit klassischen analytischen Instrumenten und Methoden behandeln.

Kategorie B: Unorganisierte Komplexität

Merkmale sind hier eine hohe Anzahl und Vielfalt der Variablen sowie zufallsbestimmte Beziehungen zwischen den Variablen. Probleme dieser Kategorie lassen sich mit stochastischen Techniken (z. B. Statistik) behandeln.

Kategorie C: Organisierte Komplexität

Merkmale sind hier eine sehr hohe Anzahl und Vielfalt der Variablen sowie Ordnungsmuster der Abhängigkeiten zwischen den Beziehungen der Variablen. Ziele sind nicht einwandfrei bestimmbar. Probleme dieser Kategorie lassen sich mit ganzheitlichen systemorientierten Problemlösungstechniken behandeln.<sup>447</sup>

Alle dargestellten Problemkategorien erfordern vom Betrachter Selektion nach den Systemelementen und Beziehungen, die für die Erkennung und Lösung des Problems bestimmend sind. Dieses Selektieren bedeutet andererseits jedoch auch ein Risiko ob der vorhandenen Unsicherheiten. Der Betrachter muss seine jeweilige Entscheidung und die daraus resultierende Systemveränderung akzeptieren, aber auch seine Erfahrungen daraus ziehen. Die Betrachtung der funktionalen Komplexität ist subjektiv. Somit können keine absoluten, objektiven Wahrheiten erwartet werden. Die Aussagen repräsentieren immer nur die dem jeweiligen Betrachter zugängliche Realität für seine Interpretation. In Systemen, in denen Menschen agieren, ist der funktionalen Komplexität immer Beachtung zu schenken.<sup>448</sup>

Problemlösungen werden oftmals weniger vernetzt gedacht als es für den Umgang mit Komplexität erforderlich ist. Mithilfe von Versuchspersonen konnte DÖRNER<sup>449</sup> aufzeigen, dass Menschen im Problemlösungsprozess Fehler begehen. Hierbei sind folgende grundlegenden Fehler aufgetreten:<sup>450</sup>

- Tendenzielles, isolierendes Ursache-Wirkungs-Denken
- Nichterkennen von Variablen und deren Abhängigkeiten
- Nichterkennen von Beziehungen, Ordnung und Dynamik
- Lineares Denken statt nicht-linearem Denken (exponentiell, zyklisch etc.).

<sup>446</sup> Vgl. Gomez, P. (1981), S. 15

<sup>447</sup> Vgl. Kirchhof, R. (2003), S. 16

<sup>448</sup> Vgl. Kirchhof, R. (2003), S. 16–17

<sup>449</sup> Vgl. Dörner, D. (2012), S. 324–325

<sup>450</sup> Vgl. Höfling, W. (1996): "Vernetzt Denken" [zuletzt geprüft am: 25.01.2015]



Zur Verbesserung des Komplexitätsverhaltens werden folgende Maßnahmen vorgeschlagen:

- Betrachtung des Problems aus unterschiedlichen Perspektiven
- Analysieren von Elementen
- Analysieren der Vernetzung aller Subsysteme
- Verknüpfung der Subsysteme zu einem Gesamtsystem
- Analysieren der Dynamik und Intensitäten aller beteiligten Komponenten
- Analysieren der steuerbaren Elemente und
- Definieren der steuernden Eingriffe in das System

Zusammenfassend ergeben sich für die Wahrnehmung von Komplexität folgende Zusammenhänge und Rückschlüsse:

- Aktivitäten werden oftmals nicht bewusst reflektiert. Instinktiv verhält man sich richtig, ohne den Grund dafür zu kennen. Aus gemachten Erfahrungen hat man ein „Bauchgefühl“ für Situationen entwickelt. Die gemachten Erfahrungen müssen systemisch in ein Steuerungsmodell einbezogen werden.
- Verhaltensmuster sind oftmals nicht ohne gewisse Unberechenbarkeiten oder systematisches Handeln. Je besser ein Systemmodell beim Akteur verinnerlicht ist, desto zielorientierter werden seine Aktivitäten kanalisiert und strukturiert.<sup>451</sup>
- Es ist notwendig, sich seine Ziele klar zu machen. Nicht alle Ziele sind gleichzeitig zu erreichen. Zwischen den Zielen können gegenseitige Beeinflussungen bestehen. Ziele müssen kompromissbereit gesteuert werden. Ziele benötigen Schwerpunkte, die der Dynamik der Veränderungen angepasst werden müssen.
- Es ist notwendig, sich ein „Modell“ des Systems zu verschaffen, damit die Dynamik frühzeitig erkannt und mitgestaltet werden kann. Informationen sollen die richtige Menge und Qualität haben, um somit eine gute Steuerungsmöglichkeit zu bekommen. Wirkungen sollten nicht ausschließlich auf eine Ursache reduziert werden sondern im Gesamtkontext des Systems betrachtet werden. Es sollten die Handlungen der Beteiligten betrachtet werden und die Frage, warum Jemand etwas tut und wie er es tun würde. Hieraus lassen sich Rückschlüsse auf mögliche Dynamik schließen.
- Es ist notwendig, die eigenen Fehler zu analysieren. Hieraus lassen sich Erkenntnisse auf notwendige Veränderungen des eigenen Handelns schließen und anpassen.<sup>452</sup>

### 3.2.13 Folgerungen für die Wahrnehmung von Komplexität

Systeme, die der Geist als Konstrukt einer möglichen Realität bildet, müssen mit der Realität abgeglichen werden. Mit einer konstruktivistischen Sicht lässt sich eine Vielzahl von Anforderungen an den Umgang mit Komplexität in Systemen behandeln. Es wird jedoch deutlich, dass Fähigkeiten im Bereich der Sensorik (z. B. Bauchgefühl oder ganzheitliches Denken) zu unerlässlichen Softskills zum Umgang mit komplexen Projekten unabdingbar sind.<sup>453</sup>

---

<sup>451</sup> Vgl. Malik, F. (2008), S. 314

<sup>452</sup> Vgl. Dörner, D. (2012), S. 324–325

<sup>453</sup> Eschenbruch, K. (unbek.): "Das Projekt als Konstrukt - Hard- und Softskills des Projektmanagements"

Das eigene Verhalten führt oftmals zu erhöhter Komplexität durch den Wunsch, alles perfekt haben zu wollen. Die nicht vorhandene Fehlerkultur führt zu Angst vor Fehlern und Mut zu Risiken. Hierzu ist die Erkenntnis erforderlich, dass nicht alles perfekt sein kann und es eine Ungewissheit gibt, die im realen Leben nicht planbar ist.<sup>454</sup> Systeme verbinden Menschen, Institutionen und Prozesse. Komplexitätsmanagement bedeutet zu erkennen, wie deren Abhängigkeiten untereinander das System beeinflussen.<sup>455</sup>

Aus den allgemeinen Rückschlüssen zur Wahrnehmung und zum Umgang mit Komplexität lassen sich zehn grundlegende Aspekte auf das Handeln in Bauvorhaben übertragen<sup>456</sup>:

1. Projekte benötigen Ziele und Regeln. Regeln müssen dort konkret sein, wo sie dauerhaft richtig sind und unbedingt eingehalten werden müssen. Sie müssen flexibel sein, wenn dies der Projektwirklichkeit und den Gegebenheiten nach erforderlich ist. Regeln sollen Probleme lösen oder verhindern und nicht nur blind befolgt werden. Modelle oder Leitfäden, die an die Wirklichkeit angepasst sind, sind zielführender.
2. Projekte sprengen alle Regeln, die nicht auf Dauer richtig oder konkret genug sind.
3. Aufgabe des Projektmanagements ist das Bilden projektorientierter Aufbau- und Ablaufstrukturen. Die Gestaltung dieser Strukturen sollte unter Berücksichtigung von systemischer Komplexität erfolgen.
4. Projekte sind einer ständigen Veränderung unterworfen. Die Gestaltung der Veränderungsprozesse ist ebenso wichtig wie die Strukturen selbst.
5. Die Realität wird durch individuelle mentale Modelle bestimmt. Diese bestimmen Wahrnehmung und Handeln im Projekt.
6. Die individuellen Modelle müssen durch gemeinsame mentale Modelle verknüpft werden. Die Fähigkeit zum Umgang mit Komplexität muss auf eine breitere gemeinsame Basis gestellt werden.
7. Qualifizierte Informationsorganisation in Verbindung mit hoher Transparenz ermöglicht eine effiziente Aufgabenerledigung.
8. Projektstrukturen und Handlungsoptionen müssen ausgewogen sein. Dem notwendigen Grad an Komplexität muss ein notwendiger Grad an Ordnung entgegengestellt werden. Eine ständige Anpassung ist erforderlich.
9. Projekte sind soziale Systeme aus Menschen, Beziehungen und Regeln. Die Menschen als handelnde Elemente im Projekt dürfen nicht nur als Strukturelement verstanden werden. Die Relationen zwischen den Beteiligten und das Handeln innerhalb der gesetzten Regeln sind mitentscheidend.
10. Das Überleben des Systems ist wichtiger als das einzelne Element (Mensch) in der Struktur. Gute oder schlechte Ergebnisse werden nicht durch Einzelne erbracht, sondern nur durch das System.

---

<sup>454</sup> Vgl. Brandes, D. & Brandes, N. (2014), S. 27

<sup>455</sup> Vgl. Russell-Walling, E. (2011), S. 173–175

<sup>456</sup> Vgl. Grasl, O. (2004), S. 22–23

## 3.3 Eigenschaften der Komplexität in adaptiven Systemen

### 3.3.1 Basisaussagen

Der Begriff Komplexität wird in der Literatur sehr differenziert betrachtet. Eine eindeutige Begriffsbildung wird aufgrund der unterschiedlichen Betrachtungen erschwert. Zur Abgrenzung und Positionsbestimmung ist jedoch eine klare Festlegung zu treffen, ohne die eine weitere Bearbeitung dieser Arbeit nicht möglich ist. Für die weitere wissenschaftliche Betrachtung wird daher eine detaillierte Spezifikation durch eine klare Festlegung und Verwendung von festen Regeln formuliert. Es erfolgt ein Versuch der pragmatischen Übertragung zur Anwendung auf komplexe Systeme in Bauvorhaben. Ausgehend von BANDTE<sup>457</sup> wird der Begriff Komplexität konzentriert auf Grundlage charakteristischer Eigenschaften komplexer Systeme.

Nach den Begriffserklärungen von SENGE<sup>458</sup> und DÖRNER<sup>459</sup> werden die Systemelemente als Entitäten bezeichnet, deren Rückkopplungen in Form von Regeln gefasst werden können. Im Gesamtsystem lässt sich zwischen einem funktionalen, strukturalen und hierarchischen Prinzip unterscheiden. Zentrum des funktionalen Systems bildet die Blackbox-Denkweise mit ihren In- und Outputs, die sich in ihrer Funktion nicht ableiten lässt. Über Veränderung des Inputs lässt sich aus dem Ergebnis des Inputs auf eine Funktion schließen, ohne jedoch mögliche Wechselwirkungen zu betrachten. Nach dem strukturalen Systemkonzept bilden die verknüpften Elemente die Gesamtheit des Systems. Elemente können hier Objekte (z. B. Bauwerk) oder Subjekte (z. B. Menschen) sein. Die Erklärung erfolgt über das Zusammenwirken der systembauenden Teile.<sup>460</sup> Das hierarchische System definiert Systemebenen über Subsysteme innerhalb des Gesamtsystems.

BANDTE folgend wird für die weitergehende Betrachtung folgende Definition gewählt:

*„Ein System ist eine kognitiv wahrnehmbare Entität, deren auf der jeweiligen Systemebene nicht weiter zerlegbare Elemente in Relation (Rückkopplungen, physisch/nichtphysisch) zueinander stehen und unterschiedliche Charakteristika bzw. Zustände aufweisen können, so dass auf einer übergeordneten Ebene ein gemeinsames Verhalten erzeugt wird und sich eine Innen/Außen-Differenz zum Umfeld herausbilden kann.“<sup>461</sup>*

Unter Berücksichtigung der verschiedenen Perspektiven der Komplexitätswissenschaften und einer systemtheoretischen Grundausrichtung werden nach BANDTE zwölf Eigenschaften komplexer Systeme identifiziert, die als Basis der weitergehenden Untersuchung dienen. Diese Eigenschaften werden dieser Arbeit zugrunde gelegt. Die Übertragung erfolgt in dem Bewusstsein, dass die von BANDTE getroffene Auswahl den Stand der Forschung darstellt, ohne jedoch einen Anspruch auf Vollständigkeit oder Veränderbarkeit erheben zu können. Die hier gewählten Eigenschaften von Systemen werden in diesem Kapitel erläutert und sollen die Basis für die systemtheoretische Betrachtung der Eigenschaften von Bauvorhaben im Hauptteil der Arbeit darstellen.

---

<sup>457</sup> Vgl. Bandte, H. (2007)

<sup>458</sup> Vgl. Senge, P. M. (1994), S. 90

<sup>459</sup> Vgl. Dörner, D. (2012), S. 109

<sup>460</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 90

<sup>461</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 91

BANDTE betrachtet Eigenschaften, die für komplizierte und für komplexe Systeme angewendet werden können. Die gewählten Eigenschaften können weitgehend alleinstehend betrachtet werden. Zusammenfassend werden folgende Eigenschaften und ihre Interdependenzen untersucht: Vielzahl und Varietät, Dynamik, Überlebenssicherung, Pfadabhängigkeit, Rückkopplungen, Nichtlinearität, Offenheit, Begrenzte Rationalität, Selbstorganisation, Selbstreferenz, Emergenz und Autopoiese.<sup>462</sup>

Die ausgewählten Eigenschaften können anschaulich in einem Dodekagon dargestellt werden:

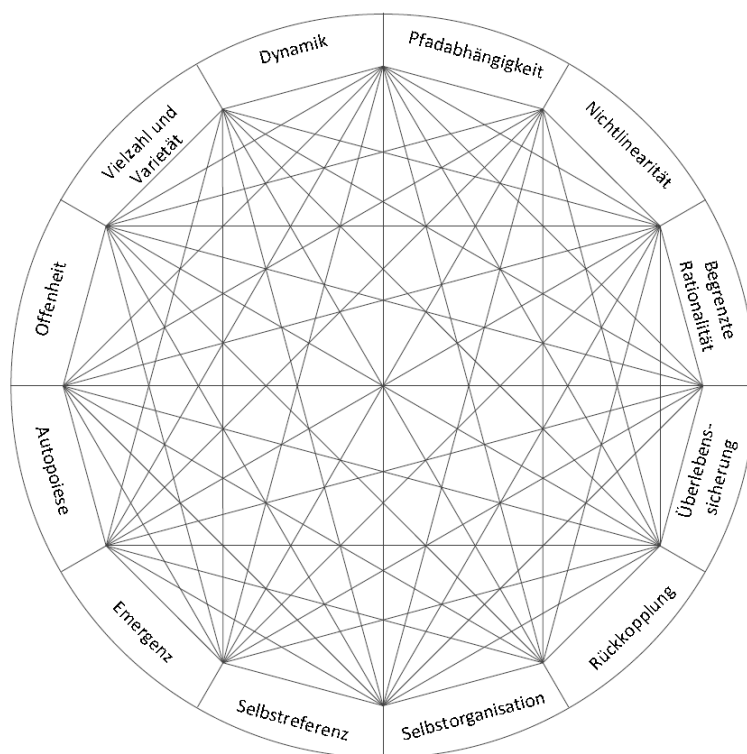


Abb. 36: Eigenschaften komplexer Systeme nach Bandte (e. D.)<sup>463</sup>

### 3.3.2 Vielzahl und Varietät

Ein wesentliches Merkmal komplexer Systeme ist die Vielzahl und Vielfalt (Varietät) der Elemente (z. B. Objekte oder Menschen) und deren Verknüpfungen. Die Anzahl der Elemente ist eine messbare Größe. Dieses Attribut reicht alleine nicht zur Beschreibung der Komplexität aus, da es die Relationen der Elemente untereinander nicht berücksichtigt. Vielzahl ist jedoch ein Kennzeichen, das komplexe Systeme erst begünstigt. Nach LUHMANN wächst die Komplexität eines Systems, wenn „... *nicht mehr jedes Element mit jedem anderen verknüpft sein kann*“.<sup>464</sup> Wenn also aufgrund der Vielzahl von Elementen die Verknüpfungen nicht mehr nachvollziehbar sind, steigt die Komplexität eines Systems.

Ein weiteres Kennzeichen ist Steigerung einer möglichen Vielfalt (Varietät), die durch die Erhöhung der Elementanzahl begünstigt wird. Gleichzeitig steigen mit Vielzahl und Vielfalt auch die Anzahl und

<sup>462</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 92

<sup>463</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 93

<sup>464</sup> Vgl. Luhmann, N. (1994), S. 46

Möglichkeiten von Rückkopplungsprozessen. Nicht auszuschließen ist die Möglichkeit, dass durch eine hohe Varietät von Relationen auch schon bei geringerer Anzahl von Elementen eine hohe Komplexität vorherrschen kann.

Das Merkmal der Vielzahl und Varietät ist auf große Bauvorhaben übertragbar. Es handelt sich hier um eine spezielle Unternehmensform auf zeitlich begrenzter Basis. Als Messgröße können hier sowohl die Elemente des Objektes (z. B. Strukturen des Baukörpers u. a.) oder die Elemente des Projektes (z. B. beteiligte Planungs- und Bauorganisationen) dienen. Mit ausreichender Kenntnis der Systemvarietät lassen sich Rückschlüsse über die Stabilität des Systems ableiten, ohne jedoch ein wirklichkeitsgenaues Abbild des komplexen Gesamtsystems zu erlangen.<sup>465</sup>

Kenntnisse über Varietät und Verknüpfungen komplexer Systeme liefern einen wesentlichen Beitrag zum Verständnis der Systemstrukturen. Varietät stellt die Elementvielfalt dar, wogegen Verknüpfungen auf die Beziehungsvielfalt der Elemente abheben. Varietät baut auf einem quantitativen Komplexitätsverständnis auf und wird deterministisch zur Erklärung komplexer Strukturen verwendet. Im Rahmen dieser Begriffsdefinition wird Komplexität als Fähigkeit eines Systems verstanden, das innerhalb eines Zeitverlaufs eine große Zahl von unterschiedlichen Zuständen annehmen kann. Zu berücksichtigen ist, dass auch die Wirkungsverläufe der Verknüpfungen einer Veränderlichkeit unterliegen.

Bauprozesse können vergleichsweise als ökonomische und soziale Systeme verstanden werden. Nach ULRICH sind diese Systemarten nicht-trivial, also komplexe Systeme.<sup>466</sup> Die Konzentration auf wesentliche Teile oder Teilsysteme kann zu abnehmender Vielfalt führen. Die jeweilige Systemstruktur hat eine wesentliche Bedeutung für die Varietät eines Systems, da einige Strukturen die Varietät reduzieren, andere zu einer Erhöhung führen können.<sup>467</sup>

Erkenntnisse: Kennzeichen für Vielzahl und Varietät:

- Komplexität wird als Fähigkeit eines Systems verstanden, das innerhalb eines Zeitverlaufs eine große Zahl von unterschiedlichen Zuständen annehmen kann.
- Vielzahl beschreibt Art und Anzahl von Elementen und Verknüpfungen eines Systems. Sie dient zur Ermittlung der Varietät.
- Varietät bezeichnet die Entität eines Systems an Wirk-, Handlungs- und Kommunikationsmöglichkeiten. Varietät dient zur Messung von Komplexität eines Systems.
- Die Komplexität eines Systems steigt:
  - wenn bei einer Vielzahl von Elementen die Verknüpfungen nicht mehr nachvollziehbar sind.
  - bei einer Steigerung der möglichen Vielfalt (Varietät) der Elemente, die durch die Erhöhung der Vielzahl begünstigt wird.
  - bei Steigerung der Varietät von Relationen.

---

<sup>465</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 99–100

<sup>466</sup> Vgl. Ulrich, H. & Probst, Gilbert J. B (1991), S. 65

<sup>467</sup> Vgl. Schmidt, A. P. (1999), S. 247

### 3.3.3 Dynamik

*„Komplexität wird definiert als Fähigkeit eines Systems, in einer gegebenen Zeitspanne eine große Zahl von verschiedenen Zuständen annehmen zu können.“<sup>468</sup>*

Die Dynamik berücksichtigt die Veränderlichkeit eines Systems in Abhängigkeit des zeitlichen Verlaufs. Dieses Merkmal stellt für komplexe Systeme eine zentrale Grundlage dar. Sie bestimmt, ob sich aus komplizierten Systemen komplexe Systeme entwickeln. Neben den physischen Beziehungen zwischen den Elementen ist auch der Austausch von Informationen ein Bestandteil der Systemdynamik. Der Begriff der Dynamik lässt sich durch vier abstrakte Kennzeichen: Beweglichkeit, Andersartigkeit, Regelmäßigkeit und Aktivitätsniveau, spezifizieren. Beweglich ist ein System, wenn es zwischen zwei Zeitpunkten eine Veränderung aufweist. Andersartig bedeutet eine qualitative oder quantitative Veränderung eines betrachteten Aspekts.

Regelmäßigkeit erklärt Veränderungen von dynamischen Ordnungsmustern und Aktivitätsniveau, in welcher Intensität einer Veränderung des Systems in einem Zeitabschnitt stattfindet. Zur Strukturierung des Dynamikbegriffs verwendet BANDTE vier Zustandsformen zur Differenzierung: stabil, periodisch, Rand des Chaos und chaotisch. Die Zuordnung zu diesen Zuständen ist gleitend. In stabilen bzw. periodischen Zuständen sind keine oder kontinuierliche Veränderungen erkennbar. Chaotisch ist ein System, wenn keine Strukturen oder Regeln vorliegen und Unordnung herrscht. Komplexe Systeme bewegen sich zwischen Stabilität und Chaos.<sup>469</sup> Vergleiche hierzu nachfolgende Abbildung:

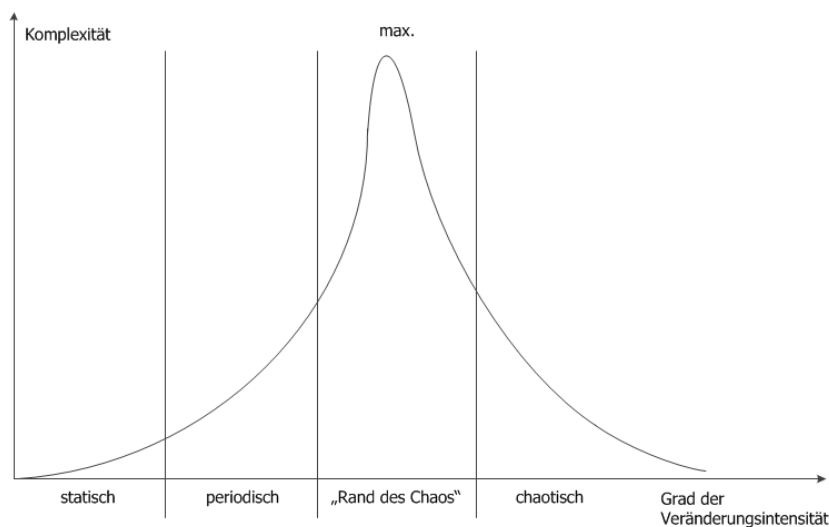


Abb. 37: Komplexität aus der Dynamik der Systemzustände nach Bandte (e. D.)<sup>470</sup>

Oftmals bezeichnet man diesen Zustand als Rand des Chaos. Anpassungswille und Freiheitsgrade eines Systems sind hier am stärksten ausgeprägt. Hier bewegt sich das System zwischen statischer Handlungslosigkeit und anarchischen Aktionen. Andererseits befindet sich hier das System in einem Zustand größter Entwicklungsfähigkeit.

<sup>468</sup> Vgl. Ulrich, H. & Probst, Gilbert J. B (1991), S. 58

<sup>469</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 95–96

<sup>470</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 97

Das Merkmal der Dynamik lässt sich auf ökonomische und soziale Systeme wie große Bauvorhaben übertragen. Diese können ihr Verhalten aktiv und autonom dynamisch verändern. Die Berücksichtigung von Dynamik ist für diese Systeme von hoher Bedeutung. Diese Systeme zeigen diese Symptome bei Störungen der festgelegten Regeln. Das System reagiert durch Unordnung, Anpassung und Formierung von neuen Ordnungen bzw. Regeln. Dies zeigt, dass komplexe Systeme stark auf externe Störungen reagieren.<sup>471</sup> Dynamik führt zu einer zunehmenden Änderungsgeschwindigkeit des Systems und treibt die Entwicklung von Komplexität an. In Organisationen führt dies bei Entscheidungen zur Lösung von Problemen zum schnellen Veralten der Entscheidungen und der Erfordernis einer stetigen Anpassung.<sup>472</sup>

Dynamische Systeme bewegen sich langfristig in bestimmte Systemzustände. Maßgebend für die Veränderung sind Attraktoren, wobei lineare Systeme nur Fixpunkt-Attraktoren besitzen. In Grenzbereichen der nichtlinearen Systeme wiederholen sich Zustände periodisch. Verdichten sich die Zustände im Grenzbereich völlig irregulär und a-periodisch, sprechen wir von Turbulenzen oder Chaosattraktoren. Besteht das System nur noch aus Zufallsentwicklungen, haben sich alle Verbindungen gelöst und Ereignisse schwanken irregulär im System. Das System zerfällt. Dynamische Systeme bewegen sich also einerseits zwischen einer linearen Ordnung (Regularität) und Auflösung (Zerfall).<sup>473</sup>

Die Dynamik, also zeitliche Abfolge von Zuständen eines Systems, wird in der Philosophie als Kausalität von Ursache und Wirkung verstanden. Lineare dynamische Systeme entsprechen einer starken Kausalität, bei der Ursache und Wirkung proportional sind. Schwache Kausalität, bei der Ursache und Wirkung nur eindeutig determiniert sind, lässt auch (deterministisches) Chaos zu. Damit sind wir bei den nichtlinearen Systemen, deren dynamische Gleichungen Rückkopplungen von vielfältigen Ursachen und Wirkungen beschreiben.

Ein weiterer wichtiger Aspekt dynamischer Systeme ist ihre Wechselwirkung mit der Systemumwelt. Dazu werden abgeschlossene (isolierte) Systeme von offenen (dissipativen) Systemen unterschieden. Für solche Systeme ergeben sich Grade dynamischer Komplexität, die z. B. durch Zeitreihen, Attraktoren oder Fraktalität bestimmt werden können. Neue komplexe Strukturen entstehen am Rande von Zufall und Chaos, aber fern von starrer Regularität.<sup>474</sup>

Die Auswirkungen von Dynamik stehen im Zusammenhang mit einer Verzögerung im zeitlichen Verlauf und sind oftmals nicht sofort ersichtlich. Verzögerungen erschweren eine gezielte Steuerung eines Systems oder machen diese manchmal sogar unmöglich. Es entsteht eine Eigendynamik mit der ihr eigenen Unvorhersehbarkeit. Komplexe Systeme sind durch ihre Multikausalität nicht vollständig beschreibbar.<sup>475</sup>

Erkenntnisse: Kennzeichen für Dynamik:

- Dynamik beschreibt die Veränderlichkeit eines Systems in Abhängigkeit des zeitlichen Verlaufs.
- Dynamik lässt sich durch vier abstrakte Kennzeichen: Beweglichkeit, Andersartigkeit, Regelmäßigkeit und Aktivitätsniveau, spezifizieren.

---

<sup>471</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 98–99

<sup>472</sup> Vgl. Amann, W., et al. (2013), S. 43

<sup>473</sup> Vgl. Mainzer, K. (2008), S. 47

<sup>474</sup> Vgl. Mainzer, K. (2008), S. 110

<sup>475</sup> Vgl. Lange, S. (2015), S. 18–19

- Dynamik weist vier Zustandsformen zur Differenzierung auf: stabil, periodisch, Rand des Chaos und chaotisch.
- Dynamik führt zu einer zunehmenden Änderungsgeschwindigkeit des Systems und treibt die Entwicklung von Komplexität an.
- Dynamische Systeme bewegen sich langfristig in bestimmte Systemzustände. Maßgebend für die Veränderung sind Attraktoren, wobei lineare Systeme nur Fixpunkt-Attraktoren besitzen.
- Dynamische Systeme stehen in Wechselwirkung mit ihrer Umwelt. Man unterscheidet offene und geschlossene Systeme, die verschiedene Dynamikgrade aufweisen können. Diese werden bestimmt durch Zeitreihen, Attraktoren oder Fraktalität.
- Die Auswirkungen dynamischer Systeme sind oftmals nicht sofort ersichtlich, da sie im Zusammenhang mit einer Verzögerung im zeitlichen Verlauf stehen. Sie sind durch ihre Multikausalität nicht vollständig beschreibbar.

### 3.3.4 Überlebenssicherung

Biologische Systeme (wie z. B. der Mensch mit seinem vom Gehirn gesteuerten Nervensystem) beinhalten die Sicherstellung ihres Überlebens als Grundlage ihres Daseins. Soziale Organisationen sind in dieser Eigenschaft mit biologischen Systemen vergleichbar. Sichergestellt wird dieses Systemziel durch Interaktionen mit anderen Systemen und die Ausführung von Aktivitäten (z. B. Erstellung von Produkten, u. a.). Neben sonstigen Zielen gilt die Überlebenssicherung in Organisationen als elementarer Systemzweck, obwohl gleichzeitig eine Menge unterschiedlicher Zielsetzungen (wie Gewinn erwirtschaften = Attraktor) dabei auch eine Rolle spielt. Letztlich ist der Erfolg dieser Ziele wiederum mit entscheidend für das Überleben der Organisation, da sie z. B. ohne Erfolg ihre Wettbewerbsfähigkeit verliert und somit für das Oberziel „Überleben“ einen Beitrag leistet. Alle Aktivitäten, die einen positiven Beitrag für das System „Organisation“ liefern, tragen letztlich zum Überleben bei.<sup>476</sup>

Nach VESTER ist das wichtigste Hauptziel eines Systems die Erhöhung und Sicherung seiner Lebensfähigkeit. Daher muss es seine Stabilität und Robustheit fördern und sich nachhaltig aufstellen.<sup>477</sup> Die Überlebensfähigkeit eines Systems ist als seine Fähigkeit zu verstehen, unabhängig von anderen Systemen zu existieren und diesen Zustand aufrechtzuerhalten.<sup>478</sup>

Wenn also die Überlebenssicherung eines Systems durch Aktivitäten im Austausch mit anderen Systemen erfolgt, dann ist dies als die geschäftsmäßige Handlung einer Organisation zu übertragen. Gleiches ist für Bauvorhaben zu sehen, da diese eine Unternehmung mit zeitlicher Begrenzung sind und durch verschiedene Subsysteme (z. B. Bauherr, Planer, Baufirmen u. a.) erbracht werden. Der Erfolg dieser geschäftsmäßigen Tätigkeiten ist die Grundlage für die Sicherung des Überlebens.

Im Umkehrschluss ist alles, was das Überleben des Systems gefährden kann, zu vermeiden. Hier kann der Begriff „Risiko“<sup>479</sup> mit in die Betrachtung einbezogen werden. Risiko kann zusammenfassend als

<sup>476</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 94–95

<sup>477</sup> Vgl. Vester, F. (2011), S. 49

<sup>478</sup> Vgl. Adam, M. (2000): "Lebensfähigkeit sozialer Systeme"

<sup>479</sup> Vgl. Duden.de: "Stichwort: Risiko, online im Internet:", <http://www.duden.de/rechtschreibung/Risiko> [zuletzt geprüft am: 22.01.2017] Anm. d. Verf.: Nach Duden beschreibt der Begriff Risiko die Möglichkeit eines negativen Ausgangs einer unternehmerischen Handlung mit dem Nachteil, Verlust oder Schäden zu erlangen. Verbunden ist hiermit oftmals der Sprachgebrauch, ein Wagnis einzugehen.



mögliche negative oder positive Abweichung (Gefahr bzw. Chance) zu Zielen definiert werden, deren Eintreten oder Ausbleiben mögliche Ereignisse oder Entwicklungen hervorrufen, die auf ein System einwirken.<sup>480</sup>

Jede Aktivität ist mit Risiken verbunden, die das Überleben eines Systems sichern oder stören können. Die Überlebensfähigkeit hängt aber von genau dieser Bereitschaft zum Risiko ab. Ohne die Bereitschaft, das eigene System einzubringen, würde der Selbstzweck verloren gehen und das System zerfallen. Das Umgehen mit Risiken ist ein essentieller Bestandteil der Überlebenssicherung von Systemen. Das Vorhandensein eines Risikomanagements kann also ein Kennzeichen für die Überlebensfähigkeit eines Systems darstellen.<sup>481</sup>

Dies gilt für Bauvorhaben gleichermaßen. Hier werden Ziele wie Qualität, Quantität, Kosten oder Termine fixiert und Rahmenbedingungen hinsichtlich der Aufbau- und Ablauforganisation gesetzt, sowie die Auswahl der beteiligten Organisationen bzw. Mitwirkenden getroffen. Alle diese Einzelpersonen bzw. Institutionen verfolgen jeweils unterschiedliche Interessenlagen und betrachten das Projekt aus dem Blickwinkel der eigenen Überlebenssicherung.<sup>482</sup> Die Risiken im Rahmen lebensnotwendiger Aktivitäten beeinflussen die Überlebenssicherung eines Systems.

Es können somit nachfolgende Erkenntnisse für Überlebenssicherung formuliert werden:

- Die Sicherung des eigenen Überlebens ist eine unauslöschbare Grundeigenschaft (neben anderen untergeordneten Zielen) komplexer offener Systeme.
- Zur Überlebenssicherung geht das System Interaktionen mit anderen Systemen ein und verknüpft Elemente miteinander.
- Risiken gefährden das Überleben eines komplexen Systems.
- Chancen steigern die Überlebensfähigkeit eines komplexen Systems.

### 3.3.5 Pfadabhängigkeit

Pfadabhängigkeit beschreibt die Fähigkeit eines Systems, Erfahrungen zu speichern und seine künftigen Handlungen darauf abzuleiten. Die Historie eines komplexen Systems liefert Erklärungen und Anhaltspunkte, die zur Erkennung von Reaktions- oder Verhaltensmustern essentiell sind. Diese Eigenschaft ist somit systemimmanent und kann nicht aus Extrapolationen von Vergangenheit nachträglich gebildet werden. Für Organisationen bildet die Pfadabhängigkeit Lernparameter aus zurückliegenden Erfahrungswerten, die für künftige Handlungsoptionen eine bedeutende Grundlage bilden. Dieser Fakt trifft sowohl auf die einzelnen Elemente (wie z. B. Personen) als auch für Subsysteme (z. B. Einzelunternehmen) oder das gesamte System (z. B. Bauvorhaben) zu.<sup>483</sup>

Dabei bleiben außerhalb des Systems stehenden Betrachtern die Fähigkeiten der Einzelelemente oder Subsysteme und die Rollen, die diese im System übernehmen, meist verborgen. Diese lassen sich nur aus den einzelnen Relationen und deren Historie ermitteln, niemals aus dem Verhalten des Gesamt-

---

<sup>480</sup> Vgl. Hoffmann, W. (2015), S. 2

<sup>481</sup> Vgl. Hoffmann, W. (2015), S. 3

<sup>482</sup> Vgl. Hoffmann, W. (2015), S. 53

<sup>483</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 100

systems.<sup>484 485</sup> Anders hingegen ist ein vollständiges Beschreiben komplizierter Systeme möglich, ohne dass Kenntnisse über die Historie vorliegen. Hier reicht das Wissen über den Ist-Zustand und den strukturellen und funktionalen Aufbau aus. Daraus lassen sich dann die weiteren Verhaltensmuster ableiten (z. B. Uhrwerk).<sup>486</sup>

Komplexe Systeme sind in der Lage, ein Erinnerungsvermögen aufzubauen, welches sie für ihr zukünftiges Verhalten zugrunde legen. Diese Fähigkeit lässt sich auch auf Organisationen übertragen. Pfadabhängigkeit bildet somit die Basis einer Lernfähigkeit, die auf die Vergangenheit zurückgreift, um zukünftige Entscheidungen treffen zu können.<sup>487</sup>

Erkenntnisse: Kennzeichen für Pfadabhängigkeit:

- Pfadabhängigkeit beschreibt die Fähigkeit eines Systems, Erfahrungen zu speichern und seine künftigen Handlungen darauf abzuleiten.
- Ein komplexes System speichert seine historischen Erfahrungen.
- Ein komplexes System nutzt seine gemachten Erfahrungen und verwendet diese für künftige Entscheidungen und Aktivitäten.
- Einem externen Betrachter ist es nicht möglich, das Verhalten komplexer Systeme zu erkennen, da diese den historischen Kontext nicht überblicken.

### 3.3.6 Rückkopplungen

Rückkopplungen sind ein weiteres, wesentliches Merkmal komplexer Systeme. Rückkopplung kann als Verfahren zur Selbststeuerung eines Systems, durch Aufbau von inneren Regelkreisen, verstanden werden. Rückkopplungen überprüfen das System hinsichtlich seines Istzustandes und steuern bei Abweichung einer Sollgröße entgegen.<sup>488</sup> Sie sind vorrangig die Ursache für komplexes Verhalten, das schon bei minimalen Interaktionen auf der Elementebene auftreten kann. Hieraus lässt sich folgern, dass sich Komplexität durch die Intensität der Verknüpfungen bildet und nicht das Einzelelement alleine betreffen sondern das ganze System. Rückkopplungsprozesse sind rekursiv und bilden durch Zusammenwirken von Aktion und Reaktion das Ergebnis einer Interaktion. Im zeitlichen Verlauf können die Auswirkungen unmittelbar oder mit einem zeitlichen Verzug auftreten.<sup>489</sup>

Rückkopplungen wirken wie Ordnungssysteme. Sie versuchen durch die Regulierung von Veränderungen, Stabilität zu erzeugen. Rückkopplungen können eine positiv-gleichgerichtete (verstärkende) Wirkung oder eine negativ-entgegengerichtete (hemmende) Wirkung einnehmen.<sup>490</sup>

Gleichgerichtete Wirkungen führen bei einer Zunahme aus Richtung eines Elementes zu einer Zunahme beim anderen Element. Positive Rückkopplungen verstärken durch ihren Selbstrückbezug die

<sup>484</sup> Vgl. Vester, F. (2011), S. 58

<sup>485</sup> Vgl. Lange, S. (2015), S. 18

<sup>486</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 101

<sup>487</sup> Vgl. Kirst, D. (2016): "Analyse von Auswirkungen der Komplexität auf das Projektmanagement von Bauvorhaben", Diplomarbeit Technische Universität, Kaiserslautern, S. 11

<sup>488</sup> Vgl. Gabler.de: "Stichwort: Rückkopplung, online im Internet:", <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/rueckkopplung.html> [zuletzt geprüft am: 22.01.2017]

<sup>489</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 102

<sup>490</sup> Vgl. Herbst, L. (2004): "Komplexität und Chaos", 1. Auflage, Beck, München, S. 217

Wachstumsdynamik einer Veränderung exponentiell. Positive Rückkopplungen finden sich oftmals in der Natur und in von Menschen geschaffenen Systemen.<sup>491</sup>

Entgegengerichtete Wirkungen führen bei einer Zunahme aus Richtung eines Elementes zu einer Abnahme beim anderen Element.<sup>492</sup> Durch das Gegeneinanderrichten der Rückkopplungskräfte begrenzt sich die Dynamik des Systems und wirkt stabilisierend auf das System ein.<sup>493</sup> Diese Regulierungsfunktion wird durch entgegenwirkende Kräfte systemisch gekoppelt, die versucht, die gegenseitige Dynamik zu limitieren. Dieser Effekt wird durch negative Rückkopplung erreicht.<sup>494</sup> Nachfolgende Abbildung zeigt die Wirkungen positiver und negativer Rückkopplungen:

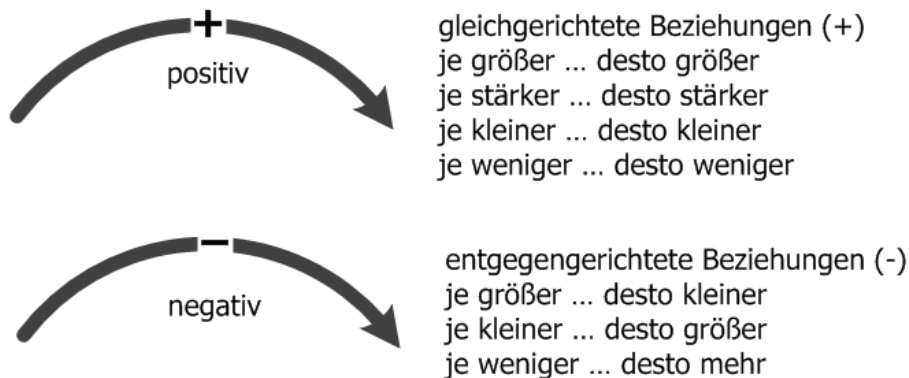


Abb. 38: Wirkungsrichtungen von Rückkopplungen nach Ulrich (e. D.)<sup>495</sup>

Diese Aussagen berücksichtigen jedoch nur die Auswirkung der Veränderung, nicht jedoch den Wirkungsverlauf. Im einfachsten Fall handelt es sich um einen linearen Verlauf, er kann aber auch einer komplizierten Kurve folgen und progressiv oder degressiv sein (siehe nachfolgende Abbildung).

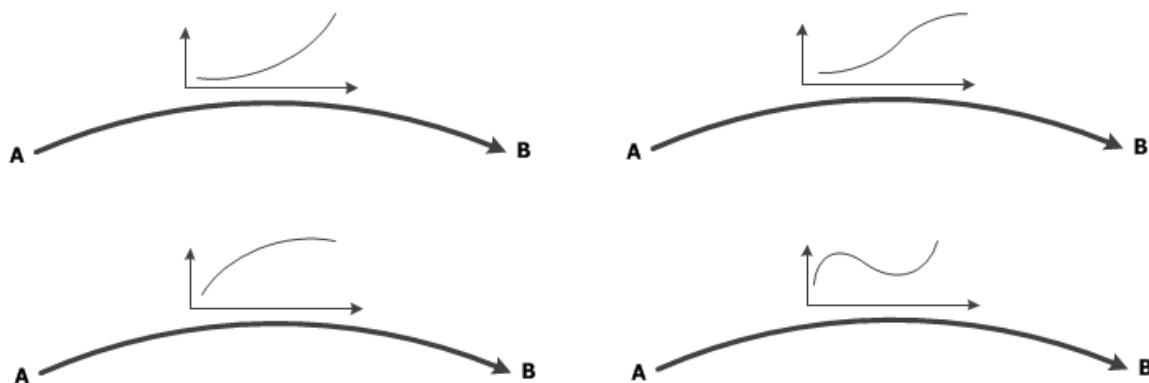


Abb. 39: Wirkungsverläufe von Rückkopplungen nach Ulrich (e. D.)<sup>496</sup>

<sup>491</sup> Vgl. Herbst, L. (2004): "Komplexität und Chaos", 1. Auflage, Beck, München, S. 238–239

<sup>492</sup> Vgl. Ulrich, H. & Probst, Gilbert J. B (1991), S. 44

<sup>493</sup> Vgl. Herbst, L. (2004), S. 238–239

<sup>494</sup> Vgl. Herbst, L. (2004): "Komplexität und Chaos", 1. Auflage, Beck, München, S. 217

<sup>495</sup> Vgl. Ulrich, H. & Probst, Gilbert J. B (1991), S. 43

<sup>496</sup> Vgl. Ulrich, H. & Probst, Gilbert J. B (1991), S. 44

Ein weiterer Parameter von Rückkopplungen ist die Zeit. Jede Einwirkung hat einen zeitlichen Verlauf. Die Veränderung kann zeitlich verschieden sein und dabei langsam oder schnell auftreten, sowie beschleunigend oder verlangsamernd wirken. Dieser Effekt wird in nachfolgender Abbildung visualisiert:

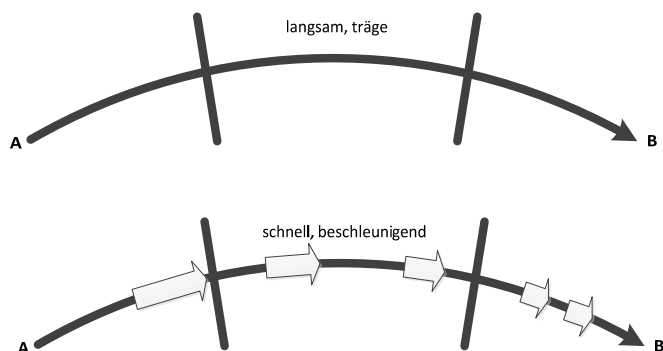


Abb. 40: Zeitliches Verhalten von Wirkungsverläufen nach Ulrich (e. D.)<sup>497</sup>

In Organisationen analysieren, entscheiden und handeln (agieren = Aktion) Personen. Aus diesen Aktivitäten entwickeln sich Rückkopplungen auf die weiteren beteiligten Organisationselemente sowie auf die gesetzten Rahmenbedingungen aus allgemeinen und persönlichen Regeln und der Systemumwelt (Veränderung = Reaktion).<sup>498</sup> Allgemeine Regeln sind für alle Systemelemente oftmals eine akzeptierte Entscheidungsgrundlage, wogegen persönliche Regeln elementspezifisch und Außenstehenden nicht zugänglich sind. Persönliche Regeln sind mentale Verhaltensmuster, die sich aus zurückliegenden Erfahrungen entwickelt haben (informelles System). Rückkopplungsprozesse wirken sich auf allen Systemebenen aus und haben entscheidenden Einfluss auf das Systemverhalten. Diese Prozesse wirken jedoch nicht nur auf das System selbst sondern auf die gesamte Umwelt zurück.<sup>499</sup>

Rückkopplungen entstehen ausschließlich bei nicht-linearer Dynamik. Abfolgen von Systemzuständen bauen aufeinander auf und bedingen sich gleichzeitig. Entstandene Veränderungen können wieder zu neuen Systemzuständen führen. Rückkopplungen können positiv oder negativ auf das System wirken. Negative Rückkopplungen versuchen, einen Gleichgewichtszustand zu erreichen und durch Stabilität die Überlebensfähigkeit eines Systems zu sichern. Man bezeichnet diese Selbstregulierungsfähigkeit auch als Homöostase. Diese Fähigkeit erreicht das System durch Lernprozesse und Anpassungsfähigkeit an neue Gegebenheiten. Gegenteilig wirken positive Rückkopplungen. Sie verändern die Ausgangssituation erheblich und bringen damit das System aus dem Gleichgewichtszustand. Positive Rückkopplungen werden benötigt, um Systeme zum Wachstum und zur Entwicklung anzuregen. Beide Formen von Rückkopplungsschleifen sind für die Gestaltung komplexer Systeme äußerst wichtig.<sup>500 501</sup>

<sup>502</sup>

MALIK visualisiert die Reaktion eines Systems auf positive bzw. negative Rückkopplungen anhand folgender Abbildungen:

<sup>497</sup> Vgl. Ulrich, H. & Probst, Gilbert J. B (1991), S. 45

<sup>498</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 102

<sup>499</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 103–104

<sup>500</sup> Vgl. Probst, G. J. B. (1981)

<sup>501</sup> Vgl. Mayer, T.-L., et al. (2008)

<sup>502</sup> Vgl. Kirchhof, R. (2003), S. 22

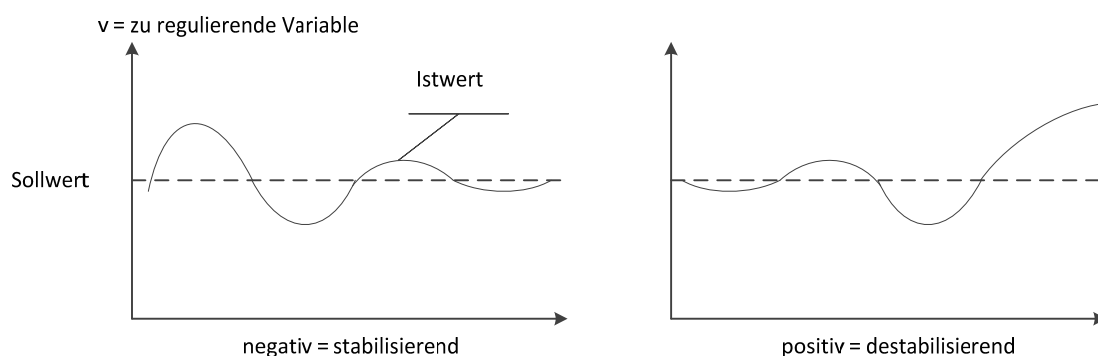


Abb. 41: Negative und positive Rückkopplungen nach Malik (e. D.)<sup>503</sup>

Aufgrund begrenzter Ressourcen kommt es in Organisationen oftmals zu Rückkopplungsprozessen, die die Möglichkeit von komplexem Verhalten und chaotischen Zuständen begünstigen. Komplexe Systeme sind aufgrund ihrer Eigenschaften nicht vollständig zu beschreiben. Diese Eigenschaft bildet die Grundlage des Systemdenkens, da in komplexen Systemen die Ursache-Wirkung-Zusammenhänge keine linearen Momentaufnahmen darstellen sondern einen Kreislauf von Veränderungsprozessen.<sup>504</sup> Daher sind die Wirkungen von Rückkopplungen durch ihre multikausalen Zusammenhänge nur schwer vollumfänglich im Voraus abzuschätzen.<sup>505</sup>

Rückkopplungen spielen eine bedeutende Rolle für die Stabilität und die Entwicklung eines Systems. Sie sind mitentscheidend für den Grenzbereich des Übergangs zwischen Ordnung und Chaos und umgekehrt. Dieser Bereich des Phasenübergangs benötigt den Abbau negativer (regelnder) und den Ausbau positiver (verstärkender) Rückkopplungen. Negative Rückkopplungen sind bestimmend für die Stabilität. Durch positive Rückkopplungen entstehen neue Attraktoren und die Möglichkeit der Entwicklung. Das Wechselspiel zwischen negativer und positiver Rückkopplung ist somit wesentlich für die Existenzfähigkeit eines Systems.<sup>506</sup>

Durch die Fähigkeit zur Rückkopplung verfügt ein System über eine Selbstdiagnose und damit über die Möglichkeit einer Überprüfung seiner Verknüpfungen. Auf Basis dieser Grundlage kann das System von sich aus Maßnahmen ableiten und Aktivitäten initiieren.<sup>507</sup>

Erkenntnisse: Kennzeichen für Rückkopplungen:

- Rückkopplung (auch Feedback) beschreibt die Fähigkeit eines Systems, Teile der Ausgangsgröße direkt oder in modifizierter Form als Eingangsgröße in das System zurückzuführen. Sie wirken wie eine Selbstdiagnose und dienen zur Stabilisierung und Entwicklung des Systems.
- Rückkopplungen können eine positiv-gleichgerichtete (verstärkende) Wirkung oder eine negativ-entgegengerichtete (hemmende) Wirkung einnehmen.
- Negative Rückkopplungen wirken stabilisierend auf das System, wogegen positive Rückkopplungen ein System an den Rand des Chaos führen.

<sup>503</sup> Vgl. Malik, F. (2008), S. 351

<sup>504</sup> Vgl. Russell-Walling, E. (2011), S. 175

<sup>505</sup> Vgl. Lange, S. (2015), S. 19

<sup>506</sup> Vgl. Schmidt, A. P. (1999), S. 121

<sup>507</sup> Vgl. Grimm, R. (2009), S. 178

- Die Wirkungsverläufe von Rückkopplungen können verschiedene Formen annehmen, von linear bis zu komplexen Kurven.
- Rückkopplungen folgen einem zeitlichen Verlauf, von sofort langsam und träge bis schnell und beschleunigend.
- Ein gut funktionierendes System sollte positive und negative Rückkopplungen ermöglichen.

### 3.3.7 Nichtlinearität

Die Besonderheit komplexer Systeme liegt darin begründet, dass diese nicht vollständig determinierbar sind und daher nichtlineares Verhalten aufweisen. Lässt sich bei linearer Dynamik eine direkte Zuordnung zwischen Ursache und Wirkung feststellen, so ist dies bei nicht-linearer Dynamik anders. Dieses Verhalten tritt immer dann auf, sobald die Wechselwirkungen mit der Außenwelt dominieren oder Schwellenwerte überschritten werden und somit das Systemverhalten nicht mehr durch lineare Ursache-Wirkungs-Beziehungen vorhersehbar ist. Systeme verhalten sich nichtlinear, wenn ein Input zu verschiedenem Output führen kann und die Ergebnisse nichtproportional zum Input sind.<sup>508</sup>

Die Art der Rückkopplungsprozesse ist bestimmend für diese Nichtlinearität. Durch eine hohe Vernetzung in komplexen Systemen laufen mehrere Prozesse parallel, unabhängig und gleichzeitig ab. Im Gegensatz zu linearen, einfachen Systemen besteht darin, dass eine Systemvereinfachung bei komplexen Systemen durch Reduzierung von Interaktionen eine mögliche permanente Veränderung des Systems zur Folge hat. Bereits kleine Veränderungen im Teilsystem können zu wesentlichen Änderungen im Gesamtsystem führen. Es besteht kein nachweisbarer Zusammenhang mehr zwischen Ursache und Wirkung.<sup>509</sup> Auf gleiche Ausgangssituationen können völlig verschiedene Ergebnisse resultieren. Kleinste Einwirkungen können unkalkulierbare Kettenreaktionen auslösen.<sup>510</sup> Dieser Effekt wird nach dem Meteorologen LORENZ auch „Schmetterlingseffekt“ genannt.<sup>511 512</sup>

Die Nichtlinearität betrifft sowohl soziale als auch technische Systeme. Als Beispiel sei herangeführt, dass eine Verdopplung von Element „A“ nicht zwangsläufig zur Verdoppelung von Element „B“ führt. In sozialen Systemen kann dieses Beispiel anhand eines Teams mit drei Personen verdeutlicht werden, die ihre Aufgaben in sechs Tagen erledigen können. Eine Verdopplung des Teams auf sechs Personen führt nicht generell zur Halbierung der Aufgabenerledigung, also in drei Tagen. Nichtlinearität erfordert ein Denken in Kausalnetzwerken anstelle Kausalketten.<sup>513</sup>

Folge eines indeterministischen Verhaltens in Organisationen ist beispielsweise auch, dass getroffene Entscheidungen nicht mehr eindeutig zuordbar und deren Wirkungen nicht vorhersehbar sind. Zum Verstehen von Nichtlinearität in Organisationen kann ein Gedankenmodell über Rückkopplungsprozesse in menschlichen Netzwerken gebildet werden. Man muss hier zwischen dem formalen (regelkonformen) und dem informalen (verhaltensbedingten) System zu unterscheiden.

Die Beziehungen formaler Systeme stehen im Einklang mit Vorgaben, Regeln und Zielen. Diese Systeme sind vorhersehbar, da sie ein lineares und proportionales Verhalten zwischen Input und Output

<sup>508</sup> Vgl. Vester, F. (2011), S. 87

<sup>509</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 104

<sup>510</sup> Vgl. Kirchhof, R. (2003), S. 21

<sup>511</sup> Vgl. Lorenz, E. N. (1995)

<sup>512</sup> Vgl. hierzu auch Kap. 2.2.1 und 2.3.4

<sup>513</sup> Vgl. Lange, S. (2015), S. 18

ermöglichen und über institutionalisierte Rückkopplungsprozesse verfügen. In der Realität weisen Organisationen jedoch nur unter idealisierter Betrachtung deterministisches Verhalten auf. Es unterstellt, dass alle Elemente den Vorgaben, Regeln und Zielen folgen, und daher das System stabil ist.

Organisationen bilden parallel zum formalen System informelle Strukturen aus. Diese können spontan auftreten und sind von sozialen Rückkopplungen geprägt. Diese informellen Systeme können stark abweichende Verhaltensmuster nichtlinearer Wechselbeziehungen aufweisen. Nach außen tritt so vermeintlich ein den Regeln folgendes Verhalten auf, tatsächlich wird anders interagiert und nicht ausschließlich der Systemzweck verfolgt. Bezogen auf die unterschiedliche Persönlichkeitsstruktur der hier wirkenden Menschen (Elemente) wird deutlich, dass solche informellen sozialen Systeme mehr als die Summe seiner Teile sein können. Es fließen psychosoziale Aspekte wie Emotionen, Vertrauen, Freundschaft usw. in das Verhalten des Systems mit ein, das somit nicht mehr beherrschbar ist. Die Koexistenz von formalen und informellen Systemen führt somit zur Nichtlinearität des Gesamtsystems.<sup>514</sup>

Der allgemeine Formalismus komplexer dynamischer Systeme und nichtlinearer Dynamik darf allerdings nicht als Reduktionismus missverstanden werden. Die Strukturen komplexer Systeme sind nicht auf ihre einzelnen Elemente zurückführbar sondern nur durch ihre kollektive Wechselwirkung erklärbar. Nichtlinearität präzisiert die philosophische Einsicht, wonach das Ganze mehr ist als die Summe seiner Teile.<sup>515</sup>

Nichtlinearität schafft Unsicherheit. Es sind immer wieder neue Lösungen zu suchen, die das Wissen, die Kreativität und die Neugier der Beteiligten herausfordert. Komplexe Systeme fördern die Netzwerkbildung und bilden hierdurch die Möglichkeit zur Stabilisierung des Systems. Diese Netzwerke können ergänzend als Wissens- und Motivationsquelle dienen.<sup>516</sup>

Erkenntnisse: Kennzeichen für Nichtlinearität:

- Systeme verhalten sich nichtlinear, wenn ihr Verhalten nicht mehr durch Ursache-Wirkungs-Beziehung vorhersagbar ist und der Output nicht aus dem Input abgeleitet werden kann und Output nicht proportional zum Input ist.
- Rückkopplungsprozesse treten in Form von formalen (regelkonformen) und informellen (verhaltensbedingten) Rückkopplungen auf.
- Nichtlinearität erfordert Denken in Kausalnetzen, die auf das gesamte System gerichtet sein müssen.

### 3.3.8 Offenheit

Systeme können geschlossen (geringe oder keine Zugänglichkeit zum Umfeld) oder offen (Kontakte zum Umfeld sind vorhanden) hinsichtlich ihrer Grenzen zu Umsystemen sein.<sup>517</sup> Formale Denkmodelle gehen in der Regel von geschlossenen Systemen aus. Gleiches gilt für die Betrachtung sozialer Systeme, da hier selbststeuernde Prozesse nicht auf Ablauf und Ergebnisorientierung abgestellt sind.<sup>518</sup> Dennoch werden Impulse aus der Umwelt zur Selbsterhaltung des Systems benötigt, was der grund-

---

<sup>514</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 105–106

<sup>515</sup> Vgl. Mainzer, K. (2008), S. 111–112

<sup>516</sup> Vgl. Mayer, T.-L., et al. (2008), S. 219

<sup>517</sup> Vgl. Kapitel 2.4

<sup>518</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 106

genden Auffassung der Evolutionstheorie (System und Umwelt bedingen sich gegenseitig) entspricht. Komplexe Systeme gelten als partiell-offene Systeme, die sich durch Balancierung zwischen Offenheit und Geschlossenheit im Gleichgewicht zu halten versuchen und sich somit veränderten Umweltbedingungen anpassen können.<sup>519</sup>

Der Austausch eines Systems mit der Umwelt kann unidirektional oder bidirektional erfolgen. Unidirektional erfolgt ausschließlich eine Repräsentation des Systems gegenüber der Umwelt, wogegen bidirektionales Verhalten die Reaktion der Umwelt mit einschließt. Ein Austausch erfolgt so aus dem System hinaus und über die Umwelt wieder hinein. Durch diese Offenheit wird die Lernfähigkeit des Systems unterstützt. Der Begriff der Umwelt ist geprägt von der Frage nach Art und Ausprägung der Systemgrenzen. In klassischen Denkmodellen stimmen die physischen Grenzen mit den Systemgrenzen überein, z. B. bildet die Grenze eines Staates eine sichtbare Abgrenzung zum jeweiligen Staatssystem. Bei Organisationen ist diese Definition nicht immer so deutlich zu treffen sondern auf Basis der Beschreibung und der Zielsetzung eines Systems zu definieren. Der jeweilige Betrachter bildet mit dem Standpunkt seiner Rolle eine individuelle Abgrenzung zur Umwelt.<sup>520</sup>

Eine ganzheitliche Betrachtung eines Systems kann auf eine Systembegrenzung nicht verzichten, da ansonsten nur Strukturen beobachtet werden. Den Rahmen für eine Begrenzung können beispielsweise gemeinsam akzeptierte Regeln und Verhaltensmuster bilden. Diese sind zwar durchlässig, können hilfsweise jedoch eine Begrenzung darstellen. Bestehende Verbindungen zwischen den Elementen wirken über die Systemgrenzen hinweg. Sie verändern sich in sozialen Systemen durch die Veränderung der Beteiligten und der Veränderung der Organisation selbst. Je nach Gestaltung der Systemgrenzen wirken die Systeme auf deren Umwelt zurück. In der Literatur wird diese Struktureigenschaft durch den Begriff der Fraktalität<sup>521</sup> beschrieben, was mit dem Fehlen von eindeutig identifizierbaren Grenzen beschrieben werden kann.

Komplexe soziale Systeme zeichnen sich oftmals durch das Fehlen eindeutig definierbarer Grenzen aus, die als nicht existent oder nicht nachweisbar empfunden werden. Diese Systeme sind mit Organisationen vergleichbar. Bei technischen Systemen wird von stabilen Grenzen ausgegangen, die als persistent<sup>522</sup> vorausgesetzt werden.<sup>523</sup>

In sozialen Systemen sind die Verbindungen zwischen den Elementen (Menschen) vielfältig und die Verknüpfungen umfassen das In- und Umsystem. Innerhalb des Systems bilden sich dennoch Netzwerkstrukturen, die sich von ihrer Umwelt abgrenzen. Lässt sich diese Abgrenzung stabilisieren, ist dies eine gute Grundlage zur Überlebenssicherung.<sup>524</sup>

Ein System verändert sich nicht nur durch die Umwelt, sondern seine Veränderungen wirken auch wieder auf die Umwelt zurück. Beide Seiten entwickeln sich unabhängig voneinander und passen ihre Interaktionen und Strategien aneinander an. Diese gegenseitige Anpassung wird als Koevolution bezeichnet. Sie tritt bei komplexen Systemen auf, die auf Kooperation ausgerichtet sind. Hierbei entste-

---

<sup>519</sup> Vgl. Vester, F. (2011), S. 87

<sup>520</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 107

<sup>521</sup> Vgl. Duden.de: "Stichwort: fraktal, online im Internet:", <http://www.duden.de/rechtschreibung/fraktal> [zuletzt geprüft am: 26.01.2017]; Anm. d. Verf.: Fraktalität bezeichnet eine starke Zergliederung mit vielfältigen Unterbrechnungen, ohne erkennbare eindeutige Abgrenzung

<sup>522</sup> Vgl. Duden.de: "Stichwort: persistent, online im Internet:", <http://www.duden.de/rechtschreibung/persistent> [zuletzt geprüft am: 26.01.2017]; Anm. d. Verf.: Persistenz beschreibt etwas anhaltendes bzw. dauerhaftes

<sup>523</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 108

<sup>524</sup> Vgl. Grimm, R. (2009), S. 71



hen für beide vorteilhafte Situationen.<sup>525</sup> Koevolution ist die Grundlage jedes lebensfähigen, sozialen, dissipativen und selbstorganisierenden Systems. Sie führt zur Erweiterung der Betrachtung von Komplexität des Globalsystems und zu einer Erhöhung der Komplexität.<sup>526 527</sup>

Mit dem Blick auf die Komplexität wird die Abgrenzung zur Systemumwelt bedeutend und nimmt eine zentrale Rolle in dieser ein. Die Grenze selbst bildet sich durch Rückkopplung, Selbstbezug oder Annäherung.<sup>528</sup> Die Eigenschaft der Rückkopplung verleiht Systemen die Möglichkeit zu Wachstum oder Schrumpfung und somit zur Stabilisierung des Systems. Für beide Möglichkeiten müssen Verbindungen zur Umwelt hergestellt werden. Somit muss eine gewisse Offenheit erhalten bleiben.<sup>529</sup> Es wird daher in den weiteren Betrachtungen davon ausgegangen, dass komplexe Systeme über Grenzen zur Umwelt verfügen, ohne dass diese erkennbar sein müssen und die Systeme weiterhin offen bleiben.<sup>530</sup>

Erkenntnisse: Kennzeichen für Offenheit:

- Systeme können geschlossen (geringe oder keine Zugänglichkeit zum Umfeld) oder offen (Kontakte zum Umfeld sind vorhanden) hinsichtlich ihrer Grenzen zu Umsystemen sein. Offenheit beschreibt die Fähigkeit eines Systems zur Relationenbindung zu anderen Systemen.
- Systeme gelten als partiell-offene Systeme. Sie halten sich im Gleichgewicht durch Ausbalancierung zwischen Offenheit und Geschlossenheit und passen sich somit veränderten Umweltbedingungen an.
- In Organisationen ist eine eindeutige Abgrenzung nicht erkennbar. Hilfsweise lässt sich diese aus Beschreibung und Zielsetzung eines Systems definieren. Der Grenzverlauf wird durch die Rolle des Betrachters individuell gebildet. Mögliche Begrenzungen können gemeinsam akzeptierte Regeln und Verhaltensmuster bilden.
- Offene Systeme verändern sich durch die Umwelt und ihre Veränderungen wirken wieder auf die Umwelt zurück. Diese gegenseitige Anpassung wird als Koevolution bezeichnet. Koevolution ist die Grundlage jedes lebensfähigen, sozialen, dissipativen und selbstorganisierenden Systems. Sie führt zu einer Erhöhung der Komplexität.

### 3.3.9 Begrenzte Rationalität

Systeme bestehen aus Elementen und deren Verknüpfungen. Erst das Zusammenwirken zwischen diesen Bestandteilen ist grundlegend für die Komplexität. Somit kann aus den einzelnen Elementen nicht die komplette Verhaltensweise eines Systems abgeleitet werden. Der Ansatz basiert auf der Verfügbarkeit und Fähigkeit zur Aufnahme von Informationen. Kein Element kann die vollständige Information über ein System in sich tragen. Aus Sicht eines Betrachters handeln Systeme daher oftmals

---

<sup>525</sup> Vgl. Peak, D. & Frame, M. (1995), S. 324

<sup>526</sup> Vgl. Probst, G. J. B. (1981)

<sup>527</sup> Vgl. Kirchhof, R. (2003), S. 25–26

<sup>528</sup> Vgl. Richter, K. & Rost, J.-M. (2002): "Komplexe Systeme", Orig.-Ausg. Auflage, Fischer-Taschenbuch-Verl, Frankfurt am Main, S. 120

<sup>529</sup> Vgl. Schmidt, A. P. (1999), S. 121

<sup>530</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 109

irrational. Somit steht zur Beschreibung des Verhaltens eines Systems nur eine begrenzte Rationalität<sup>531</sup> zur Verfügung.

LUHMANN beschreibt die Fähigkeit zur Wahrnehmung komplexer Systeme durch ihre begrenzte Rationalität wie folgt:

*"Als komplex wollen wir eine zusammenhängende Menge von Elementen bezeichnen, wenn aufgrund immanenter Beschränkungen der Verknüpfungskapazität der Elemente nicht mehr jedes Element jederzeit mit jedem Element verknüpft werden kann."*<sup>532</sup>

Selbst Elemente von Organisationen agieren nur begrenzt rational. Es muss unterschieden werden zwischen der Elementenbefähigung und der Elementenkenntnisse. Die Fähigkeiten setzen sich aus kognitiven und physischen Eigenschaften des Elementes zusammen. Die Kenntnisse betreffen die Fähigkeiten zum Lernen und Vergessen. Die Rolle des Elements bestimmt die Möglichkeit zum Zugang zu Informationen. In der Literatur werden Organisationen als zielgerichtete und rationale Systeme bezeichnet. Ihre Existenz ist auf die Erreichung eines bestimmten Zwecks ausgerichtet. Die hier zugrunde gelegten Verhaltensmuster sind in der Realität jedoch in der überwiegenden Zahl das Umsetzen von Regeln und Befehlen und nicht freie Entscheidungen mit offenen Wahlmöglichkeiten. Das Treffen einer optimalen Entscheidung ist somit nur in sehr strukturierten Systemen auf der unteren Hierarchieebene möglich. In komplexen Systemen herrscht aufgrund der zu geringen Wahrnehmung hohe Unsicherheit und somit begrenzte Rationalität, um die richtigen Entscheidungen in der jeweiligen Situation zu treffen.<sup>533</sup>

Die Fähigkeit von Organisationen zum Umgang mit begrenzter Rationalität ist durch folgende vier Begrenzungen der Entitäten ihrer Systeme begründet:

- kognitiv: Entitäten müssen ihre Kräfte bündeln, um für die Organisation eine höhere Leistung zu erzielen,
- physisch: Entitäten sind durch ihre Physis und die verfügbaren Ressourcen beschränkt. Eine Koordination der Aufgaben ist daher notwendig,
- temporal: Entitäten sind zeitlich begrenzt verfügbar. Es werden daher Kooperationen notwendig, um die Systemziele zu erreichen,
- institutional: Entitäten sind gesetzlich eingeschränkt. Eine Organisationsstruktur ist daher erforderlich.

Die vier Begrenzungen sind für die Überlebenssicherung eines Systems wichtig, da sie positiven Einfluss auf den Erhalt einer Organisation ausüben. Man spricht in diesem Zusammenhang von einer funktionalen Systemrationalität, die auf die Organisationsziele ausgerichtet ist und von individuellen

---

<sup>531</sup> Vgl. Duden.de: "Stichwort: Rationalität", <http://www.duden.de/rechtschreibung/Rationalitaet> [zuletzt geprüft am: 28.01.2017]; Anm. d. Verf.: Rationalität beschreibt die Fähigkeit zur Ausprägung menschlicher Vernunft und somit Fähigkeit zur Einsicht auf ein auf Einsicht gegründetes Verhalten.

<sup>532</sup> Vgl. Luhmann, N. (1994), S. 46

<sup>533</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 110

Rationalitäten als Zielsetzung anerkannt wird, da nur durch sie persönliche Ziele eher erreicht werden können.<sup>534</sup>

Erkenntnisse: Kennzeichen für begrenzte Rationalität:

- Aus den einzelnen Entitäten eines Systems lassen sich aufgrund begrenzter Verfügbarkeit und Aufnahmefähigkeit von Informationen keine Rückschlüsse auf das Verhalten des Gesamtsystems ableiten. Diese Eigenschaft bezeichnet man mit begrenzter Rationalität.
- In komplexen Systemen herrscht aufgrund der zu geringen Wahrnehmung hohe Unsicherheit und somit begrenzte Rationalität, um die richtigen Entscheidungen in der jeweiligen Situation zu treffen.
- Die Fähigkeit von Organisationen zum Umgang mit begrenzter Rationalität ist durch kognitive (Bündelung von Kräften), physische (Physis und Koordination), temporale (zeitliche Begrenzung) und institutionale (Organisationsstruktur) Begrenzungen der Entitäten ihrer Systeme begründet.

### 3.3.10 Selbstorganisation

Systeme bewegen sich durch Rückkopplungen im Zustand des Gleichgewichts oder Ungleichgewichts. Besitzt ein System die Fähigkeit, sich derart zu steuern, dass sich der Output immer im Bereich der Zielsetzung befindet, spricht man von stabilen oder ultrastabilen Systemen. Ein System, das sich und seine Subsysteme immer im Gleichgewichtszustand halten kann, wird als Homöostat bezeichnet. Der Gesamtzustand dieses Systems kann als stabil bezeichnet werden. Diese Stabilität können komplexe Systeme nur solange aufrechterhalten, wie sie auf mögliche Umweltveränderungen reagieren können. Um eine hohe Reaktionsfähigkeit zu erlangen, muss das System eine hohe Systemvarietät besitzen. Eine Entwicklung zu höherer Varietät erfolgt jedoch erst dann, wenn auf das System positive Rückkopplungen einwirken und die Umweltvarietät über der Systemvarietät liegt. Erst durch einen Ungleichgewichtszustand erhöht das System seine Varietät und reagiert durch Anpassung, um das Gleichgewicht wieder herzustellen. Hierbei verändert sich das System selbst und passt seine Verhaltensmuster an. Das Phänomen des Ungleichgewichtes wird als Normalzustand von Systemen angesehen, da sie den Ursprung komplexer Ordnungen darstellen.<sup>535 536 537</sup>

Selbstorganisation<sup>538</sup> entsteht aus der Interaktion der Systemelemente. Sie agieren autonom nach eigenen, begrenzten Handlungsmustern. Störungen oder Ungleichgewichte im System oder der Systemumwelt veranlassen ein System zur Selbstorganisation. Daher kann der Begriff auch mit Steuerung und Entwicklung von Systemen gleichgesetzt werden. Selbstorganisation kann nur durch Selbstbeobachtung ermöglicht werden.

Diese Selbstreferenz begrenzt die eigene Abgrenzung zur Umwelt. Die eigene Entscheidung zur Reaktion oder Integration von Störungen aus der Umwelt führt zur Selbsterhaltung des Systems. Je nach

---

<sup>534</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 111

<sup>535</sup> Vgl. Gomez, P. (1981)

<sup>536</sup> Vgl. Probst, G. J. B. (1981)

<sup>537</sup> Vgl. Kirchof, R. (2003), S. 22–23

<sup>538</sup> Vgl. Duden.de: "Stichwort: Selbstorganisation, online im Internet:",

<http://www.duden.de/rechtschreibung/Selbstorganisation> [zuletzt geprüft am: 28.01.2017]; Anm. d. Verf.: Selbstorganisation beschreibt eine spontane Entstehung einer Ordnung, die sich aus sich selbst heraus bildet, ohne von außen wirkende Faktoren.

Einwirkung (positive oder negative Rückkopplung) führt die Selbstorganisation somit zur Wahrung des Gleichgewichtszustands oder zur Systemzerstörung und Weiterentwicklung.<sup>539 540 541</sup>

Selbstorganisation beschreibt einen Zustand, bei dem das System seine Verhaltensmuster regelmäßig wiederholt und für Verhaltens- oder Zustandsänderungen erhebliche Widerstände zu überwinden sind. In geschlossenen Systemen ist die Begrenzung zur Umwelt einfacher als in offenen Systemen. Durch die Offenheit komplexer Systeme passt sich der Systemzustand den veränderten Umweltbedingungen an und findet nicht selbstständig in seine Stabilität zurück. Es besteht die Gefahr eines instabilen Gleichgewichts in Form von organisatorischem Chaos oder dynamischer, selbstorganisierender Ordnung. Ursachen dieses Verhaltens liegen in der Eigenschaft der Selbstorganisation, Emergenz, Selbstreferenz und Autopoiese von Systemen begründet. In der Komplexitätswissenschaft unterstellt man Systemen eine Selbstbeeinflussung und partielle Autonomie, die nur als Ganzheit existieren und eine Identität besitzen.<sup>542</sup> Voraussetzung für diese Funktion sind ausreichende Handlungsspielräume für die Entitäten innerhalb ihrer Verknüpfungen zwischen den Elementen. Man spricht hier von Redundanz der Funktionen eines Systems. Dieser Sichtweise steht die klassische Betrachtung von Ordnung, die nur aus einer klaren Struktur mit zentraler Steuerungseinheit entstehen kann, gegenüber. Durch die Eigendynamik komplexer Systeme entsteht jedoch eine autonome Selbstorganisation durch Musterbildung und Ordnungssystem, ohne eine bewusste Zielsetzung der Systemelemente.<sup>543</sup>

Systeme neigen dazu, an ihre Grenzen zu gehen und nähern sich hierdurch dem Punkt maximaler Komplexität. Das Überschreiten der Grenze führt zu chaotischen Verhältnissen. Das Optimum für die Entwicklung eines Systems liegt kurz vor der Grenzlinie.<sup>544</sup>

Mit zunehmender Annäherung an die Grenzlinie zum Chaos wächst auch die Komplexität und somit die Gefahr zur Instabilität eines Systems. Systeme versuchen, mit Selbstorganisation diesem Chaos zu entgehen. Für ein System, das ein Gleichgewicht aus Stabilität und Überlebenssicherung anstrebt, bedeutet dies, an seine Grenzen heranzugehen und dort zu bleiben. Dazu müssen Strukturen entwickelt werden, die noch beherrschbar sind. Unvorhersehbare Störungen müssen akzeptiert werden. Je flexibler Systeme auf diese Störungen reagieren können, umso höher ist ihre Fähigkeit zur Selbstorganisation.<sup>545</sup>

Systeme werden als chaotisch bezeichnet, wenn sie einen Ungleichgewichtszustand haben und somit keine Regeln, Ordnung oder Strukturen aufweisen. Komplexe Systeme haben aufgrund ihrer Fähigkeit zur Homöostase die Eigenschaft zur Verharrung in langfristigem stabilem Gleichgewicht. Als offene dynamische Systeme stehen sie in Beziehung zur Umwelt und können diesen Gleichgewichtszustand nur begrenzt stabil halten. Im Grenzbereich des Phasenübergangs sind sie gerade so stabil, um die Überlebensfähigkeit zu sichern, aber auch so instabil, wie die Notwendigkeit zur Entwicklungsfähigkeit es erfordert. Diesen Grenzbereich bezeichnet man auch als Rand des Chaos. Diese selbstorganisierte Kritizität am Rande des Chaos bedeutet, dass bereits geringe Einflüsse unkontrollierte Systemreaktionen auslösen können. Durch die Offenheit und Dynamik der Systemelemente kann in einem Koevolutionsprozess eine Mutation entstehen, die zu einer Reihe von Veränderungen führt, bis die Stabilität

---

<sup>539</sup> Vgl. Stacey, R. D. (1997): "Unternehmen am Rande des Chaos", Schäffer-Poeschel, Stuttgart

<sup>540</sup> Vgl. Fricker, A. R. (1996): "Eine Methodik zur Modellierung, Analyse und Gestaltung komplexer Produktionsstrukturen", 1. Auflage, Verl. der Augustinus-Buchh, Aachen

<sup>541</sup> Vgl. Kirchhof, R. (2003), S. 23

<sup>542</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 112

<sup>543</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 113

<sup>544</sup> Vgl. Dittes, F.-M. (2012), S. 99–100

<sup>545</sup> Vgl. Dittes, F.-M. (2012), S. 138

wieder in den Grenzbereich geführt wird, um neue Veränderungen zu bewegen (Beispiel: Lawinen oder Erdbeben u. a.).<sup>546</sup>

Komplexe Systeme können drei mögliche Systemzustände annehmen:<sup>547</sup>

1. Ordnung: System lässt Veränderungen in Richtung Gleichgewicht zu (Homöostase)
2. Chaos: System hat alle Regeln, Ordnung und Strukturen verloren und
3. Rand des Chaos: Phasenübergang durch selbstorganisierte Kritizität

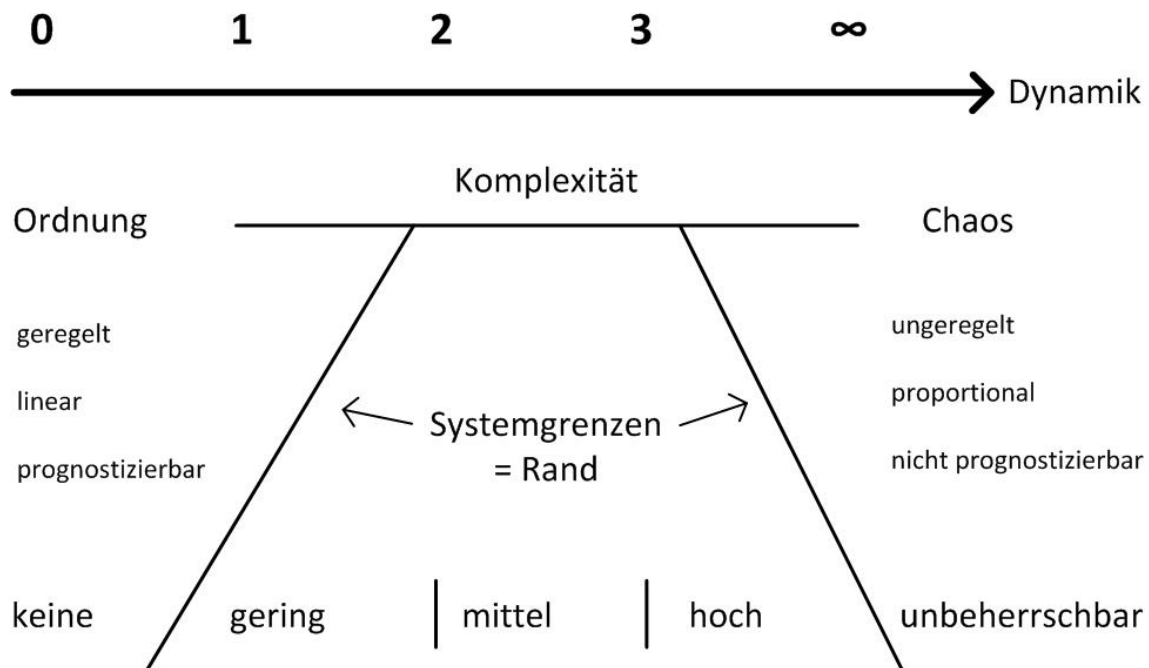


Abb. 42: Systemzustände komplexer Systeme

Die Fähigkeit zur Selbstorganisation lässt folgende drei Sichtweisen auf komplexe Systeme zu:<sup>548</sup>

- Vereinfachung zur Deutung eines komplexen Systems hinsichtlich ihrer spontanen Ordnungsbildung wird möglich.
- Selbstorganisationsfähigkeit kann zur Zielerreichung und Strukturierung eines komplexen Systems verwendet werden.
- Selbstorganisierende Systeme leisten einen Beitrag zum Umgang mit Komplexität, bedürfen jedoch weiterhin eines externen Inputs.

<sup>546</sup> Vgl. Stacey, R. D. (1997)

<sup>547</sup> Vgl. Kirchhof, R. (2003), S. 26–27

<sup>548</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 114

Erkenntnisse: Kennzeichen für Selbstorganisation:

- Selbstorganisation bezeichnet die Fähigkeit eines Systems, sich derart zu steuern, dass es selbst und seine Subsysteme sich immer im Bereich der Zielsetzung befinden und somit einen stabilen Gleichgewichtszustand erreichen. Man bezeichnet solche Systeme als Homöostaten.
- Selbstorganisation ist nur durch eine hohe Reaktionsfähigkeit einer hohen Systemvarietät zu erreichen. Zum Erreichen einer hohen Varietät muss ein Ungleichgewicht durch interne und externe Einflüsse zugelassen werden, damit ein System durch Anpassung reagieren kann, um das Gleichgewicht wieder herzustellen. Hierbei verändert sich das System selbst und passt seine Verhaltensmuster an. Ungleichgewicht wird daher als Normalzustand von Systemen angesehen, da sie den Ursprung komplexer Ordnungen darstellen.
- Selbstorganisation entsteht aus der Interaktion der Systemelemente. Der Begriff kann daher auch mit Steuerung und Entwicklung von Systemen gleichgesetzt werden. Selbstorganisation benötigt Selbstreferenz zur Entscheidungsfindung und zur Reaktion oder Integration von Störungen. Sie kann nur durch das System selbst herbeigeführt werden.
- Selbstorganisation ermöglicht eine Deutung des Verhaltens eines komplexen Systems, dient zur Zielerreichung und Strukturierung und entscheidet über die Überlebenssicherung.
- Selbstorganisation findet am Rand des Phasenübergangs zum Chaos durch selbstorganisierte Kritizität statt.

### 3.3.11 Selbstreferenz

Selbstreferenz bildet die wesentliche Grundlage zur Selbstorganisation komplexer Systeme und wird auch als Selbstbeobachtung, Reflektivität oder zirkuläre Kausalität bezeichnet. Selbstreferenz bezieht sich hier auf die Einheit, die eines einzelnen Elements oder einzelner Prozesse für sich selbst darstellt, und letztlich durch deren Handeln zu einer eigenen Identität führen. Selbstreferenzialität darf jedoch nicht als Isoliertheit verstanden werden, da auch selbstreferenzielle Systeme von der Umwelt beeinflusst werden. Selbstreferenz und Offenheit in sozialen Systemen widersprechen sich nicht grundsätzlich. Beispielsweise nimmt die Preisgestaltung eines Unternehmens (Organisation) über die Offenheit des Marktes Einfluss auf die Ertragssituation des Unternehmens, die selbstreferent wiederum ihre Preisgestaltung entsprechend anpasst.<sup>549</sup>

In der Erklärung des Begriffs der Selbstreferenz<sup>550 551</sup> gilt es zu unterscheiden zwischen adaptiven und nichtadaptiven Systemen. Nichtadaptive Systeme weisen Rückkopplungen, Ungleichgewichte und Gleichgewichte auf. Sie sind nicht-linear, evolutionsfähig emergent und dissipativ. Sie können sich am Rand des Chaos bewegen.<sup>552 553</sup>

Adaptive Systeme können sich und ihre Umwelt wahrnehmen und dadurch ihr Verhalten beeinflussen. Sie nehmen Informationen über die Wechselwirkungen zur Umwelt auf, versuchen, die Muster zu er-

<sup>549</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 115

<sup>550</sup> Vgl. Duden.de: "Stichwort: Selbstreferenz, online im Internet:", <http://www.duden.de/suchen/dudenonline/Selbstreferenz> [zuletzt geprüft am: 28.01.2017]

<sup>551</sup> Selbstreferenz beschreibt die Eigenschaft der Fähigkeit zur Rückbeziehung unter Bezugnahme auf sich selbst, somit sein künftiges Verhalten auf das vergangene Verhalten zu beziehen

<sup>552</sup> Vgl. Stüttgen, M. (1999)

<sup>553</sup> Vgl. Gell-Mann, M. (1995)

kennen, und lernen anhand ihres Verhaltens. Hierdurch können sie sich nicht nur adaptieren sondern auch optimieren. Durch ihre Fähigkeit zur selbstorganisierten Kritizität am Rande des Chaos können sie sich auf ihre Umwelt einstellen und entsprechend reagieren. Die Gesamtheit der Eigenschaften wird durch ihre Selbstreferenz, Selbstorganisation, Selbststeuerung und Koevolution ausgedrückt und zeichnet diese Systeme aus.

Elemente komplexer adaptiver Systeme stellen ein eigenes adaptives System dar, das wiederum Bestandteil eines größeren adaptiven Systems darstellt. Diese Adaptionsfähigkeit trifft auf alle Hierarchieebenen zu und bedingt sich wechselseitig. Jede höhere Ebene weist eine höhere Komplexität auf als die darunterliegende. Die Ebenen sind untereinander vernetzt und unterliegen einer Koevolutionsdynamik. Dies führt dazu, dass diese Systeme nicht reduktionistisch in triviale Systeme zerlegt werden können.<sup>554</sup>

Steuerungsmechanismen, die dieses versuchen, werden in der Praxis nicht zum Erfolg führen. Beispiele für komplexe adaptive Systeme sind Ökosysteme oder soziale Systeme wie Wirtschaftssysteme, Unternehmen oder Gesellschaften u. a.<sup>555</sup>

Erkenntnisse: Kennzeichen für Selbstreferenz:

- Selbstreferenz beschreibt die Fähigkeit eines Systems zur Selbstbeobachtung und Reflektivität. Sie wird auch als zirkuläre Kausalität bezeichnet. Selbstreferenz bezieht sich hier auf die Einheit, die ein einzelnes Element oder einzelner Prozess für sich selbst darstellt und letztlich durch deren Handeln zu einer eigenen Identität führen.
- Selbstreferenz ist die Voraussetzung zur Selbstorganisation komplexer Systeme.
- Selbstreferenz entsteht aus der Selbstbeobachtung des Systems hinsichtlich seiner Wirkung auf das Ergebnis seiner Aktivitäten.
- Selbstreferenz bildet die Grundlage zur Steuerungsfähigkeit komplexer Systeme.

### 3.3.12 Emergenz

Bei komplexen Systemen handelt es sich um viele miteinander verknüpfte Elemente, deren Umfang an Verknüpfungen und die Handlungsfreiheit der Elemente, zu undurchschaubaren und analytisch nicht berechenbaren Gebilden führt und eine weitere Eigenschaft komplexer Systeme heranwachsen lässt. Es geht hierbei um die Fähigkeit, dass aus Veränderungen des Systems neue Eigenschaften entstehen, welche sich aus den Elementeigenschaften nicht mehr ableiten lassen. Diese Fähigkeit wird als Emergenz bezeichnet.<sup>556</sup>

Emergenz<sup>557</sup> bezeichnet die Entwicklung eines komplexen Systems zu einem System mit besser angepassten (höheren) Ordnungen. Aus der Gesamtheit aller Elemente, Beziehungen und Wechselwirkungen entsteht eine globale Systemeigenschaft, die nicht mehr aus Eigenschaften der Einzelemente

---

<sup>554</sup> Vgl. Stacey, R. D. (1997), S. 15

<sup>555</sup> Vgl. Kirchof, R. (2003), S. 27–28

<sup>556</sup> Vgl. Grimm, R. (2009), S. 32

<sup>557</sup> Vgl. Duden.de: "Stichwort: Emergenz, online im Internet:", <http://www.duden.de/suchen/dudenonline/emergenz> [zuletzt geprüft am: 28.01.2017]; Anm. d. Verf.: Emergenz ist ein Begriff der neueren englischen Philosophie, wonach höhere Seinsstufen durch neu auftauchende Qualitäten aus niederen entstehen

erklärt werden kann. Hierdurch wird das Verhalten dieser Systeme nicht mehr vorhersagbar. Aus zufälligen Instabilitäten und positiven Rückkopplungen können zufällige Konstellationen entstehen, die in das System zurückwirken und zu neuen Ordnungen und Strukturen führen. Im Ergebnis entsteht ein im globalen Verhalten komplexeres System, als es aus dem Verhalten der Einzelemente ableitbar gewesen wäre.<sup>558</sup>

Aus einfachen Elementen und Beziehungen können so hochkomplexe Gebilde entstehen.<sup>559</sup> Emergenz ist somit ein wichtiger Bestandteil der Evolution.<sup>560 561 562</sup> Emergentes Verhalten ist keine grundlegende Eigenschaft eines Systems sondern eine zeitliche Entwicklung, die sich aus Störungen des Gleichgewichtszustandes ergibt. Anreize zur Emergenz bilden das Vorhandensein oder Entstehen neuer Attraktoren.<sup>563</sup>

Der Zustand eines Systems hängt von der Wechselwirkung seiner Systemelemente ab. Je höher die zeitliche Änderung des Systems, also die Dynamik, desto höher die Komplexität. Die Veränderung des Systems erzeugt nicht nur Chaos und Unordnung sondern auch neue Strukturen und Ordnungen. Man spricht hier von der Selbstorganisation des Systems oder von Emergenz. Kriterien für den Grad der Komplexität können Attraktoren, Zeitreihen, Informationsentropie, Fraktale und andere bestimmende Einflüsse sein. Diese Systemfähigkeiten lassen sich auf Natur und Gesellschaften anwenden.<sup>564</sup>

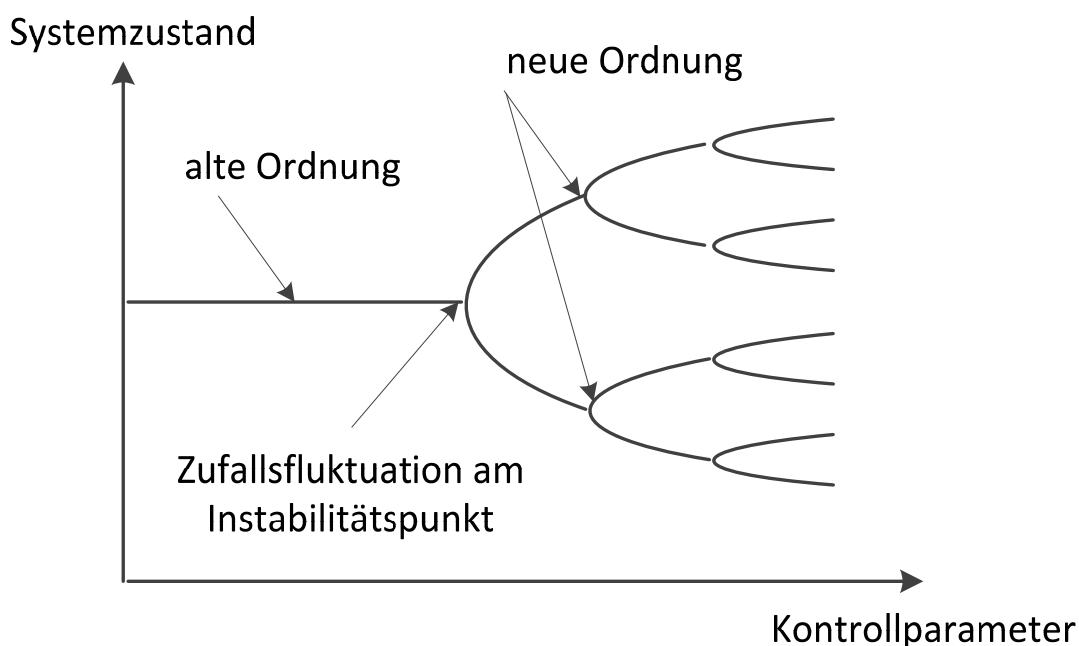


Abb. 43: Bifurkationsdiagramm komplexer Systeme nach Mainzer (e. D.)<sup>565</sup>

<sup>558</sup> Vgl. Luhmann, N. (1994), S. 43

<sup>559</sup> Vgl. Stüttgen, M. (1999), S. 43

<sup>560</sup> Vgl. Probst, G. J. B. (1981)

<sup>561</sup> Vgl. Bliss, C. (1998)

<sup>562</sup> Vgl. Kirchhof, R. (2003), S. 25

<sup>563</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 115–116

<sup>564</sup> Vgl. Mainzer, K. (2008), S. 38

<sup>565</sup> Vgl. Mainzer, K. (2008), S. 43



Emergenz kann in Systemen die Grundlage zur Entstehung emergenter Netzwerkstrukturen bilden. Partizipative Steuerungsprinzipien und Selbstorganisation dienen hier als Grundlage zur Strukturierung. Nachfolgende Abbildung setzt die Art der Systemstruktur und deren Herkunft in eine Beziehung:<sup>566</sup>

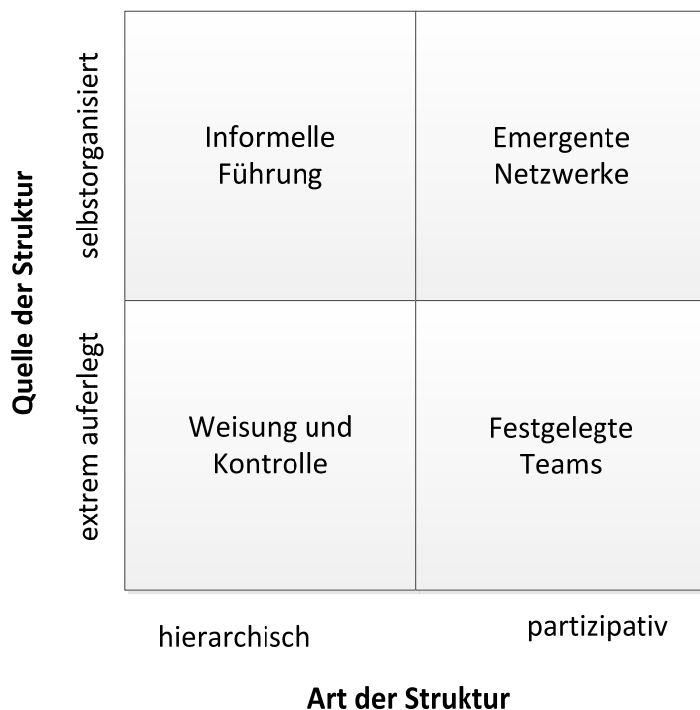


Abb. 44: Emergenz und organisationale Dynamik nach Bandte (e. D.)<sup>567</sup>

Emergenz ermöglicht sozialen Systemen Spontanität und die Entwicklung informaler Strukturen mit neuen Prozessen und Gruppierungen außerhalb der vorgegebenen Organisation. Die Fähigkeit zur Emergenz kann daher auch zur Bildung von Steuerungs- und Führungsstrukturen eines Systems herangezogen werden. Hieraus kann sich eine begrenzte analytische Betrachtung und eingeschränkte Vorhersehbarkeit des Systemverhaltens ergeben.<sup>568</sup>

Durch Emergenz entsteht aus Einzelementen neues Potenzial, das dem System als Ganzes komplett neue Eigenschaften verschafft, wie es die Einzelemente allein nicht ermöglichen können. Hieraus erschließt sich die auf ARISTOTELES<sup>569</sup> zurückgeführte Aussage: „Das Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile.“<sup>570</sup>

Erkenntnisse: Kennzeichen für Emergenz:

- Emergenz bezeichnet die Fähigkeit eines komplexen Systems, aus Veränderungen des Systems neue Eigenschaften mit besser angepassten (höheren) Ordnungen zu entwickeln, welche

<sup>566</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 115–116

<sup>567</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 117

<sup>568</sup> Vgl. Grimm, R. (2009), S. 38

<sup>569</sup> Aristoteles, griechischer Philosoph und Naturforscher, 384–322 v. Chr.

<sup>570</sup> Vgl. Malik, F. (2011): "Strategie", Campus, Frankfurt am Main, S. 304

sich aus den Eigenschaften der Einzelelemente nicht mehr ableiten lassen. „Das Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile.“

- Aus emergentem Verhalten entstehen durch zufällige Instabilitäten und positive Rückkopplungen zufällige Konstellationen, die auf das System zurückwirken und das Systemverhalten nicht mehr vorhersehbar machen. Aus einfachen Elementen und Beziehungen können so hochkomplexe Gebilde entstehen.
- Emergentes Verhalten ist keine grundlegende Eigenschaft eines Systems, sondern eine zeitliche Entwicklung, die sich aus Störungen des Gleichgewichtszustandes ergibt.
- Anreize zur Emergenz können Attraktoren, Zeitreihen, Informationsentropie, Fraktale und andere bestimmende Einflüsse sein. Diese Systemfähigkeiten lassen sich auf Natur und Gesellschaften anwenden.
- Emergenz ermöglicht sozialen Systemen Spontanität und die Entwicklung informaler Strukturen mit neuen Prozessen und Gruppierungen außerhalb der vorgegebenen Organisation. Die Fähigkeit zur Emergenz kann daher auch zur Bildung von Steuerungs- und Führungsstrukturen eines Systems herangezogen werden.

### 3.3.13 Autopoiese

Autopoiese bezeichnet die Fähigkeit eines Systems, sich zu bilden und zu erneuern und gleichzeitig seine Grenzen selbst festzulegen, ohne die eigene Identität zu verlieren. Diese Systeme erhalten ihre innere Ordnung und Identität gegenüber ihrer Umwelt durch Reproduktion ihrer Elemente und Teilsysteme und der bewussten maximal möglichen Begrenzung zur Umwelt. Diese Fähigkeit wird benötigt, da vollkommene Offenheit nicht zum Erhalt des Systems führt und Systeme ohne Begrenzung nicht existieren können.<sup>571</sup> Systeme unterliegen einem ständigen Prozess der Reproduktion ihrer Bestandteile und der Wiedereingliederung in das System. Diese Eigenschaft der Selbsterzeugung nennt man Autopoiese. Dieser Prozess findet unter Erhaltung der Identität und der Ordnung des Systems als Ganzes statt. Das Gesamtsystem reagiert homöostatisch. Durch ihre Rekursivität und Selbstorganisation wird die Überlebensfähigkeit des Systems gesichert. Autopoietische Systeme versuchen, durch Regeln die Identität und Ordnung des Systems zu erhalten, selbst wenn sich die Struktur (Anzahl, Eigenschaften, Vernetzung usw.) verändern wird. Die Grundlage der eigenen Selbstorganisation ist immer auf einen Gleichgewichtszustand und somit auf den Selbsterhalt ausgerichtet.<sup>572 573 574</sup>

Der Selbsterhaltungstrieb der Autopoiese wirkt in erster Linie über negative Rückkopplungsschleifen. Das Auftreten positiver Rückkopplungen bringt Systeme in einen Grenzbereich zwischen Stabilität und Instabilität. Das System muss sich anpassen und seine Regeln, Strukturen und Ordnungen verändern. Man bezeichnet diese Fähigkeit zur notwendigen Anpassung als Evolution. Die Systeme erzielen durch Fluktuation, Mutation und Innovation neue Identitäten, die entweder eine höhere oder niedrigere Varietät beinhalten können. Dissipative Systeme haben die Fähigkeit, über Instabilität neue Ordnungsstrukturen entstehen zu lassen. Anomalie oder Fluktuation bezeichnet eine sprunghafte Veränderung durch zufällige Schwankungen in den zeitlichen Verläufen der Instabilität. Anomalien ermöglichen

<sup>571</sup> Vgl. Grimm, R. (2009), S. 85

<sup>572</sup> Vgl. Probst, G. J. B. (1981)

<sup>573</sup> Vgl. Malik, F. (2000)

<sup>574</sup> Vgl. Kirchhof, R. (2003), S. 23–24

komplexen Systemen, sich selbst zu höheren Entwicklungsformen anzuregen. So kann aus Chaos und Anomalie Ordnung entstehen. Je mehr Freiheitsgrade ein System in der Bildung dieser Ordnung hat, desto stabiler wird das System und umgekehrt. Zu geringe Freiheitsgrade können zu einem Zerfall des Systems führen. Evolution entsteht also auf Grund der Einwirkungen von außen, aber auch durch innere Kraft aus dem System selbst.<sup>575 576 577 578 579</sup>

Die Eigenschaft zur Autopoiese darf nicht zu einer Veränderungsresistenz führen, die Systeme in einem Ist-Zustand verharren lässt. Zu hohes selbstreferenzielles Verhalten kann zu einer Veränderungsunfähigkeit und somit zur Systemzerstörung führen. Systeme mit diesem Verhalten verfügen über einen sehr hohen Steuerungswiderstand und lassen Eingriffe nur begrenzt zu. In den Systemwissenschaften besteht keine Einigkeit über die Übertragbarkeit autopoietischen Systemverhaltens auf soziale Systeme wie Organisationen. Dennoch ist Autopoiese ein mögliches Systemverhalten, das für die Erklärung komplexer Systeme herangezogen werden kann.<sup>580</sup>

Autopoiese stellt eine spezielle Form von allgemeiner Autonomie dar. Sie beschreibt die ständige Selbsterneuerung komplexer Systeme. Nur durch einen Rückgriff auf seine Historie (vgl. Pfadabhängigkeit) kann ein System eine eigenständige Identität aufbauen. Seine Verknüpfungen bilden ein Netzwerk aus systemübergreifenden und selbstorganisierenden zirkulären Prozessen. Kennzeichnende Eigenschaften für Autopoiese sind Rekursivität und Reproduzierbarkeit der Prozesse sowie die Definition einer Systemgrenze.<sup>581</sup>

Autopoietische Systeme sind geprägt durch Rekursivität, Geschlossenheit und Identitätsbildung. Sie stellen ihre eigenen Rahmen und Regeln auf und agieren innerhalb dieser Festlegungen. Werden diese Systeme als Subsystem in übergeordnete Systeme eingebunden, bleibt ihre eigene Autopoiese unverändert erhalten. Die Abgrenzung zur Umwelt erfolgt bei sozialen Systemen beispielsweise durch Aktivitäten, Bewusstsein oder Kommunikation. LUHMANN unterscheidet hier nach drei Formen autopoietischer Systeme:

- kognitive Systeme (neuronale Aktivitäten),
- psychische Systeme (Gedanken) und
- soziale Systeme (Kommunikation).

Jedes Lebewesen hat diese autopoietischen Fähigkeiten. Sie ändern ständig ihre Strukturen und reagieren so auf veränderte Umwelteinflüsse, behalten jedoch ihre grundlegenden Strukturen bei. LUHMANN überträgt diese Eigenschaften auf soziale Systeme, da jedes geschlossene System ein Eigenverhalten besitzt, das durch systemspezifische Eigenschaften charakterisiert werden kann.<sup>582</sup>

In der Übertragung auf soziale Systeme finden sich in den Organisationswissenschaften unterschiedliche Ansichten. So lehnt SCHMIDT diese Einschätzung ab, da soziale Systeme mangels freien Willens und der Zufallsbetrachtung nur schwer als autopoietisch zu verstehen sind. Der ursprüngliche Erklärungsansatz reicht an dieser Stelle zur Charakterisierung sozialer Systeme nicht aus. Alle autopoietischen

---

<sup>575</sup> Vgl. Stacey, R. D. (1997)

<sup>576</sup> Vgl. Probst, G. J. B. (1981)

<sup>577</sup> Vgl. Gomez, P. (1981)

<sup>578</sup> Vgl. Gell-Mann, M. (1995)

<sup>579</sup> Vgl. Kirchhof, R. (2003), S. 24

<sup>580</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 117–118

<sup>581</sup> Vgl. Schmidt, A. P. (1999), S. 311

<sup>582</sup> Vgl. Luhmann, N. (1992): "Beobachtungen der Moderne", VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden, S. 15

schen Systeme sind zwar selbstorganisierend, nicht alle selbstorganisierenden Systeme sind jedoch autopoietisch, da soziale Systeme aus autopoietischen und individuellen komplexen Elementen bestehen, bei denen die Elemente nicht aus dem System heraus produziert werden.<sup>583</sup>

Erkenntnisse: Kennzeichen für Autopoiese:

- Autopoiese bezeichnet die Fähigkeit eines Systems, sich zu bilden und zu erneuern und gleichzeitig seine Grenzen selbst festzulegen, ohne die eigene Identität zu verlieren.
- Der Selbsterhaltungstrieb der Autopoiese zur notwendigen Anpassung wird auch als Evolution bezeichnet. Die Systeme erzielen durch Fluktuation, Mutation und Innovation neue Identitäten, die entweder eine höhere oder niedrigere Varietät beinhalten können. Über Instabilität (Phasenübergang zum Chaos) entstehen neue Ordnungsstrukturen.
- Anomalie oder Fluktuation bezeichnet eine sprunghafte Veränderung durch zufällige Schwankungen in den zeitlichen Verläufen der Instabilität. Aus Chaos und Anomalie kann somit Ordnung entstehen. Je mehr Freiheitsgrade ein System in der Bildung dieser Ordnung hat, desto stabiler wird das System und umgekehrt. Zu geringe Freiheitsgrade können zu einem Zerfall des Systems führen.
- Werden autopoietische Systeme als Subsystem in übergeordnete Systeme eingebunden, bleibt die ihr eigene Autopoiese unverändert erhalten. Die Abgrenzung zur Umwelt erfolgt in Organisationen durch kognitive Systeme (neuronale Aktivitäten), psychische Systeme (Gedanken) und soziale Systeme (Kommunikation).

### 3.3.14 Folgerungen und Zwischenfazit

Ausgehend von den Forschungsergebnissen nach BANDTE<sup>584</sup> wurde der Definitionsversuch über die beschriebenen zwölf charakteristischen Eigenschaften komplexer Systeme unternommen. Die Charakteristika lassen sich voneinander abgrenzen und auf soziale Systeme wie Organisationen übertragen. Es wurde aufgezeigt, dass die Grenzlinie zwischen den Eigenschaften weich und gleitend sein kann. Es obliegt dem Betrachter und seinen Fähigkeiten, die Anwendung dieser Eigenschaften als sinnvoll einzustufen oder diese zu ergänzen bzw. zu reduzieren. Die hier gewählten Grundlagen dienen der Entwicklung geeigneter Methoden zur Anwendung auf die Betrachtung von Projektorganisationen (wie große Bauvorhaben) und werden im Folgenden anhand noch zu ermittelnder, spezifischer Eigenschaften von Bauvorhaben adaptiert und angewandt.

Die Erkenntnisse werden in nachfolgender Tabelle zur Übersicht nochmals dargestellt:

---

<sup>583</sup> Vgl. Schmidt, A. P. (1999), S. 312–313

<sup>584</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 119

Nr.	Eigenschaft	Erkenntnisse
1	<b>Vielzahl und Varietät</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Komplexität wird als Fähigkeit eines Systems verstanden, das innerhalb eines Zeitverlaufs eine große Zahl von unterschiedlichen Zuständen annehmen kann.</li> <li>• Vielzahl beschreibt Art und Anzahl von Elementen und Verknüpfungen eines Systems. Sie dient zur Ermittlung der Varietät.</li> <li>• Varietät bezeichnet die Entität eines Systems an Wirk-, Handlungs- und Kommunikationsmöglichkeiten. Varietät dient zur Messung von Komplexität eines Systems.</li> <li>• Die Komplexität eines Systems steigt, <ul style="list-style-type: none"> <li>- wenn bei einer Vielzahl von Elementen die Verknüpfungen nicht mehr nachvollziehbar sind.</li> <li>- bei einer Steigerung der möglichen Vielfalt (Varietät) der Elemente, die durch die Erhöhung der Vielzahl begünstigt wird.</li> <li>- bei Steigerung der Varietät von Relationen.</li> </ul> </li> </ul>
2	<b>Dynamik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dynamik beschreibt die Veränderlichkeit eines Systems in Abhängigkeit des zeitlichen Verlaufs.</li> <li>• Dynamik lässt sich durch vier abstrakte Kennzeichen spezifizieren: Beweglichkeit, Andersartigkeit, Regelmäßigkeit und Aktivitätsniveau.</li> <li>• Dynamik weist vier Zustandsformen zur Differenzierung auf: stabil, periodisch, Rand des Chaos und chaotisch.</li> <li>• Dynamik führt zu einer zunehmenden Änderungsgeschwindigkeit des Systems und treibt die Entwicklung von Komplexität an.</li> <li>• Dynamische Systeme bewegen sich langfristig in bestimmte Systemzustände. Maßgebend für die Veränderung sind Attraktoren, wobei lineare Systeme nur Fixpunkt-Attraktoren besitzen.</li> <li>• Dynamische Systeme stehen in Wechselwirkung mit ihrer Umwelt. Man unterscheidet offene und geschlossene Systeme, die verschiedene Dynamikgrade aufweisen können. Diese werden bestimmt durch Zeitreihen, Attraktoren oder Fraktalität.</li> <li>• Die Auswirkungen dynamischer Systeme sind oftmals nicht sofort ersichtlich, da sie im Zusammenhang mit einer Verzögerung im zeitlichen Verlauf stehen. Sie sind durch ihre Multikausalität nicht vollständig beschreibbar.</li> </ul>
3	<b>Überlebenssicherung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Sicherung des eigenen Überlebens ist eine unauslöschbare Grundeigenschaft (neben anderen untergeordneten Zielen) komplexer offener Systeme.</li> <li>• Zur Überlebenssicherung geht das System Interaktionen mit anderen Systemen ein und verknüpft Elemente miteinander.</li> <li>• Risiken gefährden das Überleben eines komplexen Systems.</li> <li>• Chancen steigern die Überlebensfähigkeit eines komplexen Systems.</li> </ul>
4	<b>Pfadabhängigkeit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pfadabhängigkeit beschreibt die Fähigkeit eines Systems, Erfahrungen zu speichern und ihre künftigen Handlungen darauf abzuleiten.</li> <li>• Ein komplexes System speichert seine historischen Erfahrungen und verwendet diese für künftige Entscheidungen und Aktivitäten.</li> <li>• Einem externen Betrachter ist es nicht möglich, das Verhalten komplexer Systeme zu erkennen, da diese den historischen Kontext nicht überblicken.</li> </ul>

Tab. 04: Eigenschaften der Komplexität adaptiver Systeme (1-4) (e. D.)

Nr.	Eigenschaft	Erkenntnisse
5	<b>Rückkopplungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rückkopplung (auch Feedback) beschreibt die Fähigkeit eines Systems, Teile der Ausgangsgröße direkt oder in modifizierter Form als Eingangsgröße in das System zurückzuführen. Sie wirken wie eine Selbstdiagnose und dienen zur Stabilisierung und Entwicklung des Systems.</li> <li>• Rückkopplungen können eine positiv-gleichgerichtete (verstärkende) Wirkung oder eine negativ-entgegengerichtete (hemmende) Wirkung einnehmen.</li> <li>• Negative Rückkopplungen wirken stabilisierend auf das System, wogegen positive Rückkopplungen ein System an den Rand des Chaos führen.</li> <li>• Die Wirkungsverläufe von Rückkopplungen können verschiedene Formen annehmen, von linear bis zu komplexen Kurven.</li> <li>• Rückkopplungen folgen einem zeitlichen Verlauf, von sofort langsam und träge bis schnell und beschleunigend.</li> <li>• Ein gut funktionierendes System sollte positive und negative Rückkopplungen ermöglichen.</li> </ul>
6	<b>Nichtlinearität</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systeme verhalten sich nichtlinear, wenn ihr Verhalten nicht mehr durch Ursache-Wirkung-Beziehung vorhersagbar ist und der Output nicht aus dem Input abgeleitet werden kann und Output nicht proportional zum Input ist.</li> <li>• Rückkopplungsprozesse treten in Form von formalen (regelkonformen) und informalen (verhaltensbedingten) Rückkopplungen auf.</li> <li>• Nichtlinearität erfordert Denken in Kausalnetzen, die auf das gesamte System gerichtet sein müssen.</li> </ul>
7	<b>Offenheit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systeme können geschlossen (geringe oder keine Zugänglichkeit zum Umfeld) oder offen (Kontakte zum Umfeld sind vorhanden) hinsichtlich ihrer Grenzen zu Umsystemen sein. Offenheit beschreibt die Fähigkeit eines Systems zur Relationenbindung zu anderen Systemen.</li> <li>• Systeme gelten als partiell-offene Systeme. Sie halten sich im Gleichgewicht durch Ausbalancierung zwischen Offenheit und Geschlossenheit und passen sich somit veränderten Umweltbedingungen an.</li> <li>• In Organisationen ist eine eindeutige Abgrenzung nicht erkennbar. Hilfsweise lässt sich diese aus Beschreibung und Zielsetzung eines Systems definieren. Der Grenzverlauf wird durch die Rolle des Betrachters individuell gebildet. Eine mögliche Begrenzung kann gemeinsam akzeptierte Regeln und Verhaltensmuster bilden.</li> <li>• Offene Systeme verändern sich nur durch die Umwelt und ihre Veränderungen wirken wieder auf die Umwelt zurück. Diese gegenseitige Anpassung wird als Ko-Evolution bezeichnet. Ko-Evolution ist die Grundlage jedes lebensfähigen, sozialen, dissipativen und selbstorganisierenden Systems. Sie führt zu einer Erhöhung der Komplexität.</li> </ul>

Tab. 05: Eigenschaften der Komplexität adaptiver Systeme (5-7) (e. D.)

Nr.	Eigenschaft	Erkenntnisse
8	<b>Begrenzte Rationalität</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aus den einzelnen Entitäten eines Systems lassen sich aufgrund begrenzter Verfügbarkeit und Aufnahmefähigkeit von Informationen keine Rückschlüsse auf das Verhalten des Gesamtsystems ableiten. Diese Eigenschaft bezeichnet man mit begrenzter Rationalität.</li> <li>• In komplexen Systemen herrscht aufgrund der zu geringen Wahrnehmung hohe Unsicherheit und somit begrenzte Rationalität, um die richtigen Entscheidungen in der jeweiligen Situation zu treffen.</li> <li>• Die Fähigkeit von Organisationen zum Umgang mit begrenzter Rationalität ist durch kognitive (Bündelung von Kräften), physische (Physis und Koordination), temporale (zeitliche Begrenzung) und institutionale (Organisationsstruktur) Begrenzungen der Entitäten ihrer Systeme begründet.</li> </ul>
9	<b>Selbstorganisation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Selbstorganisation bezeichnet die Fähigkeit eines Systems, sich derart zu steuern, dass es selbst und seine Subsysteme sich immer im Bereich der Zielsetzung befinden und somit einen stabilen Gleichgewichtszustand erreichen. Man bezeichnet solche Systeme als Homöostaten.</li> <li>• Selbstorganisation ist nur durch eine hohe Reaktionsfähigkeit einer hohen Systemvarietät zu erreichen. Zum Erreichen einer hohen Varietät muss ein Ungleichgewicht durch interne und externe Einflüsse zugelassen werden, damit ein System durch Anpassung reagieren kann, um das Gleichgewicht wieder herzustellen. Hierbei verändert sich das System selbst und passt seine Verhaltensmuster an. Ungleichgewicht wird daher als Normalzustand von Systemen angesehen, da sie den Ursprung komplexer Ordnungen darstellen.</li> <li>• Selbstorganisation entsteht aus der Interaktion der Systemelemente. Der Begriff kann daher auch mit Steuerung und Entwicklung von Systemen gleichgesetzt werden. Selbstorganisation benötigt Selbstreferenz zur Entscheidungsfindung und zur Reaktion oder Integration von Störungen. Sie kann nur durch das System selbst herbeigeführt werden.</li> <li>• Selbstorganisation ermöglicht eine Deutung des Verhaltens eines komplexen Systems, dient zur Zielerreichung und Strukturierung und entscheidet über die Überlebenseicherung.</li> <li>• Selbstorganisation findet am Rand des Phasenübergangs zum Chaos durch selbstorganisierte Kritizität statt.</li> </ul>
10	<b>Selbstreferenz</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Selbstreferenz beschreibt die Fähigkeit eines Systems zur Selbstbeobachtung und Reflektivität. Sie wird auch als zirkuläre Kausalität bezeichnet. Selbstreferenz bezieht sich hier auf die Einheit, die ein einzelnes Element oder einzelner Prozesse für sich selbst darstellt und letztlich durch deren Handeln zu einer eigenen Identität führen.</li> <li>• Selbstreferenz ist die Voraussetzung zur Selbstorganisation komplexer Systeme.</li> <li>• Selbstreferenz entsteht aus der Selbstbeobachtung des Systems hinsichtlich seiner Wirkung auf das Ergebnis seiner Aktivitäten.</li> <li>• Selbstreferenz bildet die Grundlage zur Steuerungsfähigkeit komplexer Systeme.</li> </ul>

Tab. 06: Eigenschaften der Komplexität adaptiver Systeme (8-10) (e. D.)

Nr.	Eigenschaft	Erkenntnisse
11	<b>Emergenz</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emergenz bezeichnet die Fähigkeit eines komplexen Systems, aus Veränderungen des Systems neue Eigenschaften mit besser angepassten (höheren) Ordnungen zu entwickeln, welche sich aus den Eigenschaften der Einzelemente nicht mehr ableiten lassen. „Das Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile.“</li> <li>• Aus emergentem Verhalten entstehen durch zufällige Instabilitäten und positive Rückkopplungen zufällige Konstellationen, die auf das System zurückwirken und das Systemverhalten nicht mehr vorhersehbar machen. Aus einfachen Elementen und Beziehungen können so hochkomplexe Gebilde entstehen.</li> <li>• Emergentes Verhalten ist keine grundlegende Eigenschaft eines Systems sondern eine zeitliche Entwicklung, die sich aus Störungen des Gleichgewichtszustandes ergibt.</li> <li>• Anreize zur Emergenz können Attraktoren, Zeitreihen, Informationsentropie, Fraktale und andere bestimmende Einflüsse sein. Diese Systemfähigkeiten lassen sich auf Natur und Gesellschaften anwenden.</li> <li>• Emergenz ermöglicht sozialen Systemen Spontanität und die Entwicklung informaler Strukturen mit neuen Prozessen und Gruppierungen außerhalb der vorgegebenen Organisation. Die Fähigkeit zur Emergenz kann daher auch zur Bildung von Steuerungs- und Führungsstrukturen eines Systems herangezogen werden.</li> </ul>
12	<b>Autopoiese</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Autopoiese bezeichnet die Fähigkeit eines Systems, sich zu bilden und zu erneuern und gleichzeitig seine Grenzen selbst festzulegen, ohne die eigene Identität zu verlieren.</li> <li>• Der Selbsterhaltungstrieb der Autopoiese zur notwendigen Anpassung wird auch als Evolution bezeichnet. Die Systeme erzielen durch Fluktuation, Mutation und Innovation neue Identitäten, die entweder eine höhere oder niedrigere Varietät beinhalten können. Über Instabilität (Phasenübergang zum Chaos) entstehen neue Ordnungsstrukturen.</li> <li>• Anomalie oder Fluktuation bezeichnet eine sprunghafte Veränderung durch zufällige Schwankungen in den zeitlichen Verläufen der Instabilität. Aus Chaos und Anomalie kann somit Ordnung entstehen. Je mehr Freiheitsgrade ein System in der Bildung dieser Ordnung hat, desto stabiler wird das System und umgekehrt. Zu geringe Freiheitsgrade können zu einem Zerfall des Systems führen.</li> <li>• Werden autopoietische Systeme als Subsystem in übergeordnete Systeme eingebunden, bleibt die ihr eigene Autopoiese unverändert erhalten. Die Abgrenzung zur Umwelt erfolgt in Organisationen durch kognitive Systeme (neuronalen Aktivitäten), psychische Systeme (Gedanken) und soziale Systeme (Kommunikation).</li> </ul>

Tab. 07: Eigenschaften der Komplexität adaptiver Systeme (10-12) (e. D.)

Das Kapitel 3 schließt die Beantwortung der ersten Forschungsfrage: „Welches sind die charakterisierenden Eigenschaften von Komplexität und worin besteht die Schwierigkeit in der Wahrnehmung von Komplexität?“ ab und liefert Antworten zur Berechenbarkeit von Komplexität, die Basis weitergehender Betrachtungen zur Erstellung eines Bewertungsmaßstabs dienen.



## 4 Bauvorhaben und Komplexität

### 4.1 Systeme und Komplexität in Bauvorhaben

#### 4.1.1 Projekt und Projektmanagement

Der Begriff "Projekt" ist lateinischen Ursprungs „proiectum“, was „das voraus Geworfene“ bedeutet.<sup>585</sup> Als Projekt (en: project) bezeichnet man ein Vorhaben, das in seiner Gesamtheit durch die Einmaligkeit seiner Bedingungen gekennzeichnet ist.<sup>586</sup>

Der Begriff "Projektmanagement" (en: project management) bezeichnet die Gesamtheit von Führungsaufgaben für die Initiierung, Definition, Planung, Steuerung und den Abschluss von Projekten. Hierzu werden organisatorische Aufgaben unter Anwendung von Techniken und Zuhilfenahme von Arbeitsmitteln durchgeführt.<sup>587</sup>

Ziel eines Projektmanagements ist es, Projekte so abzuwickeln, dass die gesetzten Ziele erfüllt und unter wirtschaftlicher Verwendung von Ressourcen erreicht werden. Nach der Initiierung wird das Projekt nach Ausgangsanalyse abgegrenzt und sowohl Ziele als auch Verantwortlichkeiten definiert. In der Planung erfolgt die eigentliche Durchführung, die durch einen Steuerungsprozess begleitet wird. Das Projektende bildet die Abschlussphase mit Abnahme und Übergabe an den Auftraggeber.<sup>588</sup> Die erforderliche Arbeitsteilung in Projekten baut auf kooperative Arbeitsformen auf, da komplexe Aufgaben oftmals nur interdisziplinär und kooperativ gelöst werden können. Projektmanagement ist somit auch eine Reaktion auf die zunehmende Komplexität der heutigen Herausforderungen.<sup>589</sup>

SCHREYÖGG unterscheidet im Projektmanagement einen institutionellen und einen funktionalen Ansatz. Institutionell beschreibt die Beteiligten, die in ihrer Rolle mit Befugnissen ausgestattet sind. Hierzu gehören demnach alle Organisationsbeteiligten mit Führungsfunktionen. Funktional bezeichnet alle Handlungen, die zur Steuerung eines Leistungsprozesses erforderlich sind. Hierzu gehören bspw. Aufgaben wie Planung, Organisation oder Kontrolle.<sup>590</sup>

In der sachbezogenen Umsetzung von Management geht es um die Erledigung von Aufgaben, die sich aus den vorgegebenen Zielen ableiten. In der personenbezogenen Umsetzung wird der richtige Umgang mit den Menschen betrachtet, auf deren Kooperation das Management zur Umsetzung der Aufgaben angewiesen ist. Der Begriff Projektmanagement besitzt zugleich eine operative-ausführende und eine strategisch-konzeptionelle Bedeutung. Operativ ist es als Form zur Führung und Steuerung

---

<sup>585</sup> Vgl. [www.pm-handbuch.com](http://www.pm-handbuch.com): "Stichwort: Projekt, online im Internet:", <http://www.pm-handbuch.com/begriffe/> [zuletzt geprüft am: 04.02.2017]

<sup>586</sup> Vgl. DIN 69901-1:2009-01: "Projektmanagement – Projektmanagementsysteme – Teil 1: Grundlagen", S. 11, Beuth Verlag GmbH, Berlin

<sup>587</sup> Vgl. DIN 69901-1:2009-01 (2009), S. 14

<sup>588</sup> Vgl. Springer Fachmedien Wiesbaden [Hrsg.] (2013): "Gabler Kompakt-Lexikon Wirtschaft", 11., akt. Aufl. 2013. Korr. Nachdruck 2012. Auflage, Springer Gabler, Wiesbaden, S. 357

<sup>589</sup> Vgl. Hagen, S. (2009), S. 24

<sup>590</sup> Vgl. Schreyögg, G. (1997): "Organisation", 2. Auflage, Gabler, Wiesbaden, S. 5ff

eines einzigen Projektes zu betrachten, wogegen die strategische Form auf alle Projekte der Organisation abzielt.<sup>591</sup>

In technischen Projekten ist Projektmanagement die am häufigsten verwendete Form zu Führung von Projekten. Obwohl Projektmanagement ein Schlüssel für den Umgang mit Komplexität sein kann, ist das klassische Projektmanagement jedoch oft mit der sich darstellenden Komplexität in Projekten überfordert.<sup>592</sup> In der aktuellen Literatur geht man davon aus, dass Bauvorhaben grundsätzlich Projekte darstellen.<sup>593</sup> Beim Vergleich der Merkmale von Bauvorhaben und der Merkmale von Projekten ist festzustellen, dass Bauvorhaben in der Regel Projektcharakter besitzen und man diese deshalb auch als Bauprojekte definieren kann.<sup>594</sup> ESCHENBRUCH nennt Immobilien- und Bauprojekte als geradezu klassische Typen von Projekten, da sie einmalige Aufgaben bei gleichzeitig abgegrenzten räumlichen und terminlichen Projektbedingungen umfassen.<sup>595</sup> In den nachfolgenden Betrachtungen wird daher der Begriff Bauprojekt und Bauvorhaben synonym verwendet.

### Merkmale von Projekten

Nach DIN 69901 werden Projekte durch folgende Merkmale gekennzeichnet:

- Ziele
- Begrenzungen (Zeit, Finanzen, Ressourcen u. a.)
- Abgrenzungen (zu anderen Projekten)
- Organisation (projektspezifisch)

In der Fachwelt wird diskutiert, dass die nach DIN 69901 genannten Kriterien nicht ausreichend sind, und erweitern diese u. a. um das Merkmal der Komplexität.<sup>596</sup> So definieren BEA<sup>597</sup> et al. ein Projekt als großes, einmaliges, neuartiges und zeitlich befristetes Vorhaben, das einen hohen Grad an Komplexität aufweist. KOCHENDÖRFER<sup>598</sup>, JAKOBY<sup>599</sup> und GREINER et al erweitern die Merkmale eines Projektes um die Interdisziplinarität.<sup>600</sup> Basis dieses Merkmals bilden die Forschungen von SCHELLE.<sup>601</sup>

Somit ergibt sich eine Erweiterung der Merkmale auf:

- Einmaligkeit
- Neuartigkeit
- Komplexität
- Interdisziplinarität

---

<sup>591</sup> Vgl. Hagen, S. (2009), S. 34

<sup>592</sup> Vgl. Schwaninger, M. & Körner, M. (2003), S. 75

<sup>593</sup> Vgl. Mayer, T.-L., et al. (2008), S. 301

<sup>594</sup> Vgl. Kochendörfer, B., et al. (2008): "Bau-Projekt-Management", 4. Auflage, Vieweg + Teubner in GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, S. 5

<sup>595</sup> Vgl. Eschenbruch, K. (2015): "Projektmanagement und Projektsteuerung für die Immobilien- und Bauwirtschaft", 4. Auflage, Werner, Köln

<sup>596</sup> Vgl. Schelle, H., et al. (2005)

<sup>597</sup> Vgl. Bea, F. X., et al. (2008)

<sup>598</sup> Vgl. Kochendörfer, B., et al. (2008), S. 14

<sup>599</sup> Vgl. Jakoby, W. (2013): "Projektmanagement für Ingenieure", 2. Auflage, Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, S. 7

<sup>600</sup> Vgl. Greiner, P., et al. (2009): "Baubetriebslehre - Projektmanagement", 4. Auflage, Vieweg + Teubner, Wiesbaden

<sup>601</sup> Vgl. Schelle, H., et al. (2008): "Die Lehre vom Projektmanagement, in: Projekte erfolgreich managen", TÜV-Rheinland

Die Summe der hier aufgeführten Merkmale wird in den Wirtschaftswissenschaften bestätigt und als Grundlage zur Beschreibung des Projektbegriffs verwendet.<sup>602</sup> Nachfolgende Abbildung stellt die Merkmale nochmals im Zusammenhang dar:

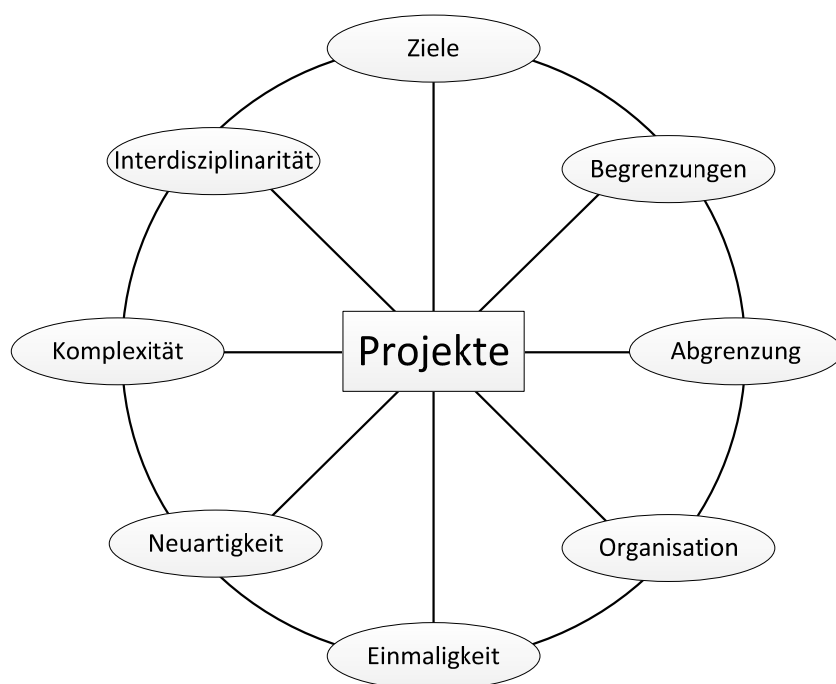


Abb. 45: Merkmale von Projekten nach Gassmann (e. D.)<sup>603</sup>

Die definierten Merkmale lassen sich durch nachfolgende Erläuterung weitergehend beschreiben:

### Zielvorgaben

an das Projekt erfolgen aus Bereichen Qualität, Quantität, Kosten oder Termine. Eine Qualitätsdefinition ist durch die bauspezifischen Abhängigkeiten schwer festzulegen. Der Grund hierfür liegt in der langen Lebensdauer eines Bauwerks und der Erstellung aus Einzelgewerken. Qualität ist daher im Lebenszyklus erst sehr spät feststellbar. Weiterhin haben Rahmenbedingungen wie Vorschriften, Genehmigungsverfahren u. a. einen erheblichen Einfluss. Dies führt zu langwierigen Herstellungsprozessen und somit zu erheblicher Veränderungsdynamik. Standortgebundene Produktionsbedingungen erzeugen einmalige Situationen, die nicht mit industriellen Prozessen vergleichbar sind.<sup>604</sup>

Quantitative Vorgaben beeinflussen die Ressourcen und den zeitlichen Verlauf einer Baumaßnahme. Ein besonderes Augenmerk ist hier auf die Baustellenlogistik und mögliche Lieferzeiten zu richten. Quantität korrespondiert mit Qualität hinsichtlich der verfügbaren Ressource und nimmt somit Einfluss auf die Kosten und Zeitziele des Projektes. Die Abhängigkeiten der einzelnen Ziele und die erforderlichen Rahmenbedingungen lassen sich im „magischen Dreieck der Projektziele“ darstellen (siehe nachfolgende Abbildung):

<sup>602</sup> Vgl. Beck, T. (1996): "Die Projektorganisation und ihre Gestaltung", Duncker & Humblot, Berlin, S. 46

<sup>603</sup> Vgl. Gassmann, O. (2006): "Praxiswissen Projektmanagement", 2. Auflage, Hanser, München [u.a.], S. 6

<sup>604</sup> Vgl. Streck, S. & Wischhof, K. (2009): "Materialband zum Leitbild Bau", Wuppertal/Hamburg, S. 80

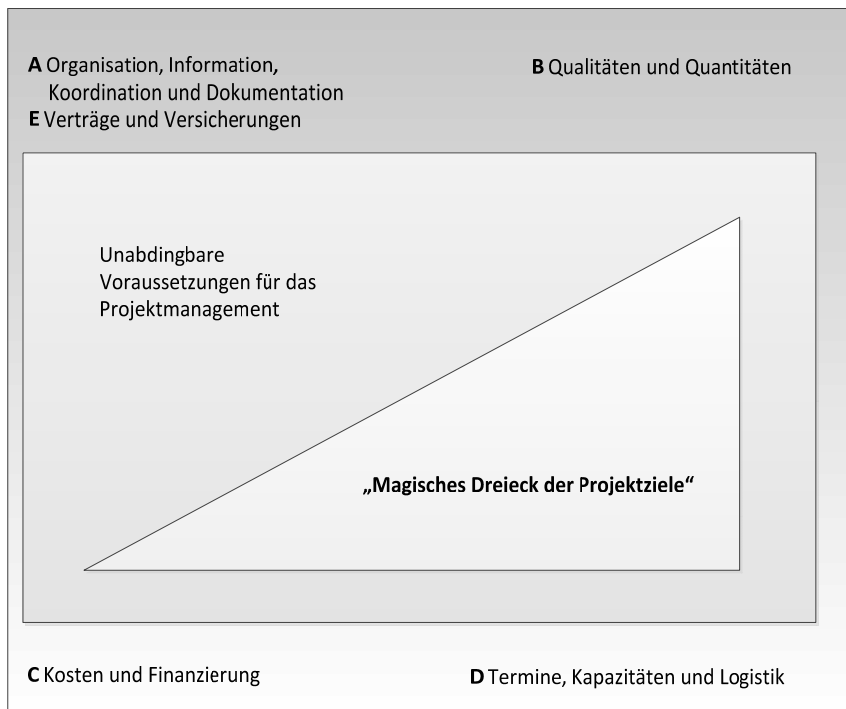


Abb. 46: Das Magische Dreieck der Projektziele nach Kalusche (e. D.)<sup>605</sup>

Projektziele können miteinander oder gegeneinander in Beziehung stehen. HILL definiert die Relationen diverser Ziele mit der Möglichkeit zur Komplementarität, Indifferenz und Konkurrenz.

Nach HILL sind Ziele<sup>606</sup>:

- komplementär, wenn sich durch Erfüllen des einen Zieles die Erfüllung des anderen Zieles erhöht,
- indifferent, wenn sich durch Erfüllen des einen Zieles kein Einfluss auf die Erfüllung des anderen Zieles ergibt und
- konkurrenz, wenn sich durch Erfüllen des einen Zieles eine Verminderung des anderen Zieles ergibt.

Projektbeteiligte haben unterschiedliche Interessen, die sie in das Projekt einbringen. So können die für den Projektponsor wichtigen Hauptziele zwar vertraglich vereinbart werden, dennoch wirken individuelle Ziele der einzelnen Individuen oder Systeme oftmals entgegen.

Die Mitwirkenden an einem Bauprojekt vertreten jeweils unterschiedliche Interessenlagen. Neben den Hauptzielen für ein Bauprojekt: Kosten, Termine und Qualität, definiert durch den Bauherrn mittels einer vertraglichen Festlegung, existieren für jeden Projektbeteiligten weitere wichtige Richtungspunkte und Interessen.<sup>607</sup>

<sup>605</sup> Vgl. Kalusche, W. (2016), S. 25

<sup>606</sup> Vgl. Hill, W., et al. (1998): "Organisationslehre 2", 5. Auflage, Haupt, Berlin [etc.], S. 142

<sup>607</sup> Vgl. Bubner, D. (2006): "Risikomanagement bei Bauprojekten", Diplomarbeit BTU Cottbus, Cottbus, S. 62

## Begrenzungen

ergeben sich aus technischen und personellen Ressourcen, Finanzmitteln und zeitlichen Rahmenbedingungen. Ein Projekt ist eine einmalige und zeitlich befristete Aufgabe, mit oftmals hoher Innovation und vielen Risiken.<sup>608</sup> Durch die Einmaligkeit und die zeitliche Begrenzung ist ein Projekt als eine in sich geschlossene Aufgabe zu verstehen, deren Umsetzung in einem zeitlich exakt definierten Rahmen zu erfolgen hat.<sup>609</sup>

In Projekten werden komplexe Systeme oder deren Teile erstellt, verändert oder auf einen neuen technischen Stand gebracht. Diese Systeme werden somit für eine bestimmte Zeit zu Aufgabenbereichen (z. B. Baustellen).<sup>610</sup>

## Abgrenzungen (zu anderen Projekten)

Projekte werden erforderlich, wenn die zu lösende Aufgabe nicht innerhalb der vorhandenen Organisation eines Unternehmens gelöst werden kann. Nach REISS<sup>611</sup> werden Projekte erforderlich, wenn für Sonderaufgaben ein außerordentlich großer Kompetenzbedarf erforderlich wird, der aus der Primärorganisation ausgelagert werden muss. Zur Stammorganisation muss daher eine Abgrenzung gegenüber der projektspezifischen Organisation des Einzelprojektes und weiteren Projekten gebildet werden. Zur Abgrenzung müssen eindeutige Projekteigenschaften definiert werden.<sup>612</sup>

JAKOBY versucht eine Abgrenzung in unabdingbare Voraussetzungen für Projekte (siehe nachfolgende Abbildung). Alle Vorhaben, die diese Bedingungen nicht erfüllen können, sind als „Nicht-Projekte“ einzustufen. Trotz aller Bemühungen einer klaren Abgrenzung bleiben immer noch Grenzfälle, die unter Berücksichtigung der hier erwähnten Aspekte gewichtet werden müssen.<sup>613</sup>

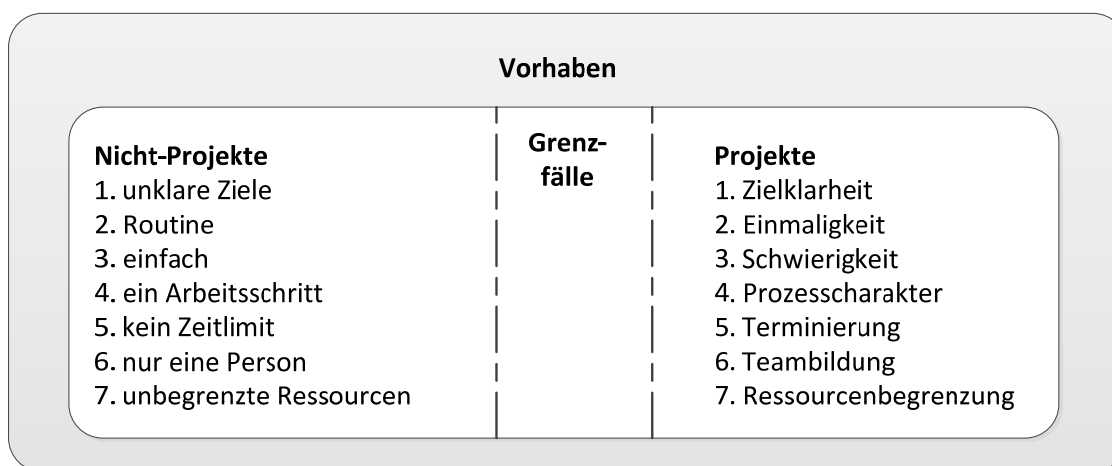


Abb. 47: Abgrenzung von Projekten und Nicht-Projekten nach Jakoby (e. D.)<sup>614</sup>

<sup>608</sup> Vgl. Springer Fachmedien Wiesbaden [Hrsg.] Springer Fachmedien Wiesbaden [Hrsg.] (2013), S. 357

<sup>609</sup> Vgl. Dreger, W. (1975): "Projekt-Management", Bauverl., Wiesbaden, S. 13

<sup>610</sup> Vgl. Jenny, B. (2014), S. 78

<sup>611</sup> Vgl. Reiß, M. (1991): "Projektmanagement, Produktmanagement, Prozessmanagement", BWI, Abt. II, Stuttgart

<sup>612</sup> Vgl. Ohlberger, M. (2016), Masterthesis, S. 9

<sup>613</sup> Vgl. Jakoby, W. (2013), S. 6–8

<sup>614</sup> Vgl. Jakoby, W. (2013): "Projektmanagement für Ingenieure", 2. Auflage, Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, S. 8

Organisation (projektspezifisch)

Organisationstheoretisch bietet sich in der Aufbauorganisation die Möglichkeit einer funktionalen-, Stabs-, Matrix- oder reinen Projektorganisation an. Je nach zeitlicher Begrenzung, strategischer Bedeutung oder Größe des Projektes muss frühzeitig die Wahl der am besten geeigneten projektspezifischen Organisation getroffen werden. GASSMANN stellt die Auswahlmöglichkeiten der verschiedenen Organisationsformen anhand der Weisungs- und Entscheidungskompetenzen der Projektleiter gemäß nachfolgender Abbildung dar:

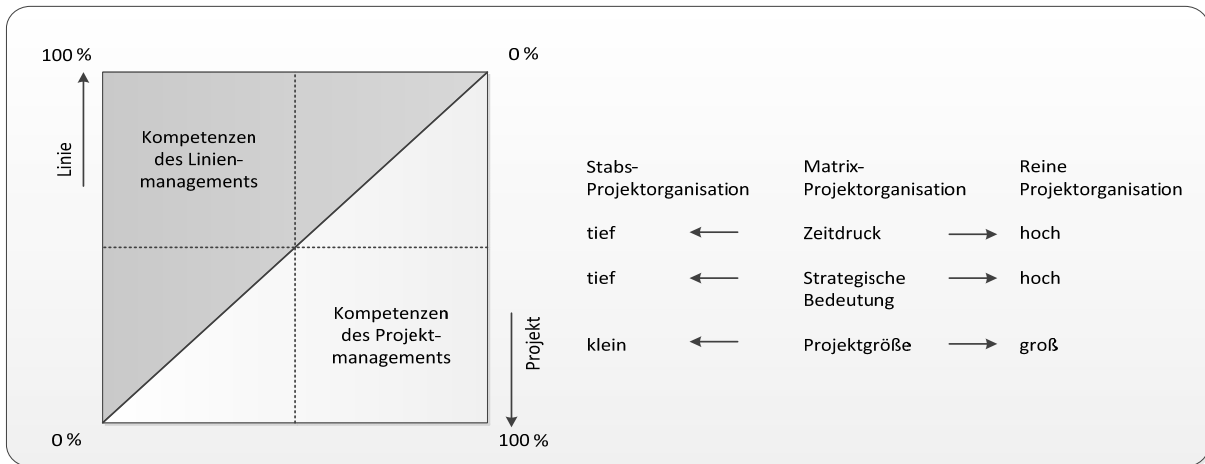


Abb. 48: Kompetenzen verschiedener Organisationsformen nach Gassmann (e. D.)<sup>615</sup>

Neben der erkennbaren Projektorganisation bilden sich bewusst oder unbewusst vier Ebenen innerhalb der Organisation heraus. Dies hängt zusammen mit der Beteiligung unterschiedlicher Standorte, der hierarchischen Strukturierung, der Prozessführung und der Nutzung informeller Netzwerke. Die Ebenen werden in nachfolgender Abbildung dargestellt:

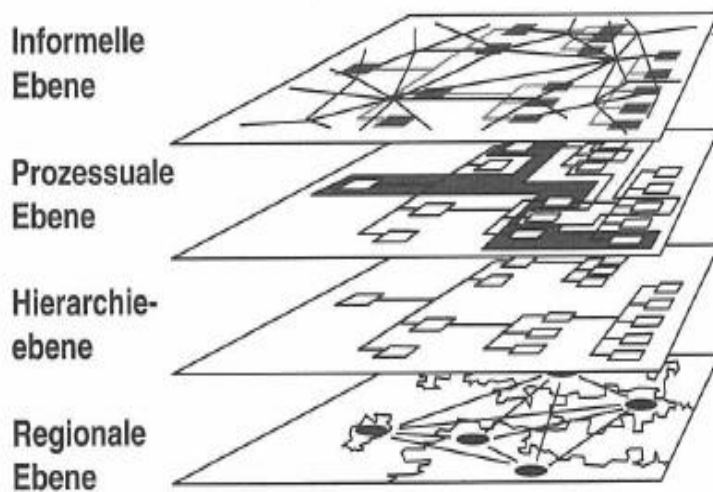


Abb. 49: Die vier Ebenen der Projektorganisation nach Gassner<sup>616</sup>

<sup>615</sup> Vgl. Gassmann, O. (2006), S. 38

## Einmaligkeit

Die Bedingungen zur Realisierung eines Projektes gelten nur hierfür und können in der Regel nicht auf andere Projekte übertragen werden. Aus dieser Einmaligkeit heraus entstehen Unsicherheiten, die in der Literatur als Komplexität und Risiko eines Projektes beschrieben werden.<sup>617 618</sup>

Werden Projekte unter anderen Rahmenbedingungen durchgeführt als in vorausgehenden Fällen, oder sind die eingesetzten Mitarbeiter neu in der Aufgabenstellung, kann bereits von Neuartigkeit eines Projektes gesprochen werden. Die Einmaligkeit muss sich hierbei nicht generell auf das gesamte Projekt beziehen. Es reichen auch Projektteile, um dieses Merkmal zu begründen.<sup>619</sup>

Einmaligkeit hat Auswirkungen auf projektorientiertes Denken und Handeln. So ist die Strategie von der Art der Projektprozesse mit Zielrichtung Einzel- oder Serienanfertigung abhängig. Strukturell setzt Einmaligkeit Grenzen hinsichtlich Standardisierung von Prozessen. Zur Nutzung der Erfahrungen aus einmaligen Bedingungen ist eine gute Dokumentation zur Erfassung von gesammelten Erfahrungen notwendig.<sup>620</sup>

## Neuartigkeit

Projekte dienen zur Realisierung beabsichtigter Vorhaben. Diese Vorhaben können unterschiedlich neuartig sein. Entscheidend für die Bestimmung dieses Merkmals ist der Referenzpunkt der Bezugnahme. Hinzu kommen die Erfahrungen der jeweiligen beteiligten Personen, Institutionen oder Unternehmen. Was für die einen alt und bekannt ist, kann für die anderen neu und unbekannt sein.

Neuartigkeit muss in diesem Kontext unter einer gewissen Relativität betrachtet werden. Diese relative Neuartigkeit unterscheidet sich nach einer inkrementellen und radikalen Innovation. Inkrementelle Erneuerung erfolgt in kleinen Schritten mit geringen Veränderungen und baut auf bestehenden Erfahrungen oder Produkten auf. Radikale Innovation hingegen bedeutet eine gravierende und sprunghafte Veränderung mit nur geringen oder keinen Erfahrungen. Neuartigkeit lässt sich mittels geeigneter Parameter mit einem Innovationsgrad bestimmen. Als Parameter kommen hier quantifizierbare Größen wie Technologiebedarf, Marktvolumen, Beschaffungsmöglichkeit, Produktionsprozess oder Kapitalbedarf in Frage.<sup>621</sup>

Relative Neuartigkeit in Verbindung mit hoher Komplexität verursacht ein höheres Risiko als die Durchführung von Routineaufgaben. Die Wahrscheinlichkeit des Scheiterns steigt an. Je höher der Anteil neuartiger Bestandteile eines Projektes, desto höher das Risiko und der mögliche Zuwachs an Komplexität.<sup>622</sup>

---

<sup>616</sup> Vgl. Gassmann, O. (2006): "Praxiswissen Projektmanagement", 2. Auflage, Hanser, München [u.a.], S. 13

<sup>617</sup> Vgl. Patzak, G. & Rattay, G. (2009), S. 19

<sup>618</sup> Vgl. Steinbuch, P. A. (2000): "Projektorganisation und Projektmanagement", 2., überarb. Aufl. Auflage, Kiehl, Ludwigshafen (Rhein), S. 24

<sup>619</sup> Vgl. Ewert, W. (op. 1996): "Handbuch Projektmanagement öffentliche Dienste", Kellner, Bremen [etc.], S. 13

<sup>620</sup> Vgl. Gessler, M. (2012), S. 1132–1133

<sup>621</sup> Vgl. Gessler, M. (2012): "Kompetenzbasiertes Projektmanagement (PM 3)", 5. Auflage, GPM Deutsche Gesellschaft für Projektmanagement, Nürnberg, S. 45

<sup>622</sup> Vgl. Ewert, W. (op. 1996), S. 15

## Komplexität

Projekte können als komplexe soziale Systeme definiert werden (vgl. Kap. 2). Zur Erkennung von Komplexität und einer somit besseren Handhabung muss das „System“ Projekt in möglichst überschaubare Elemente zerlegt und die Relationen zwischen den Elementen analysiert werden. Zu berücksichtigen ist hierbei die Projektdynamik im zeitlichen Verlauf. Hierdurch gewinnt man Kenntnisse der strukturellen und funktionalen Komplexität und kann diese zu Steuerungsprozessen verwenden. In Projektprozessen spricht man hier von Aufbau- und Ablaufstrukturen. Die verwendeten Arbeitsmittel hierfür sind u. a. ein Projektstrukturplan, Projektablaufplan oder ein Terminplan.<sup>623</sup> Bereits in den frühen 1960er Jahren spricht BAUMGARTNER von der Notwendigkeit zur Durchführung von Projekten für Vorhaben besonderer Art und Aufgabe als „critical, complex problems.“<sup>624</sup>

Mit steigender Größe und längerer Laufzeit eines Projektes steigt die Zahl der beteiligten Personen, Institutionen und Organisationen. Durch die hierdurch notwendige Arbeits- und Rollenteilung höherer Informationsdichte u. a. steigen die Komplexität eines Projektes und der hierfür erforderliche Steuerungsaufwand.<sup>625</sup>

## Interdisziplinarität

Projekte beinhalten wegen ihres einmaligen Charakters eine Vielzahl von Teilaktivitäten und Interdependenzen, die nur schwer voraussehbar sind. Ihre Wirkungen können jedoch die Grenzen der jeweiligen Organisation überschreiten. Projekte benötigen durch die erforderliche vielfältige Arbeitsteilung und Kompetenzen die Beteiligung einer Vielzahl von Spezialisten.<sup>626</sup>

In Bauvorhaben hat die Arbeitsteilung in den letzten Jahrzehnten immer weiter zugenommen. Die bekannten Leistungsbilder der HOAI wurden ergänzt um Spezialisten für neuartige Aufgaben. Hierdurch steigen die Schnittstellen und die Komplexität nimmt zu.<sup>627</sup> Nachfolgend werden die Merkmale zur Verifizierung eines Projekts nochmals zusammengefasst:

1. Ziele
2. Begrenzungen (Zeit, Finanzen, Ressourcen u. a.)
3. Abgrenzungen (zu anderen Projekten)
4. Organisation (projektspezifisch)
5. Einmaligkeit
6. Neuartigkeit
7. Komplexität
8. Interdisziplinarität

---

<sup>623</sup> Vgl. Drews, G. & Hillebrand, N. (2010): "Lexikon der Projektmanagement-Methoden", 2. Auflage, Haufe, Freiburg, Berlin, München, S. 20

<sup>624</sup> Vgl. Baumgartner, J. S. (1963): "Project management", R. D. Irwin, Homewood Ill., S. 7

<sup>625</sup> Vgl. Kalusche, W. (2016), S. 152

<sup>626</sup> Vgl. Frese, E., et al. (1980): "Projektorganisation Theoretische Grundlagen und praktische Gestaltung", Sander, Dortmund

<sup>627</sup> Vgl. Schwaninger, M. & Körner, M. (2003), S. 76



### 4.1.2 Systemstrukturen in Bauvorhaben

#### Systeme in Organisationen

Zerlegt man ein System in seine organisatorischen Bestandteile, so treten hier die Begriffe Elemente, Beziehungen und Dimensionen in Erscheinung. Die drei Bestandteile sind miteinander vernetzt, sodass Veränderung des Einzelnen immer zur Veränderung der Anderen führt. Durch Analyse der Einzelteile lässt sich ein System erkennbarer machen und somit besser steuern.<sup>628</sup>

LIEBELT stellt die organisatorische Komplexität eines Systems in Form eines Systemwürfels dar. Die vier Elemente: Aufgaben, Aufgabenträger, Sachmittel und Informationen bilden die statischen Elemente eines Systems: Aufgaben stehen im Mittelpunkt der Organisation und beschreiben daher das System vorrangig. Aufgabenträger sind die Personalressourcen, die zur Umsetzung der Aufgaben verfügbar sind. Sachmittel sind Betriebsmittel zur Erfüllung der Aufgaben und Informationen sind zur Nachrichtenübermittlung und somit zur Funktion der Aufgabenerledigung erforderlich.<sup>629</sup>

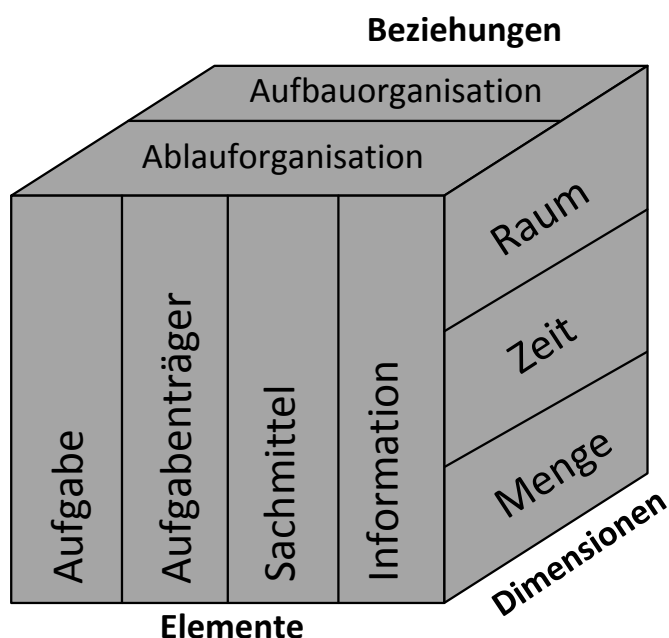


Abb. 50: Der Liebelt'sche Systemwürfel nach Liebelt (e. D.)<sup>630</sup>

Raum, Zeit und Menge bilden die dynamischen Attribute zu den vier Elementen: Der Raum steht hier als Platzhalter für den Ort, an dem die Aufgabe ausgeführt wird. Jede Aufgabe benötigt zur Erledigung eine gewisse Zeit. Menge stellt die erbrachte Leistung dar, die in einem Raum in einer bestimmten Zeit erbracht werden kann.<sup>631</sup>

Die Beziehungen zwischen den Elementen werden durch die Bereiche der Aufbau- und Ablauforganisation dargestellt: Aufbauorganisation ist hier die Gestaltung des statischen Beziehungszusammenhangs zwischen den Elementen (Struktur). Sie kann in Teilsysteme wie Führungssystem, Kommunikationssystem

<sup>628</sup> Vgl. Jenny, B. (2014), S. 79

<sup>629</sup> Vgl. Jenny, B. (2014), S. 79–80

<sup>630</sup> Vgl. Liebelt, W. & Sulzberger, M. (1989): "Grundlagen der Ablauforganisation", Schmidt, Giessen

<sup>631</sup> Vgl. Jenny, B. (2014), S. 80

tem oder Informationssystem u. a. unterteilt werden. Ablauforganisation beschreibt die dynamischen Ausprägungen der Dimensionen Raum, Zeit und Menge der aus logischen Prozessabläufen bestehenden Vorgänge.<sup>632</sup>

Die Systemelemente sind als Einzeleinheit zu betrachten und lassen sich klar voneinander abgrenzen. Je nach Projektgröße können somit einzelne Bereiche mehr oder weniger starke Berücksichtigung finden. Welche davon für die Betrachtung verwendet werden, hängt letztlich von der Zielsetzung und den Fähigkeiten des Betrachters ab.<sup>633</sup>

Die Betrachtung der generellen Systemstruktur von Organisation kann auf Bauvorhaben übertragen werden. Bei der Anwendung auf Bauprojekte müssen jedoch deren Besonderheiten berücksichtigt werden.

### Besonderheiten von Bauprojekten

Bauvorhaben haben in der Regel eine sehr lange Nutzungsdauer und binden daher viel Kapital auf einen langen Zeitraum hin. In Bauprojekten spielen die Bauwerke (Objekte) eine wichtige Rolle. Sie sind entweder der Hauptgegenstand des Projektes (z. B. Bürogebäude, Brücken u. a.) oder Subsysteme im Rahmen eines Großprojektes (z. B. Wartungshalle bei einem Flughafen).

Schwerpunkte bei Bauvorhaben liegen in der Planung und der Ausführung. In der Regel gibt es viele Schnittstellen zwischen der Objektplanung (Architektur) und den Fachplanungen (Tragwerk und Technische Ausrüstung u. a.). Der Verknüpfungsgrad zwischen den Anforderungen der bautechnischen und haustechnischen Ausstattung kann aus systemtechnischer Sicht eine wichtige Rolle spielen. Dies gilt sowohl für die Koordinierung als auch für die Optimierung, besonders aus Sicht des Projektmanagements.

Ein Objekt (Bauwerk) hat eine Vielzahl verbundener Bauteile, die sich aus den Bedarfsanforderungen im Rahmen der Zieldefinition ergeben, in der Planung definiert und in der Ausführung Gestalt annehmen. Ein fertiges Bauwerk bildet eine Struktur mit Verbindungen und stellt ein System geringer Dynamik dar. Bei der Erstellung wirken jedoch eine Vielzahl von Teilsystemen an Planung und Durchführung mit und führen durch Veränderungen an den Zielsetzungen (z. B. Nutzerwünsche) oder notwendigen technischen Anpassungen (z. B. Gesetzesänderungen) zu Abweichungen in den geplanten Strukturen (Störgrößen). Es können hierdurch neue Elemente und Leistungen entstehen, die ihrerseits wieder zu Veränderung innerhalb des Beziehungsgefüges führen können und das System Bauwerk am Ende anders aussehen lassen als ursprünglich geplant war.<sup>634</sup>

Im Baubetrieb entsteht durch die Zusammenwirkung einer Vielzahl von Menschen (Elemente) und deren Aufgaben (Eigenschaften) eine Vielzahl von Schnittstellen. Diese Schnittstellen können in den Geschäftsprozessen als Verknüpfung oder Verbindung im Sinne der Systemtheorie verstanden werden. Schnittstellen entstehen beim Übergang zwischen den einzelnen Aufgabenbereichen und können zwischen Geschäftsprozessen oder auch innerhalb der Einzeltätigkeiten eines Geschäftsprozesses entstehen.<sup>635</sup>

---

<sup>632</sup> Vgl. Jenny, B. (2014), S. 81

<sup>633</sup> Vgl. Jenny, B. (2014), S. 99

<sup>634</sup> Vgl. Schleicher, M. (2012), S. 16

<sup>635</sup> Vgl. Raufeisen, M. (1999), S. 42

Zerlegt man das System des Objektes Bauwerk in seine Einzelteile, treten Systemhierarchien und Subsysteme auf. So kann man den Rohbau, die Fassade oder die Heizungsanlage als ein solches Subsystem auffassen. Teilt man diese Subsysteme weiter, so ergeben sich Sub-Subsysteme wie verschiedene Gewerke, die zur Erstellung notwendig werden. Ein Beispiel hierzu seien Mauer-, Beton- oder Zimmerarbeiten am Rohbau.

Im Bereich der Bauplanung ergeben sich aus Sicht des Projektmanagements folgende Einflussfaktoren und Gestaltungsbereiche:<sup>636</sup>

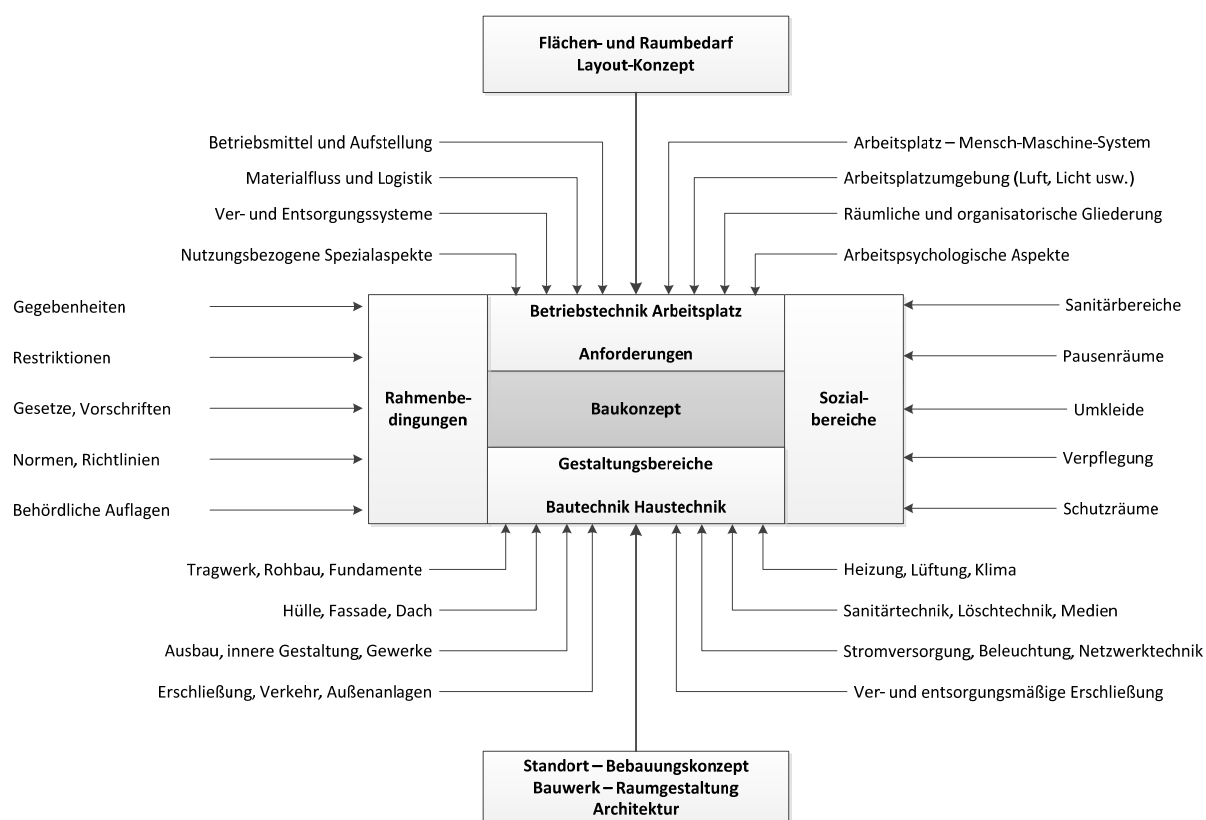


Abb. 51: Einflussfaktoren und Gestaltungsbereiche der Bauplanung nach Aggteleky (e. D.)<sup>637</sup>

Bauvorhaben lassen sich in die drei Subsysteme Ziele, Bauwerk und Projektorganisation unterteilen (siehe nachfolgende Abbildung). Das Zielsystem soll die Bedürfniserfüllung hinsichtlich des geplanten Endzustands des Projektes sicherstellen. In diesem Teilsystem erfolgt die Projekt- und Aufgabendefinition. Das Teilsystem Bauwerk lässt sich in Handlungssystem und Produktsystem unterteilen. Im Handlungssystem werden die Aufgaben des Projektmanagements umgesetzt. Das Produktionssystem realisiert den Projektgegenstand, also die Bauwerkserstellung. Daneben steht die Projektorganisation als Handlungsträgersystem mit dem erforderlichen Projektteam. Alle drei Teilsysteme stehen in enger Beziehung und haben wechselseitige Abhängigkeiten. Daher weisen Bauprojekte über die lange Laufzeit eine hohe Dynamik auf.

<sup>636</sup> Vgl. Aggteleky, B. & Bajna, N. (1992), S. 122–123

<sup>637</sup> Vgl. Aggteleky, B. & Bajna, N. (1992), S. 124

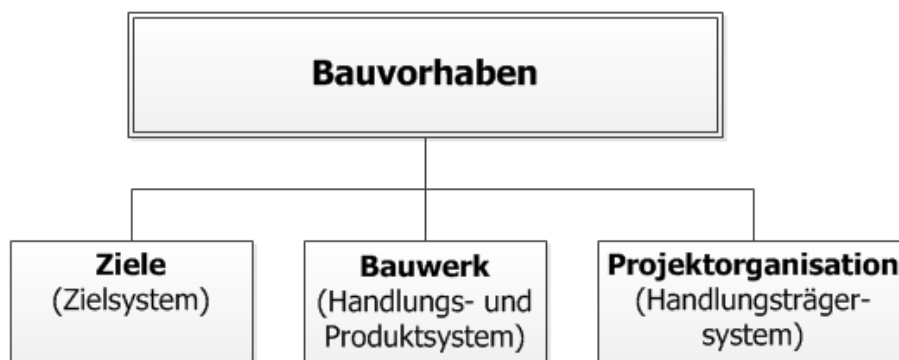


Abb. 52: Teilsysteme eines Bauprojektes nach Kochendörfer (e. D.)<sup>638</sup>

Die beschriebene Dynamik durch kontinuierlichen Materialzuwachs, Informationsaustausch und Personalveränderungen lässt für Bauwerke grundsätzlich eine Betrachtung als offene Systeme und somit komplexe Systeme zu.<sup>639</sup> An die Errichtung von Bauwerken werden besondere Anforderungen gestellt. So sind – neben vertragsrechtlichen Grundlagen und gesetzlichen Grundlagen – auch spezifische Randbedingungen, wie das Grundstück oder die Infrastruktur, maßgebend. Diese Rahmenbedingungen zeigen auf, dass zwischen Objekten und seiner Umwelt Beziehungen bestehen, die über die Systemgrenzen des Bauwerkes hinausgehen.<sup>640</sup>

Systemtheoretisch besitzen komplexe Systeme eine Reihe charakterisierender Merkmale, die bei einfachen Systemen nicht vorkommen. Einfache Systeme lassen eine deterministische Betrachtung zu, da deren Output direkt einem bekannten Input zuzuordnen ist. Bei komplexen Systemen sind dagegen bei gleichem Input mehrere Outputvarianten möglich.<sup>641</sup>

Mit zunehmendem Baufortschritt nimmt der Baukörper abschnittsweise verschiedene Systemzustände an, wie z. B. Rohbau oder geschlossene Gebäudehülle. Durch die auf das System „Objekt“ einfließenden Störgrößen ist von einer stochastischen Verhaltensweise auszugehen, da die eintretende Dynamik eine deterministische Planung nur begrenzt zulässt. Das resultierende System, also das fertige Objekt, kann am Ende ein anderes Aussehen haben und die Prozessveränderungen zu unvermeidbaren Mehrkosten oder Verzögerungen führen.<sup>642</sup>

Einfache Systeme weisen nur wenige Elemente mit gleichzeitig wenigen Verknüpfungen auf, wogegen komplizierte Systeme viele Elemente mit vielen Verknüpfungen beinhalten (vgl. Kap. 2.4.2.). Beiden gemein ist strukturell keine bzw. geringe Dynamik. Komplexe Systeme vereinen eine sehr hohe Anzahl an Elementen und Verknüpfungen mit einer hohen Eigendynamik durch ständige Veränderungen in der Systemstruktur. Nimmt diese Vielzahl und Dynamik weiter zu, werden diese Systeme immer komplexer, bis sie nicht mehr determinierbar sind und weder vorhersehbar noch zu steuern sind.

Projekte sind aus systemischer Sicht komplex und benötigen spezielle Strategien, bei denen die Art der Subsysteme mit Art und Maß ihrer Verknüpfungen eine hohe Bedeutung einnehmen. Die Systemstrukturen in Projekten können in drei Arten unterschieden werden:

<sup>638</sup> Vgl. Kochendörfer, B., et al. (2008), S. 17

<sup>639</sup> Vgl. Schleicher, M. (2012), S. 17

<sup>640</sup> Vgl. Thiedeke, U. (2009): "Einführung in die Theorien sozialer Systeme", [http://www.staff.uni-mainz.de/thiedeke/VORL\\_TSS\\_WS09\\_10\\_Zusf051109.pdf](http://www.staff.uni-mainz.de/thiedeke/VORL_TSS_WS09_10_Zusf051109.pdf) [zuletzt geprüft am: 15.04.2013]

<sup>641</sup> Vgl. Schleicher, M. (2012), S. 17

<sup>642</sup> Vgl. Schleicher, M. (2012), S. 16

1. geringe und gut überschaubare Verknüpfung der Teilsysteme (qualitativ und quantitativ)
2. starke und vielseitige Verknüpfungen der Teilsysteme (parallel und variierend)
3. selektive Systemstrukturen mit eng verknüpften Teilbereichen in relativ lockerer Beziehung (z. B. mehrere in sich geschlossene Subsysteme)<sup>643</sup>

Nachfolgend lassen sich die folgenden Erkenntnisse der Systemstrukturen in Bauvorhaben wie folgt zusammenfassen:

- Bauvorhaben bestehen unter systemischer Betrachtung aus Elementen, Dimensionen und Beziehungen.
- Systemelemente werden aus Aufgaben, Aufgabenträger, Sachmittel und Informationen gebildet und stellen die statische Komponente dar. Raum, Zeit und Menge bilden die dynamischen Attribute und werden über Aufbau- und Ablauforganisation miteinander verknüpft.
- Bauvorhaben lassen sich in Zielesystem (Ziele), Handlungs- und Produktsystem (Bauwerk) und Handlungsträgersystem (Projektorganisation) unterteilen. Im Zielsystem erfolgt die Projekt- und Aufgabendefinition. Das Teilsystem Bauwerk beinhaltet das Handlungssystem zur Aufgabenerledigung des Projektmanagements und das Produktionssystem zur Realisierung des Bauwerks. Die Projektorganisation stellt als Handlungsträgersystem die Projektteams.
- Bauvorhaben sind Unikate durch die spezifischen Planungsprozesse, Bauweise, Ressourceneinsatz, Ausführungsprozesse, Aufbaustrukturen, Projektbeteiligte und Projektdauer.
- Bauvorhaben haben projektspezifische Randbedingungen (z. B. Standort, Umfeld, Marktbedingungen).
- Bauprozesse werden durch Änderungen der Anforderungen, der Kosten und der Zeit beeinflusst.
- Neuartigkeit durch Innovationen verändern die möglichen Strukturen und führen häufig zu Spezialisierungen und somit zu weiterer Varietät.
- Vielzählige Beteiligte, Verfahren, Produkte u. a. ergeben eine Vielzahl von Konstellationen und somit eine Vielzahl von möglichen Elementen und Beziehungskonstellationen zwischen den Beteiligten.

---

<sup>643</sup> Vgl. Aggteleky, B. & Bajna, N. (1992), S. 10

### 4.1.3 Komplexität in Bauvorhaben

Die heutigen Anforderungen an Bauvorhaben sind sehr vielfältig und fordern eine immer stärkere Spezialisierung mit mehr Beteiligten und mehr Schnittstellen. Veränderte rechtliche und wirtschaftliche Rahmenbedingungen fordern eine stringenterere Umsetzung und erhöhte Produktivität innerhalb der Bauvorhaben. Das Erfassen der Vielzahl verschiedener Aspekte, deren Verknüpfung und Wechselwirkungen führen zu einer erhöhten Komplexität heutiger Bauvorhaben. Durch die oftmals langen Projektlaufzeiten entsteht eine Dynamik zu ständigen Anpassungen und Veränderungen. Das Erkennen von Risiken ist dadurch erschwert und kann sich nicht ausschließlich auf langjährige Erfahrungen einzelner Projektbeteiligter stützen. Diese Rahmenbedingungen fordern ein definiertes Risikomanagement im Rahmen eines zyklischen und gesteuerten Prozesses.<sup>644</sup>

Berücksichtigt man die Vielfalt der großen Anzahl an Projektbeteiligten und der möglichen Bauabläufe und setzt diese in Verbindung mit den Projektzielen und möglicher Teilleistungen sowie einer langen Laufzeit, so stellen sich Bauvorhaben mit einer hohen Varietät und Dynamik als sehr komplexe Systeme dar. Der vorherrschende Systemansatz ist offen, dynamisch und soziotechnisch. Die grundlegende Offenheit wird durch die Wechselbeziehungen zur Umwelt deutlich, die über den Austausch von Informationen, Material und Energie erfolgt. Als dynamisches System verändert ein Bauprojekt während seiner Laufzeit seine Struktur (z. B. Personalwechsel) und seine Inhalte (z. B. Änderungen), da Störgrößen eine stetige Veränderung des Systems erfordern. Bauvorhaben sind als soziotechnische Systeme auf die Beziehungen zwischen Menschen und Technik angewiesen. Die Rahmenbedingungen werden aktiv durch Verträge, Normen, Richtlinien u. a. oder passiv durch Umweltbedingungen wie Grundstück, Klima, Luft u. a. vorgegeben.<sup>645</sup>

Bei der Begrenzung der Varietät und somit der resultierenden Komplexität hat die gewählte Projektstruktur eine hohe Bedeutung. Die Varietät einer Projektstruktur kann aus Gründen einer gewählten „Breite“ oder „Tiefe“ zu hoher Komplexität führen. Die Breite einer Projektstruktur weist auf das Vorhandensein vieler Aspekte (z. B. Beteiligte, Aktivitäten, Informationen, Vereinbarungen, Organisationen, u. a.) hin, somit eine Vielzahl von Dimensionen auf gleicher Hierarchieebene. Die Tiefe einer Projektstruktur zeigt eine Vielzahl von Hierarchieebenen auf. Eine zu hohe Varietät in der Projektstruktur erzeugt eine unnötig hohe Komplexität und verhindert effizientes Arbeiten. Dennoch besteht ein Erfordernis, die strukturelle Komplexität an die Komplexität des Gesamtprojektes anzupassen. Die Grundregel muss hier lauten: So wenig Varietät wie möglich, jedoch so viel wie nötig.<sup>646</sup>

Zur Bewertung der Komplexität in Projekten ist neben der strukturellen Komplexität die Vernetzungsdichte und Intensität der Verknüpfungen mit zu berücksichtigen. Hohe Netzwerkichten sind gekennzeichnet durch einen hohen Bekanntheitsgrad zwischen den Beteiligten mit viel Wissen und positiver Erfahrung. Diese Netzwerke sind relativ transparent. Sind keine oder nur schwache Netzwerkverbindungen vorhanden, fehlen die persönlichen Erfahrungen und Verbindungen zwischen den Beteiligten. Das Verhalten der Beteiligten ist somit nur schwer vorauszusehen und daher sehr intransparent. Eine gute Vernetzung und positive Erfahrungen bilden somit eine gute Grundlage zur Reduzierung von Komplexität.<sup>647</sup>

---

<sup>644</sup> Vgl. Hoffmann, W. (2015), S. 9

<sup>645</sup> Vgl. Brunner, C. (2016), Masterthesis, S. 10

<sup>646</sup> Vgl. Gessler, M. (2012), S. 1558

<sup>647</sup> Vgl. Mayer, T.-L., et al. (2008), S. 225–226

Gleichermaßen ist die Neuartigkeit von Projekten für den Umgang mit Komplexität bedeutend. Einfache Aufgabenstellungen ohne innovativen Charakter und klar beschriebene Projektziele bilden in Verbindung mit bereits durchgeführten, gleichartigen Aufgaben eine niedrige Komplexität aus. Erleichternd kommt hinzu, wenn alle Stakeholder von gleichen Interessenlagen geprägt sind. Komplexe Aufgaben bilden oftmals neue Aufgaben ohne Wissen durch gemachte Erfahrungen. In Verbindung mit hohem Innovationsgrad und ungenau definierten Projektzielen bilden sie eine hohe Komplexität aus. Unterschiedliche oder entgegengesetzte Interessen der Stakeholder verstärken diesen Effekt noch.<sup>648</sup>

In Bauvorhaben entsteht durch die Zusammenwirkung einer Vielzahl von Menschen (Elemente) und deren Aufgaben (Eigenschaften) eine Vielzahl von Schnittstellen. Diese Schnittstellen können in den Geschäftsprozessen als Verknüpfung oder Verbindung im Sinne der Systemtheorie verstanden werden. Schnittstellen entstehen beim Übergang zwischen den einzelnen Aufgabenbereichen und können zwischen Geschäftsprozessen oder auch innerhalb der Einzeltätigkeiten eines Geschäftsprozesses entstehen.<sup>649</sup>

Nachfolgend lassen sich acht Eigenschaften<sup>650</sup> definieren, die jeweils auf eine hohe Komplexität in Projekten hindeuten können:

1. neuartig (hohe Innovation)
2. bereichsübergreifend (viele Beteiligte)
3. interdisziplinär (viele Spezialisten)
4. risikoreich (hohe Risiken)
5. aufwendig (Zeit, Kosten, Ressourcen)
6. meist strategisch bedeutend (existenziell)
7. dringlich (enge Zielsetzungen)
8. außergewöhnlich (einmalig, speziell, besonders)

#### 4.1.4 Systemisches Denken in Bauvorhaben

Seit Mitte der 1970er Jahre hat die Bedeutung eines systemorientierten Projektmanagements kontinuierlich zugenommen (vgl. Kap. 2.3). Zunehmende Komplexität der Aufgabenstellungen und die Zunahme der Dynamik in den Umweltbedingungen haben sich auf die Managementansätze ausgewirkt. Im Gegensatz zu dem ursprünglich linear-orientierten Ursache-Wirkung-Denken werden beim systemorientierten Ansatz zusätzlich psychosoziale Aspekte mit berücksichtigt.<sup>651</sup>

Beim systemisch orientierten Projektmanagement steht der Problemlösungsprozess und somit der Weg zum Zielzustand im Fokus. Dieser Weg ist oftmals jedoch nicht durch phasenklare Abgrenzungen zu erreichen. Vielmehr haben hier zyklische und iterative Vorgehensweisen eine größere Bedeutung.<sup>652</sup> Systemisches Vorgehen bedeutet eine systematische Zerlegung des Projektgegenstandes in Gestaltungsinhalte und eine Analyse der inneren und äußeren Beziehungen. Mit diesem Abbild können Aus-

---

<sup>648</sup> Vgl. Mayer, T.-L., et al. (2008), S. 226

<sup>649</sup> Vgl. Raufeisen, M. (1999), S. 42

<sup>650</sup> Vgl. Lent, B. (2013), S. 3

<sup>651</sup> Vgl. Hagen, S. (2009), S. 42

<sup>652</sup> Vgl. Hagen, S. (2009), S. 43

sagen über die Zusammensetzung der benötigten oder nicht benötigten Komponenten getroffen werden. Der Projektgegenstand wird als System gesehen, um somit vielschichtige Probleme einfacher handhaben zu können und bessere Ergebnisse zu erzielen.<sup>653</sup>

Die Entscheidung über die Wahl der sinnvollen Elemente und Beziehungen ist abhängig vom jeweiligen Betrachter, aber auch von der Projektart, dem Fachbereich und dem jeweiligen Detaillierungsgrad.<sup>654</sup> Nachfolgende Abbildung zeigt einen Projektstrukturplan unter inhaltlicher, systemischer Sichtweise:

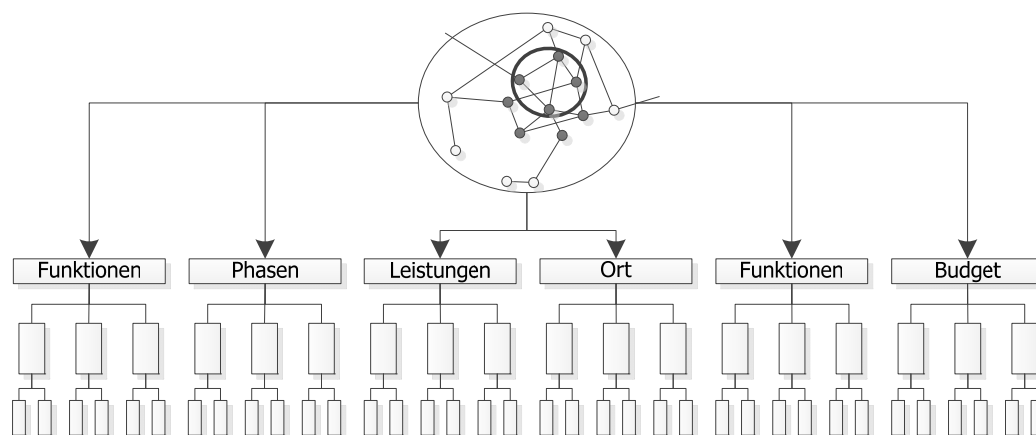


Abb. 53: Projektstrukturplan in systemischer Sichtweise nach Volkmann (e. D.)<sup>655</sup>

Systemkenntnisse bei den Beteiligten eines Systems führen in der Regel zu einer intuitiven Meinungsbildung. Diese kann zwar richtig sein, kann jedoch keinen Anspruch auf Vollständigkeit, Ausgewogenheit oder notwendiger Tiefenschärfe haben. Gleiches trifft für das Erkennen von Ursachen und Schwachstellen oder die Beurteilung möglicher Verbesserungen zu. Bei besonders komplexen Systemen besteht hierdurch die Gefahr, dass tieferliegende Aspekte von Schwachstellen nicht erkannt und ohne weitergehende Analyse auch nicht diagnostiziert werden können. Die Gefahr hierbei besteht darin, dass durch solche Annahmen und Vermutungen Meinungen oder Vorurteile entstehen, die ohne Nachprüfung zu Fehlentscheidungen führen.<sup>656</sup>

In systemischer Betrachtung eines Projektes ist zwischen der Projektorganisation als Handlungsträger, dem Projektgegenstand (z. B. Bauwerk) als Handlungs- und Produktsystem und den Projektzielen (z. B. Qualitäten, Kosten, Termine, u. a.) zu unterscheiden. Dabei ist die Projektumwelt methodisch in das Zielsystem und die Projektabwicklung mit einzubeziehen. Die Projektorganisation selbst gilt als offenes, dynamisches und selbstorganisierendes System mit der Zielsetzung auf das Projektergebnis und einer erfolgreichen Projektabwicklung.<sup>657</sup>

<sup>653</sup> Vgl. Pfetzing, K. & Rohde, A. (2011): "Ganzheitliches Projektmanagement", 4. Auflage, Schmidt, Gießen [i.e.] Wettenberg, S. 192

<sup>654</sup> Vgl. Pfetzing, K. & Rohde, A. (2011): "Ganzheitliches Projektmanagement", 4. Auflage, Schmidt, Gießen [i.e.] Wettenberg, S. 193

<sup>655</sup> Vgl. Volkmann, W. (2003): "Projektabwicklung", 2. Auflage, Verl. für Wirtschaft und Verwaltung Wingen, Essen

<sup>656</sup> Vgl. Aggteleky, B. & Bajna, N. (1992), S. 175

<sup>657</sup> Vgl. Kochendörfer, B., et al. (2008), S. 22



Zusammenfassend sind für das ganzheitliche systemische Denken in Bauvorhaben folgende vier Aspekte zu berücksichtigen:<sup>658</sup>

1. Ganzheitliche Betrachtungsweise: Betrachtung der Projektziele aus Sicht des gesamten Systems innerhalb seiner Systemgrenzen, aber auch aus Sicht des übergeordneten Systems.
2. Abgrenzung des Projektinhaltes vom Projektumfeld: Definition der zu lösenden Probleme ohne Berücksichtigung der organisatorischen Hierarchie. Bestimmung aller Elemente und Subsysteme, die Bestandteil der Problemlösung sind, und Festlegung aller Einflussfaktoren (Input/Output) und deren Wirkungen auf das betrachtete System, das übergeordnete System auf andere Systeme und das Umfeld oder umgekehrt.
3. Festlegung der erforderlichen flankierenden Maßnahmen: zur Zielerreichung und Korrespondenz mit anderen Systemen.
4. Projektstrukturierung bzw. Gliederung des Problemlösungsprozesses: aus Sicht der Objektplanung (Systemgestaltung) und des Projektmanagements (Systemdynamik) muss eine Projektstrukturierung erfolgen. Hierdurch lassen sich die Einflussfaktoren erfassen und ihre Bedeutung und Größe beurteilen und anschließend behandeln.

#### 4.1.5 Folgerungen und Zwischenfazit

Aus den vorherigen Ausführungen lassen sich zusammenfassend folgende Erkenntnisse ableiten:

**Projekte** grenzen sich zu anderen Vorhaben ab, wenn folgende acht Merkmale auftreten:

1. Ziele
2. Begrenzungen (Zeit, Finanzen, Ressourcen u. a.)
3. Abgrenzungen (zu anderen Projekten)
4. Organisation (projektspezifisch)
5. Einmaligkeit
6. Neuartigkeit
7. Komplexität
8. Interdisziplinarität

**Bauvorhaben** sind soziotechnische Systeme. Ihre systembedingten Besonderheiten lassen sich durch folgende acht Merkmale charakterisieren:

1. Bauvorhaben bestehen unter systemischer Betrachtung aus Elementen, Dimensionen und Beziehungen.
2. Systemelemente werden aus Aufgaben, Aufgabenträger, Sachmittel und Informationen gebildet und stellen die statische Komponente dar. Raum, Zeit und Menge bilden die dynamischen Attribute und werden über Aufbau- und Ablauforganisation miteinander verknüpft.
3. Bauvorhaben lassen sich in Zielesystem (Ziele), Handlungs- und Produktsystem (Bauwerk) und Handlungsträgersystem (Projektorganisation) unterteilen. Im Zielsystem erfolgt die Projekt- und Aufgabendefinition. Das Teilsystem Bauwerk beinhaltet das Handlungssystem zur Aufga-

---

<sup>658</sup> Vgl. Aggteleky, B. & Bajna, N. (1992), S. 8

benerledigung des Projektmanagements und das Produktionssystem zur Realisierung des Bauwerks. Die Projektorganisation stellt als Handlungsträgersystem die Projektteams.

4. Bauvorhaben sind Unikate durch die spezifischen Planungsprozesse, Bauweise, Ressourceneinsatz, Ausführungsprozesse, Aufbaustrukturen, Projektbeteiligten und Projektdauer.
5. Bauvorhaben haben projektspezifische Randbedingungen (z. B. Standort, Umfeld, Marktbedingungen).
6. Bauprozesse werden durch Änderungen der Anforderungen, der Kosten und der Zeit beeinflusst.
7. Neuartigkeit durch Innovationen verändern die möglichen Strukturen und führen häufig zu Spezialisierungen und somit zu weiterer Varietät.
8. Vielzählige Beteiligte, Verfahren, Produkte u. a. ergeben eine Vielzahl von Konstellationen und somit eine Vielzahl von möglichen Elementen und Beziehungskonstellationen zwischen den Beteiligten.

**Komplexität** tritt in Bauvorhaben in unterschiedlichen Formen auf. Folgende acht Eigenschaften weisen auf eine hohe Komplexität in Projekten hin:

1. neuartig (hohe Innovation)
2. bereichsübergreifend (viele Beteiligte)
3. interdisziplinär (viele Spezialisten)
4. risikoreich (hohe Risiken)
5. aufwendig (Zeit, Kosten, Ressourcen)
6. meist strategisch bedeutend (existenziell)
7. dringlich (enge Zielsetzungen)
8. außergewöhnlich (einmalig, speziell, besonders)

Komplexität entsteht bei Bauvorhaben in den Bereichen:

- Ziele (Zielsystem)
- Bauwerk (Handlungs- und Produktionssystem)
- Projektorganisation (Handlungsträgersystem)
- soziales System (social system)

Komplexität in Bauvorhaben ist zu unterscheiden nach

- struktureller Komplexität (Objekt, Produkt)
- funktionaler Komplexität (Projekt, Prozess)

Strukturelle Komplexität entsteht aus der Vielzahl der technologischen Schnittstellen, die über den Projektlaufzyklus entstehen. Da diese Schnittstellen sich aus dem Bauwerk selbst ergeben, lässt sich schließen, dass die entstehende Komplexität innerhalb der Strukturen nicht reduzierbar ist. Reduzierbar sind jedoch die aus dem Prozess entstehenden Schnittstellen, die sich aus der Aufbauorganisation begründen. Diese sind veränderbar oder sogar eliminierbar.

Somit kann zusammenfassend festgestellt werden:

- Je mehr Schnittstellen bei gleicher Anzahl von Gewerken, desto höher die Bauwerkskomplexität
- Je weniger Gewerke bei gleicher Anzahl von Schnittstellen, desto höher die Bauwerkskomplexität

Funktionale Komplexität entsteht aus der Anzahl und dem Zusammenwirken der verschiedenen Prozesse, die an den Verknüpfungen der Schnittstellen zusammentreffen. Hier kann zusammenfassend festgestellt werden:<sup>659</sup>

Je mehr Funktionen sich an einer Schnittstelle in Teilpfade abzweigen,

- desto größer ist die Anzahl paralleler Prozessaktivitäten im Prozessablauf,
- desto größer ist die Anzahl der Prozessbeteiligten,
- desto größer ist der bestehende Abstimmungs- und Koordinierungsbedarf und
- desto komplexer ist der gesamte Prozess.

Systemisches Denken ist für eine ganzheitliche Betrachtung von Bauvorhaben zwingend erforderlich. Hierbei sind folgende vier Aspekte zu berücksichtigen:<sup>660</sup>

1. Ganzheitliche Betrachtungsweise: Betrachtung der Projektziele aus Sicht des gesamten Systems innerhalb seiner Systemgrenzen, aber auch aus Sicht des übergeordneten Systems.
2. Abgrenzung des Projektinhaltes vom Projektumfeld: Definition der zu lösenden Probleme ohne Berücksichtigung der organisatorischen Hierarchie. Bestimmung aller Elemente und Subsysteme die Bestandteil der Problemlösung sind, und Festlegung aller Einflussfaktoren (Input/Output) und deren Wirkungen auf das betrachtete System, das übergeordnete System, auf andere Systeme und das Umfeld oder umgekehrt.
3. Festlegung der erforderlichen flankierenden Maßnahmen: zur Zielerreichung und Korrespondenz mit anderen Systemen.
4. Projektstrukturierung bzw. Gliederung des Problemlösungsprozesses: aus Sicht der Objektplanung (Systemgestaltung) und des Projektmanagements (Systemdynamik) muss eine Projektstrukturierung erfolgen. Hierdurch lassen sich die Einflussfaktoren erfassen und ihre Bedeutung und Größe beurteilen und anschließend behandeln.

Für die weiteren Betrachtungen von Komplexität in großen Bauvorhaben sind somit drei grundlegende Formen von Komplexität in Betracht zu ziehen:

1. die Komplexität des Bauwerkes (Objekt)
2. die Komplexität der Prozesse (Projekt) und
3. die Komplexität der Beziehungsgefüge (Verhalten)

---

<sup>659</sup> Vgl. Schleicher, M. (2012), S. 81

<sup>660</sup> Vgl. Aggteleky, B. & Bajna, N. (1992), S. 8

## 4.2 Expertenmeinungen zur Komplexität in Bauvorhaben

### 4.2.1 Grundlage der Befragungen

Zur Ermittlung des branchenspezifischen Wissens über Komplexität im Bauwesen und zur Abgrenzung der Aufgabenstellung wurde im Zeitraum von zwei Jahren (2013-2015) eine Expertenbefragung im Rahmen von persönlichen Interviews bzw. über Fragebogen durchgeführt. Die Befragung umfasste ausgewählte Persönlichkeiten aus dem Systemkreis des Projektmanagements (Bauherr) und der Objekt- bzw. Fachplaner (Planer) aus dem Umfeld des AHO und des DVP. Hier wurden erfahrene und persönlich bekannte Experten bzw. Ansprechpartner aus eigenen Großprojekten angesprochen. Die befragten Bauunternehmen gehörten mit zu den 50 größten deutschen Bauunternehmen der Bauindustrie im Jahre 2011<sup>661</sup>. Die Anzahl der Befragten ist zu jeweils etwa einem Drittel pro Systemkreis vertreten (12 Baufirmen, 13 Planer, 15 Bauherren).

In den Interviews erfolgte u. a. eine Konturierung über mögliche Ursachen nicht zielgerecht laufender Bauvorhaben und inwieweit die Komplexität hierbei eine Rolle spielt. Die Interviews werden mit offenen Fragen geführt mit dem Ziel, eine Innenansicht in die Erfahrungswelt der verschiedenen Experten zu geben, die in unterschiedlichen Rollen von Komplexität in der Projektabwicklung betroffen sind. Es handelt sich um eine Sammlung von Erfahrungen und Kriterien der Gesprächspartner, z. B. zu typischen Indikatoren der Komplexität.

Auf Basis der Grundlagenforschung sollen Aspekte der Komplexität in Bauvorhaben sowie eine Gewichtung gefunden werden. Die Systemkreise der beteiligten Institutionen und deren Projektumwelt (Aufgaben, Kompetenzen, Abhängigkeiten, Wahrnehmung, Beeinflussbarkeit u. a.) wurden hierbei berücksichtigt. Die ermittelten Ergebnisse sollen die Entwicklung eines Bewertungsschemas ermöglichen, das im Folgenden als Basis für eine Modellbildung zur Beschreibung der Komplexität in Bauvorhaben dienen soll.

Im Rahmen der Befragung wurden den Experten Fragen gestellt, die in Abhängigkeit der erhaltenen Antworten durch Nachfragen spezifiziert und durch mehrere Antwortoptionen detailliert werden konnten. Auf diese Weise ließ sich das Know-How bzw. die Meinung der Experten erschöpfend erfassen, sodass die aggregierten Antworten zwar qualitativer Natur sind, aber dennoch ein recht eindeutiges Bild, beispielsweise bezüglich der Ursachen für die Probleme der Großprojekte, und den Begriff und den Umgang mit Komplexität ergaben.

Im Einzelnen wurden die Experten mit den folgenden Themenfeldern bzw. Hauptfragen/-aussagen konfrontiert:

- A. Was sind große Baumaßnahmen und weshalb laufen diese nicht zielgerecht?
  - A.1 Gründe für nicht zielgerecht laufende große Bauvorhaben
  - A.2 Begriffsdefinition „große Bauvorhaben“

---

<sup>661</sup> Vgl. THIS (2012): "BAUUNTERNEHMEN MIT GUTEN ERGEBNISSEN 2011 - Nur wenige Firmen zeigten Verluste" [zuletzt geprüft am: 03.09.2014]

B. Was ist Komplexität und welche Auswirkungen hat diese auf die Bauprojekte?

- B.1 Begriffsdefinition: „Komplexität“
- B.2 Auswirkungen von Erfahrung und Routine der Projektbeteiligten auf Komplexität
- B.3 Auswirkungen von Neuartigkeit (Besonderheit) der Projektinhalte auf die Komplexität
- B.4 Auswirkungen von erhöhten Anforderungen an die Projektziele auf die Komplexität

C. Welche Erfahrungen im Umgang mit Komplexität in Bauprojekten sind vorhanden?

- C.1 Erfahrungen mit systemorientiertem, kybernetischem Projektmanagement
- C.2 Berechnung oder Messung von Komplexität
- C.3 Beherrschbarkeit zunehmender Komplexität im Bauwesen
- C.4 Anwendung einer Methodik zur Bewertung von Komplexität im Projekt

Zu den Einzelfragen und -ergebnissen konnten folgende Erkenntnisse gewonnen werden:

4.2.2 A. Was sind große Baumaßnahmen und weshalb laufen diese nicht zielgerecht?

A.1 Gründe für nicht zielgerecht laufende große Bauvorhaben

Die von den Experten genannten Gründe für nicht zielgerecht laufende Bauvorhaben sind verschiedenen Bereichen zuzuordnen. 32 % der Experten ordnen diese dem Managementbereich zu. Weitere 23 % der Befragten sehen die Gründe in der Qualifikation der am Bau Beteiligten, 18 % in den Umwelteinflüssen. Jeweils 13 % der befragten Experten finden zum einen, dass es sich bei den nicht zielgerecht laufenden Bauvorhaben meistens um öffentliche Projekte handelt und zum anderen, dass die Gründe die falsch gesetzten und übermittelten Projektziele sind. Der von den Experten identifizierte „Hauptgrund Management“ wird durch Nachfrage weiter spezifiziert in 81 % = falsche oder schlechte Organisation, 12 % = zu enge Termine, 5 % = Verträge mit zu hohen Risiken und 2 % = zu hoher Kostendruck.

Vergleiche mit einschlägiger Literatur zeigen eine hohe Übereinstimmung mit den Einschätzungen der Experten. So werden exemplarisch folgende Gründe für den Erfolg oder Misserfolg eines Projektes herangeführt:<sup>662 663</sup>

- Mangel an qualifizierten Projektmitarbeitern
- unzureichende Kommunikation
- fehlerhafte Einschätzung des Aufwands
- unzureichende Projektplanung
- fehlende Unterstützung durch das höhere Management
- unzureichendes Änderungsmanagement
- nicht hinreichende Definition der Projektziele
- mangelhaftes Risikomanagement
- hohe Einflussnahme politischer Gremien (bei öffentlichen Bauten)

<sup>662</sup> Vgl. Grösser, S. (2011): "Projekte scheitern wegen dynamischer Komplexität" in: Projektmanagement Aktuell5, S. 19–20

<sup>663</sup> Vgl. Gerkan, M. v. (2013): "Black Box BER", Quadriga, Berlin, S. 49–50

### Defizite im Projektmanagement

Der oberste Projektmanager im Bauprojekt ist der Bauherr mit seiner Organisation.<sup>664</sup> Auch wenn Bauherren eine Anzahl an Aufgaben an externe Projektmanager übertragen können, verbleibt immer noch eine Reihe an nichtdelegierbaren Aufgaben.<sup>665</sup> Es fehlt mitunter an der Qualität der Beteiligten zur Erbringung dieser Bauherrenleistung. Hierunter fällt „die geringere Kenntnis und die fehlende Fachkompetenz des Bauherren“, die „Entscheider haben oft ein geringeres Wissen als die Projektmanager und Planer“, sie sind mit der Projektleitung oft „überfordert“.<sup>666 667 668</sup> Häufig sind „unqualifizierte (baulich und betriebswirtschaftlich) Führungskräfte“ bei den Bauvorhaben beteiligt, weshalb unter anderem auch „Überzahlungen von Unternehmen durch Nichterkennen von Abrechnungen von nicht ausgeführten Leistungen“ auftreten können.<sup>669</sup>

Die Situation der öffentlichen Bauherren lässt sich auf private Bauherren übertragen. Auch dort macht sich zunehmend der Fachkräftemangel bemerkbar. Private Bauherren stützen sich zunehmend auf externe Projektsteuerungskompetenz, die sich um die Realisierung ihrer Projekte kümmern soll. Die Projektsteuerung hat sich nach der Erstentwicklung in den 1970er Jahren, nach der Wende in den 1990er Jahren, sehr stark verbreitet. Organisationen wie GPM<sup>670</sup> und DVP tragen zu einer zielorientierten Entwicklung bei. Qualifizierte Weiterbildungsmaßnahmen ermöglichen ein vergleichbares Level. Aber auch hier ist spürbar, dass die Grundausbildung der Architekten zu wenig auf die zunehmende Komplexität der heutigen Bauwelt ausgerichtet und fachlich immer noch sehr spezialisiert ist. Das Leistungsbild der Projektsteuerung (vgl. AHO, 2014) bildet eine gute Grundlage für eine inhaltlich vergleichbare Bauherrenleistung. Da dieses Leistungsbild jedoch nicht wie die HOAI dem Preisrecht unterworfen ist, werden Aufträge oftmals über den Preis mit minimalster und fachlich begrenzter personeller Kapazität ausgeführt. Die Ernüchterung kommt dann im Laufe des Projektes, wenn die Projekte von der Komplexität ins Chaos trafen.

### Defizite in der Qualifikation

Der Mangel an qualifizierten Projektmitarbeitern wird zum einen mit den „geringen Kenntnissen der Objektplaner, vor allem in der TGA-Planung“, aber auch mit „ungenauen und unfertigen Planungsergebnissen“ sowie in der „Nichtnutzung von Vorfertigungspotentialen“ begründet. Die Ausbildung der Architekten hat sich in den vergangenen Jahren in Richtung „Entwurfsarchitekt“ hin entwickelt und sich zunehmend von dem Gedanken des Objektplaners im Sinne der HOAI entwickelt. Dies hat zur Folge, dass die notwendige integrale Planung zwischen Objektplaner und Fachplaner nicht mehr aus-

---

<sup>664</sup> Vgl. Kalusche, W. (2016), S. 5

<sup>665</sup> Vgl. Gerkan, M. v. (2013)

<sup>666</sup> Vgl. Bech, J. (2014)

<sup>667</sup> Ebd.: Die Qualität der Bauherrenleistung war bereits Gegenstand von Forschungsvorhaben (Vgl. Bech, 2014). Die staatlichen Bauverwaltungen, als hochkompetente Institutionen im Bereich der Bauherrenvertretung wurden seit den 1990er Jahren zunehmend von ihrer klassischen Zielsetzung hin zu wirtschaftlich orientierten Betrieben umgewandelt. Diese Neuorientierung führte zum Abbau von qualifiziertem Personal und zu einer Einschränkung der fachlichen Ausbildung. Die Attraktivität des öffentlichen Auftraggebers wurde somit herabgesetzt und eine restriktive Personalpolitik führt zur heutigen Situation nicht mehr ausreichend vorhandener oder fachlich nicht ausreichender Kompetenz in diesen Bauherrenbereichen.

<sup>668</sup> Ebd.: Dieser Zustand ist jedoch nicht den handelnden Personen zuzuschreiben. Vielmehr sind die Verursacher bei den Entscheidern und Interessensvertretern aus Politik und Wirtschaft zu sehen. Zunehmend werden öffentliche Projekte durch politische Einflussnahme auf Zielsetzung und Projektorganisation in eine nicht mehr steuerbare Komplexität geführt und die Schuldigen dann bei den handelnden Akteuren aus Planung und Ausführung gesehen. Erkennbar ist auch, dass diese Entscheider heute kaum noch über baufachlichen oder managementorientierten Sachverstand verfügen. (Vgl. auch Gerkan, 2013).

<sup>669</sup> Vgl. AHO (2014)

<sup>670</sup> GPM Deutsche Gesellschaft für Projektmanagement e.V., Nürnberg

reichend stattfindet und Kenntnisse im Bereich der Ausführung nur rudimentär noch vorhanden sind. Die TGA nimmt in Hochbauprojekten einen immer höheren Anteil an. Zur vollständigen Erfassung dieser Planungsbereiche werden immer mehr Spezialisten benötigt, da Einzelne die Gesamtleistung nicht mehr durchdringen können. Diese Zunahme an Spezialistenwissen bedarf aber einer weitergehenden Koordination und Integration dieser Planungbestandteile. Diese Leistung ist eine Grundleistung des Objektplaners nach HOAI. Schlechte Qualität der Projektergebnisse ist aber auch auf das häufige Auftreten „unterschiedlicher Vorstellungen zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer“ sowie auf die möglicherweise „unvollständigen Ausschreibungen“ zurückzuführen.

### Umweltfaktoren

Unter „Umwelteinfluss“ wird hier die Beeinflussung des Bauprojektes durch nicht direkt am Objekt beteiligte Institutionen, Personen und Rahmenbedingungen verstanden. Hierunter fallen z. B. die Behörden, Interessengruppen, Gesetze und Verordnungen usw. Diese Beeinflussung verändert die Ordnung des Systems „Bauvorhaben“ und unterliegt i. d. R. nicht dem direkten Steuerungseinfluss des Projektmanagements. Der Umwelteinfluss trägt bei Bauvorhaben somit zu einer intransparenten, dynamischen Entwicklung bei, welche die Komplexität des Projektes erheblich verändern kann.

Standard der Bauprozess-Struktur in Deutschland ist die Trennung von Planung und Bauausführung. Diese Vorgehensweise ist für einen optimierten Ablauf eines Bauvorhabens nicht gut geeignet. Sowohl Leistungsbilder der HOAI als auch die einschlägigen Werke zur Bauvergabe und -ausführung wie VOB<sup>671</sup> oder die Vergabehandbücher von Bund<sup>672</sup> und Ländern<sup>673</sup> sehen im Grunde diese Abläufe vor. Mit der Trennung der Leistungsbilder gehen die angewandten Vergabeprozesse einher. Oftmals werden Aufträge ohne substanzielle und ausreichende Planungsunterlagen erteilt, die in suboptimalen Prozessstrukturen und Prozessorganisationen geführt werden.<sup>674</sup> Für ein Bauprojekt werden viele verschiedene Kompetenzen benötigt. Diese sollten so früh wie möglich in den Prozess integriert werden, um im System „Bauprojekt“ als Teilelemente von Subsystemen fungieren zu können. Es werden klare Strukturierungen aller Projektphasen benötigt, um Doppelstrukturen zu vermeiden und Prüf- und Genehmigungszeiten zu reduzieren. Die Abläufe müssen schneller und schlanker werden, womit sich der Umgang mit der Komplexität der Vorgänge begrenzen lässt.<sup>675</sup>

Umweltbedingte Gründe für nicht zielgerecht laufende Bauvorhaben im Bereich der Verträge sind oftmals „Vergabe an die billigste Planungsleistung“ und das „Annehmen des billigsten Angebotes zur Bauausführung“. Häufig wird einfach „das falsche Vergabeverfahren gewählt, je komplexer umso eher sollte schlüsselfertig gebaut werden“. Ebenso sind „Unternehmen aufgrund des Wettbewerbs gezwungen, (zu) billig anzubieten und sie versuchen später, über Lücken im Vertrag und Nachträge noch Gewinn zu erwirtschaften“.

---

<sup>671</sup> Vgl. BMJV - Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz [Hrsg.] (2012)

<sup>672</sup> Vgl. BMVBS - Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung [Hrsg.] (2008): "VHB - Vergabe- und Vertragshandbuch für die Baumaßnahmen des Bundes"

<sup>673</sup> Vgl. Land Rheinland-Pfalz - Ministerium der Finanzen [Hrsg.] (2008): "Vergabe- und Vertragshandbuch für die Durchführung von Bauaufgaben des Landes (VHB)"

<sup>674</sup> Vgl. Steeger, O. (2013): "Die Trennung von Planung und Bauausführung führt zu großen Schwierigkeiten" in: Projektmanagement Aktuell3, 14–20, S. 14–15

<sup>675</sup> Vgl. BMUB - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2016): "Reformkommission Bau von Großprojekten", BMUB, Berlin, S. 22–23

Einen weiteren Einfluss auf die Preisgestaltung hat die mögliche Dauer von Bauvorhaben. So sind z. B. „die Beteiligten bei langjährigen Projekten den schwankenden Marktpreisen“ sowie den „zu lange andauernden Genehmigungsverfahren“ unterlegen.<sup>676</sup>

Die Leistungsphasen der HOAI sehen erst einen Kontakt mit den bauausführenden Firmen in der Leistungsphase 7 bei der Erstellung der Angebote vor. Erst in dieser späten Phase können über Nebenangebote effektivere Ausführungsvarianten, wie z. B. Vorfertigungspotenziale, eingebracht werden. Da oftmals die Erfahrungen der Objektplaner mit Baulogistik und Bauproduktion nicht ausreichend sind, können diese während der Planung nicht ausreichend berücksichtigt werden. Abhilfe könnte hier nur eine frühzeitige Einbindung der Baufirmen in die Leistungsphasen 5 und 6 schaffen. Dies bedarf jedoch alternativer Unternehmenseinsatzformen (wie z. B. Partneringverfahren oder PPP-Verfahren), die gerade im Bereich der öffentlichen Auftraggeber durch die vorhandene Rechtslage nur in Ausnahmefällen angewandt werden können.

Eine vernünftige Risikoverteilung könnte zu erhöhter Akzeptanz der Projektbeteiligten führen. Auftragsvergaben, die oftmals nur den niedrigsten Preis bevorzugen, um die Verantwortung für einen höheren Preis zu übernehmen, obwohl langfristig eine höhere Wirtschaftlichkeit erzielbar wäre, treiben die Risiken in die Höhe. So werden oftmals Leistungen zerstückelt, um vermeintlich günstigere Angebote zu erzielen oder eine gesetzte „Schwellengrenze“ nicht zu überschreiten. Dies führt zur Erhöhung der Komplexität und zu Unzufriedenheit bei den Beteiligten mit häufigen juristischen Auseinandersetzungen und einer Vielzahl von Nachtragsforderungen.<sup>677</sup> Sinnvoller wären eine stärkere Bündelung von Leistungen und eine frühere Beteiligung der Baufirmen bereits in den Planungsphasen. Der Anwendung von außergerichtlichen Streitbeilegungen sollte ein Vorzug gegenüber langfristigen Gerichtsverfahren gegeben werden.<sup>678</sup>

Das Durchführen eines Risikomanagements ist nicht Standard in großen Bauvorhaben. Oftmals wird aufgrund eines vermeintlichen großen Aufwands möglicher Vorbehalte oder bewusster Intransparenz auf den Einsatz in Projekten verzichtet.<sup>679</sup> Im Bereich des öffentlichen Haushalts fehlt ein möglicher Ansatz zur Darstellung von Risikokosten gänzlich in der Haushaltsordnung.<sup>680</sup>

## Öffentliche Bauvorhaben

Projekte der öffentlichen Hand zeigen oftmals ein „institutionelles Scheitern“ von Projekten, durch politische Besetzungen von Entscheidungsträgern im Projektmanagement.<sup>681</sup> Diesen Entscheidungsträgern fehlt es oftmals an fachlichem Wissen oder eine sachliche Auseinandersetzung wird zugunsten einer politischen Zielrichtung in den Hintergrund versetzt. Die baufachliche Ausrichtung wird durch eine verwaltungspolitische Besetzung mit juristischem Hintergrund ersetzt<sup>682</sup>, wohingegen ein neutra-

<sup>676</sup> Große Bauprojekte haben in Deutschland sehr lange Laufzeiten. Von der Idee bis zur Realisierung können Jahrzehnte liegen (z. B. BER: 1996-geplant 2017 = 21 Jahre mit ca. 5,0 Mill. €; Stuttgart21: 1994-geplant 2022 = 28 Jahre mit ca. 4,9 Mill. €; Philharmonie Hamburg: 2001-2017 = 16 Jahre mit ca. 0,8 Mill. €). Diese Bauvorhaben sind von langen Entscheidungszeiten und langwierigen Genehmigungsverfahren geprägt. Durch viele Einflussnahmen kommt es naturgemäß zu Veränderungen bei den Anforderungen und auch zu Veränderungen in den Kosten, die einerseits durch den Baupreisindex, andererseits auch durch die veränderten Zielsetzungen resultieren.

<sup>677</sup> Vgl. Schmid, A. & Hanisch, B. (2015): "Das institutionelle Scheitern von Projekten – Public Project Management" in: Projektmanagement Aktuell2, 15–22, S. 15

<sup>678</sup> Vgl. BMUB - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2016), S. 17–19

<sup>679</sup> Vgl. Hoffmann, W. (2015), S. 6

<sup>680</sup> Vgl. BMUB - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2016), S. 26

<sup>681</sup> Vgl. Steeger, O. (2013), S. 14–15

<sup>682</sup> Vgl. Gröpl, C. (2001): "Haushaltsrecht und Reform", Mohr Siebeck, Tübingen, S. 356



ler Fachverstand jedoch eine zielorientierte Projektführung sinnvoller erscheinen lässt. Ein Fakt, den LUHMANN bereits 1966 erkannte.<sup>683</sup> Politisches Handeln definiert sich oftmals über erreichte Ziele innerhalb von Legislaturperioden. So werden Projekte mit geringen Kosten und schnellen Fertigstellungen dargestellt, um eine Entscheidung herbeizuführen. Spätere Veränderungen an diesen Vorgaben werden dem Initiator in der Regel nicht angelastet.<sup>684</sup>

### Unrealistische Projektziele

Eine frühzeitige und umfassende Bedarfsplanung hilft, spätere Änderungen und Korrekturen der Projektziele zu vermeiden.<sup>685</sup> Die Anwendung der DIN 18205<sup>686</sup> kann eine große Unterstützung sein. Die Angabe der Leistungsphasen 1-2 der HOAI<sup>687</sup> als Grundlagenermittlung wird oftmals synonym für die Bedarfsplanung nach DIN 18205 und die Zieldefinition des Bauherren vor Beginn der HOAI-Leistungen genannt. Leistungsphase 1 der HOAI umfasst nur die Grundlagenermittlung und baut auf der Bedarfsplanung und der Zielsetzung auf. Leistungsphase 2 (HOAI) beinhaltet die Vorplanung. Zusammenfassend wird in diesen Aussagen auf eine unzureichende Projektvorbereitung abgehoben, die in den nachfolgenden Planungsphasen zu Störungen führt.

### Zwischenfazit

Aus den Einschätzungen und Erfahrungen der Experten konnten fünf Hauptursachen, weshalb große Bauvorhaben oftmals nicht zielgerichtet laufen, ermittelt werden. Diese sind in der Gewichtung ihrer Nennung mit den zugeordneten Hauptbegründungen und jeweils fünf Beispielen in Tab. 8 dargestellt.

---

<sup>683</sup> Vgl. Luhmann, N. (1966): "Theorie der Verwaltungswissenschaft", Grote, Köln, S. 14

<sup>684</sup> Vgl. Schmid, A. & Hanisch, B. (2015), S. 15

<sup>685</sup> Vgl. BMUB - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2016), S. 26

<sup>686</sup> Vgl. DIN 18205:2016-11: "Bedarfsplanung im Bauwesen", Beuth Verlag GmbH, Berlin

<sup>687</sup> Vgl. BMVBS - Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung [Hrsg.] (2013): "HOAI - Honorarordnung für Architekten und Ingenieure"

Nr.	Ursachen	Hauptgründe	Beispiele
1	<b>Defizite im Projektmanagement</b>	Verhalten und Handeln der Beteiligten und Entscheider	mangelnde Transparenz und Kommunikation
			Schönen von Kosten- und Terminaussagen
			zu späte und lang dauernde Entscheidungswege
			Inkongruenz zwischen Aufgabe und Entscheidung
			häufige Änderungen, u.a.m.
2	<b>Defizite in der Qualifikation</b>	Quantität und Qualität der Beteiligten und Entscheider	zu geringe Kenntnisse der Planer in der Bauausführung und in der integralen Planung
			zu geringe Fachkompetenz beim Bauherrn
			zu viele Entscheider
			zu wenig Handelnde
			Einsatz gering qualifizierter Bauleiter durch hohen Preisdruck bei den Angeboten, u.a.m.
3	<b>Umweltfaktoren</b>	Komplexität, Vergabeprozesse und Projektlaufzeiten	gestiegene Komplexität durch Anzahl an Beteiligten und Schnittstellen
			mangelnde Zielkongruenz der Beteiligten
			fehlende Fähigkeit zum Umgang mit Komplexität
			Vertragsgewinnung auf „Niedrigpreis-System“ ohne Win-Win-Situation
			lange Laufzeiten mit schwankenden Marktbedingungen, u.a.m.
4	<b>Öffentliche Bauprojekte</b>	politisches Verhalten bei fehlender Sachkompetenz (vgl. 1)	Wahlziele beeinflussen Projektdefinitionen
			Anzahl und Qualität der Bauherrenvertreter oftmals zu gering
			Häufiger Wechsel der Entscheider
			Zu viele beteiligte Institutionen
			Demokratische Grundsätze führen zu langjährigen Genehmigungsverfahren, u.a.m.
5	<b>Unrealistische Projektziele</b>	fehlender Sachverstand und politische Motivation	Überschneidung von Planung und Ausführung durch hohen Termindruck
			Ansprüche an Gestaltung und technischer Praxis führen zu unvorhersehbaren Kosten- und Termineinflüssen
			Bauen im Bestand führt zu schwer kalkulierbaren Herausforderungen
			Verwendung neuartiger Baustoffe und Verfahren, über die keine hinreichende Erfahrung vorliegt
			zu früher Projektstart, ohne ausreichende Bedarfsplanung, u.a.m.

Tab. 08: Ursachen, Gründe und Beispiele nicht zielgerecht laufender Bauvorhaben

## A.2 Begriffsdefinition „große Bauvorhaben“

Mit einer individuellen Definition sollten die Experten Merkmale und Kriterien für große Bauvorhaben benennen und nach Möglichkeit einen Bezug zwischen der „Größe“ eines Bauvorhabens und seiner Komplexität herstellen. Die Definitionen der befragten Experten unterscheiden sich nach der möglichen Abhängigkeit von den Projektkosten.

72 % der Befragten machen die Definition eines großen Bauvorhabens abhängig von der Höhe der Projektkosten. 24 % der Experten sehen bei dieser Frage keinen Bezug zu den Projektkosten und finden andere Aspekte, an denen die Größe des Bauvorhabens bestimmt wird. Keine Angabe zu dieser Frage machten lediglich 4 % der Befragten. Die Höhe der ausschlaggebenden Projektkosten für die Definition, ob ein Bauvorhaben als „groß“ wahrgenommen wird, wird von den befragten Experten unterschiedlich angesehen.

Dass ein Bauvorhaben schon ab Projektkosten von einer Million Euro als „groß“ bezeichnet werden kann, meinen 55 % der Experten, wobei deutlich weniger Experten (19 %) ein Bauvorhaben erst ab einer Projektkostenhöhe von fünfzig Millionen Euro als groß ansehen. Die Grenze von einhundert Millionen Euro, ab der ein Bauvorhaben als „groß“ wahrgenommen wird, legen 26 % der Experten fest. Tabelle 9 zeigt die Verteilung der Antworten auf die Expertenkreise:

<b>Projektkosten</b>	<b>Bauherr</b>	<b>Planer</b>	<b>Baufirma</b>
> 1 Mio. €	35%	29%	35%
> 50 Mio. €	33%	33%	33%
> 100 Mio. €	38%	50%	13%

Tab. 09: Große Bauvorhaben nach Projektkosten aus Sicht der Expertenkreise

Weitere Definitionen zur Bestimmung der Größe eines Bauvorhabens sind unabhängig von der Höhe der Projektkosten. Hierbei beziehen sich 40 % der Experten auf die Quantität und Qualität der Elemente eines Bauvorhabens. Sowohl die „Anzahl der Beteiligten, der Schnittstellen und der Teilprojekte“ als auch die „Inhalte und Umstände des Projektes“ werden als Begründung für ein „großes“ Bauvorhaben verwendet. Ebenfalls spielen sowohl die „hohen technischen und fachlichen Anforderungen“ als auch „innovative Bauverfahren und Baustoffe“ eine Rolle bei der Definition eines „großen“ Bauvorhabens. Einige Experten nennen auch den Bezug zum Bauvolumen, „z. B. ab einer Grenze von 2000 m<sup>2</sup> Bruttogrundfläche“.

Ein weiterer Aspekt zur Definition eines „großen“ Bauvorhabens ist die Höhe des Risikos, welches bei einem Bauvorhaben eingegangen wird. Dieses wird nach 30 % der Befragten unter anderem bestimmt durch „eine mögliche Anzahl an Störungen“, „den Rahmenbedingungen“ sowie „den Umfang der Genehmigungsverfahren“. Ebenso ausschlaggebend für die Definition ist bei 23 % der befragten Experten das öffentliche Interesse an einem Bauvorhaben. Hierbei spielt die „Beteiligung politischer Gremien und Nichtregierungsorganisationen (NGO's)“ sowie die „Bedeutung für die Gesellschaft und den Eingriff in die Umwelt“ eine große Rolle. Auch die „Art des Gebäudes (z. B. Wohnungsbau oder Bürogebäude)“ und die „differenzierte Nutzungsmöglichkeit“ sind Faktoren zur Bewertung, ob ein Bauvorhaben als „groß“ bezeichnet wird.

Weitere 7 % der Befragten nennen die Projektlaufzeit, welche in den Antworten lediglich als „lang“ bezeichnet, jedoch nicht näher erläutert ist, als mögliche Bestimmung für die Größe eines Bauvorhabens.

Es ist erkennbar, dass die Aussagen der Experten zwar in Bezug auf die Projektkosten sehr stark differieren, dennoch lässt sich ein Zusammenhang hieraus ableiten. Die Einordnung nach den Projektkosten als Maßstab für die „Größe“ eines Bauvorhabens hängt von den persönlichen Erfahrungen und dem Aufgabenumfeld ab. Die Aussagen der Bauherrenvertreter sind bei allen Kostennennungen relativ gleichbleibend, da bei diesen der Schwerpunkt eher auf einer Unabhängigkeit von den Projektkosten liegt. Projektsummen kleiner als 50 Mio. € werden eher von den Baufirmen und Projektsummen größer als 100 Mio. € von den Planern genannt.

„Die Größe eines Bauvorhabens sei unabhängig von den Projektkosten“ nannten immerhin 24 % der Befragten, wobei Quantität (40 %), Risiko (30 %), Öffentliche Projekte (23 %) und Laufzeit (7 %) dabei eine Rolle spielen. Nimmt man diese Aussagen in Bezug zu den möglichen Kosten, so ergibt sich folgender Zusammenhang: Projekte mit hohen Projektkosten haben in der Regel ein großes Bauvolumen und somit eine hohe Quantität. Je höher die Kosten, desto höher ist das finanzielle Risiko, das Investoren bei einem Projekt eingehen müssen. Öffentliche Projekte und ganz besonders Infrastrukturprojekte (Bsp. Berliner Flughafen (BER), Stuttgart 21 u. a.) haben üblicherweise hohe Investitionskosten und aufgrund einer umfangreichen Genehmigungssituation auch hohe Laufzeiten.

Der Bezug zwischen Projektgröße und Komplexität konnte aufgrund divergierender Aussagen zahlenmäßig nicht ausgewertet werden. Grundsätzlich waren viele Experten der Meinung, dass die Komplexität eines Bauvorhabens nicht aus den Projektkosten heraus entsteht und auch kleinere Projekte sehr komplex sein können. Einig war man sich jedoch darüber, dass große Bauvorhaben in der Regel komplex sind. Der mögliche Widerspruch stellt sich bei näherer Betrachtung jedoch als solcher nicht dar. Es kommt auf die Sichtweise jedes Einzelnen an, wie diese in Erfahrungen und Wahrnehmungen die Größe eines Projektes definieren. Bei den Experten kam an dieser Stelle erstmals die Frage nach der Definition von Komplexität auf. Es wurde deutlich, dass zwar der Begriff „Komplexität“ oft benutzt, jedoch in der Interpretation unterschiedlich ausgelegt wird.

Hier ein Auszug aus der Auflistung möglicher Parameter:

- die Vielzahl von Beteiligten
- sich ändernde fachliche Herausforderungen
- eine hohe Anzahl an potentiellen Störungen
- umfangreiche Schnittstellen
- Anzahl von Teilprojekten, die miteinander inhaltlich, logistisch, konzeptionell, terminlich und finanziell verknüpft bzw. untereinander abhängig sind u. a. m.

Der Begriff „Großprojekt“ ist nicht klar definiert und somit existiert auch kein fixes Kostenkriterium. Ein gewisser Konsens besteht bezüglich der Kostenhöhe ab 100 Mio. € für ein Großprojekt.<sup>688 689</sup> Vergleiche mit einschlägiger Literatur zeigen eine hohe Übereinstimmung mit den Einschätzungen der Experten. Besonders bei großen Bauvorhaben bestehen hohe Unsicherheiten durch die lange Laufzeit. Verände-

---

<sup>688</sup> Vgl. Koggelmann, J. (2015), S. 14

<sup>689</sup> Vgl. Eschenbruch, K.: "Projektmanagement in der Krise? Was sind die baujuristischen Instrumente zur Stabilisierung von Großprojekten?", [http://www.bbb-professoren.eu/files/Tagungsband/20130905\\_Tagungsband.pdf](http://www.bbb-professoren.eu/files/Tagungsband/20130905_Tagungsband.pdf) [zuletzt geprüft am: 01.06.2015]

rungen durch Umfeld und Technologie führen zu unvorhersehbaren Risiken.<sup>690</sup> Exemplarisch werden folgende Gründe für den Erfolg oder Misserfolg eines Projektes herangeführt:<sup>691 692</sup>

- Konflikte bei Entscheidungsfindung, Planung und Management durch eine hohe Anzahl an Beteiligten mit unterschiedlichen Interessenlagen.
- Bewusste Fehlinformationen über Projektziele während Entscheidungsfindung und Planung.
- Hohe Risiken aufgrund langer Projektdauer und komplexer Schnittstellen.
- Neuartige, nichtstandardisierte Technologien und Ausführungen.
- Frühzeitige Festlegungen in der Planung ohne Einfluss von Lösungsalternativen aus Sicht der Ausführenden.
- Erhebliche Kosten- und Zeitüberschreitungen hin zur Gefährdung der Realisierung.
- Erhebliche Änderungen am Projektumfang über die Projektlaufzeit.
- Unzureichende Berücksichtigung von Komplexität und möglichen Risiken.
- Probleme zur kognitiven Erfassung des Projektumfangs durch das hohe Projektvolumen (Prinzipal-Agenten-Beziehung).<sup>693</sup>

Resümierend ist festzuhalten, dass die Ansicht, was ein „großes Bauvorhaben“ darstellt, ausschließlich von der Erfahrung und der jeweiligen Betrachtung abhängig ist. Die „Größe“ des Bauvorhabens lässt sich weder eindeutig einer Kostengröße zuordnen noch ist hieraus ein direkter Bezug zur Komplexität gegeben. Setzt man jedoch voraus, dass mit steigenden Projektkosten auch ein Anstieg von Anzahl, Vielfältigkeit und Veränderung einhergeht und die Fähigkeit zur Wahrnehmung von Zusammenhängen, Verknüpfungen und Einflusstärken zurückgeht, kann ein indirekter Zusammenhang aus der „Größe“ abgeleitet werden:

Ein „kleines Bauvorhaben“ (i. d. R. mit geringen Projektkosten) kann komplex sein, ein „großes Bauvorhaben“ (mit hohen Projektkosten) ist es bestimmt!

Zwischenfazit der Erkenntnisse:

- Große Bauvorhaben lassen sich nicht allein durch die Höhe der Projektkosten definieren. Allgemein anerkannt wird eine Projektkostenhöhe von aktuell 100 Mio. Euro als Maßstab für die Definition eines großen Bauvorhabens.
- Große Bauvorhaben sind Projekte mit vielen Beteiligten und Abhängigkeiten, langen Laufzeiten und hohen Risiken.
- Große Bauvorhaben sind aufgrund ihrer strukturellen (Vielzahl und Varietät u. a.) und funktionalen (Dynamik u. a.) Abhängigkeiten als hoch komplexe Projekte einzuordnen.
- Die Komplexität von Bauvorhaben ist nicht von der Höhe der Projektkosten abhängig. Die Projektkosten lassen jedoch Rückschlüsse auf die mögliche Komplexität von Bauprojekten zu.

<sup>690</sup> Vgl. Schmid, A. & Hanisch, B. (2015), S. 16

<sup>691</sup> Vgl. Grösser, S. (2011), S. 19–20

<sup>692</sup> Vgl. Gerkan, M. v. (2013), S. 49–50

<sup>693</sup> Vgl. Gabler.de: "Stichwort: Prinzipal-Agenten-Theorie, online im Internet:",

<http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/prinzipal-agent-theorie.html> [zuletzt geprüft am: 12.02.2017]: Die Prinzipal-Agent-Theorie beschreibt Wirtschaftsbeziehungen, in denen einzelne Geschäftspartner Informationsvorsprünge gegenüber den anderen Partnern aufweisen. Informationsasymmetrien bewirken Ineffizienzen bei der Vertragsbildung oder Vertragsdurchführung und können zum Versagen des Systems führen.

### 4.2.3 B. Was ist Komplexität und welche Auswirkungen hat diese auf die Bauprojekte?

#### B.1 Begriffsdefinition: „Komplexität“

Die meisten Experten (56 %) ordnen dem Begriff „Komplexität“ die Anzahl an Elementen und Beziehungen zu (Tab. 10).

Definition Komplexität	Wert
Anzahl an Elementen und Beziehungen	56%
Unsicherheit in Bezug auf technische Anforderungen	16%
Unsicherheit in Bezug auf Terminanforderungen	7%
Unsicherheit in Bezug auf Klarheit der Zielvorgaben	6%
Unsicherheit in Bezug auf Kosteneinflüsse	6%
Unsicherheit in Bezug auf Umwelteinflüsse	4%
Unsicherheit in Bezug auf mangelnde Wahrnehmung	3%
Dynamik der Veränderungen	1%

Tab. 10: Definieren Sie den Begriff Komplexität

Hierbei werden unter anderem die „Vielzahl an Projektbeteiligten, Nutzern, Schnittstellen, Aufgaben, Technologien sowie die hohe Anzahl von Anforderungen“ genannt.<sup>694</sup> Weitere beeinflussende Kriterien sind die „Anzahl der Entscheidungsträger“, die „Kommunikation der Beteiligten untereinander“ sowie die „Anzahl unterschiedlicher Interessen der Beteiligten“, denn „je höher die Arbeitsteilung, desto höher die Komplexität“. Ebenfalls sind der „Umfang an Bauvorschriften und Genehmigungen, die Anzahl an politischen Abstimmungen sowie die Beteiligung von Trägern öffentlicher Belange oder Interessengruppen (z. B. NGO´s)“ für die befragten Experten ausschlaggebend für die „Komplexität“. 43 % der Experten sehen die Entstehung der „Komplexität“ durch das Auftreten von Unsicherheiten unterschiedlicher Art, 16 % der Experten im Bereich der technischen Anforderungen, z. B. durch einen „hohen Anteil an technischer Gebäudeausrüstung“ sowie der „Integration komplizierter Techniken“.

Auftretende Unsicherheiten durch Terminforderungen empfinden 7 % der Experten als Indikator für „Komplexität“. Diese Unsicherheiten entstehen durch zu „enge Terminvorgaben“ mit hieraus „entstehendem Zeitmangel“ sowie „einer zu kurzen Planungszeit“. 6 % sehen das Entstehen der „Komplexität“ in den Unsicherheiten durch unklare Zielvorgaben, da häufig eine „unterschiedliche Sichtweise der Ziele der Beteiligten“, „eine instabile Planungsgrundlage“ sowie „vertragliche Abhängigkeiten“ und die „Vielzahl von Vorgaben“ zu Unklarheiten führen. Ausschlaggebend hierfür kann ebenfalls die fehlende Projektroutine des Arbeitgebers sein. Unsicherheiten durch Kosteneinflüsse sind laut 6 % der Experten ein weiterer Indikator für Komplexität. Diese Unsicherheiten entstehen durch zu „eng gesetzten Kostenrahmen“, „ehrgeizige Kostenziele“ sowie die „Art der Finanzierung“. 4 % der Befragten sehen die Unsicherheit durch Umwelteinflüsse, die zum einen den Einfluss der Öffentlichkeit, zum anderen aber auch besondere Genehmigungsverfahren beinhalten.

Weitere 3 % der Befragten sehen einen möglichen Indikator in der Unsicherheit durch mangelnde Wahrnehmung, da die „Systeme schwer zu durchschauen sind“ und es „unmöglich für eine Person ist, die Übersicht über das Bauvorhaben zu behalten“. Die Dynamik der Veränderungen sieht 1 % der Experten als ein mögliches Kriterium für Komplexität. Unter der Dynamik der Veränderung ist das „An-

<sup>694</sup> Vgl. Schmid, A. & Hanisch, B. (2015), S. 16

nehmen von einer großen Zahl verschiedener Zustände in einem kurzen Zeitraum“ sowie die „ständigen Veränderungen“ generell zu verstehen. Dieser geringe Wert in der Umfrage darf nicht darüber hinwegtäuschen, dass „Unsicherheiten“ regelmäßig zu Veränderungen führen können und somit durchaus ein Bestandteil von Komplexität sind. Nimmt man diese Antworten zusammen, ergibt sich ein Wert von ca. 43 %, der eine Veränderungsdynamik durch Unsicherheiten ergibt.

Zwischenfazit der Erkenntnisse:

Die befragten Experten definieren den Begriff Komplexität von Bauvorhaben anhand folgender drei Merkmale:

1. die Vielzahl an Elementen und Beziehungen sowie deren Verknüpfungen
2. die Dynamik der Veränderungen
3. die Unsicherheiten durch mangelnde Fähigkeit zur Wahrnehmung von Komplexität

Durch die Komplexität von Bauvorhaben ergeben sich negative Einflüsse durch folgende Unsicherheiten:

- hohe Anzahl an Beteiligten und Schnittstellen
- ungenaue Zielvorgaben
- hohe Technische Anforderung
- hohe Terminvorgaben
- hohe Kostenunsicherheit
- hohe Unwägbarkeiten der Umwelt
- mangelnde Wahrnehmungsfähigkeit
- hohe Dynamik der Veränderungen

## B.2 Auswirkungen von Erfahrung und Routine der Projektbeteiligten auf Komplexität

Während 85 % der befragten Experten positive Auswirkungen auf die Komplexität durch die Erfahrung und Routine der Projektbeteiligten sehen, erachten 5 % dies nur als teilweise zutreffend und 10 % der befragten Experten verneinen dies.

Immerhin 26 % der Experten sehen in Erfahrung und Routine einen verbesserten Umgang mit der Komplexität, durch eine „bessere Übersicht über die Abläufe und Zusammenhänge, durch vorausschauende Einschätzung der Verhaltensweisen von Projektbeteiligten, durch rechtzeitiges Erkennen von Risiken, durch Kenntnis von Steuerungsmöglichkeiten und durch die Fähigkeit zur Verständigung“, „denn erfahrene Projektleiter „riechen“ mögliche Problemzonen oder kritische Entwicklungen besser als Berufsanfänger.“

Durch die Erfahrung und Routine „wird die Fähigkeit, Folgen von Einzelentscheidungen klarer zu bedenken, gesteigert und die Risikobereitschaft gemindert“. 21 % sehen sogar eine Möglichkeit der Reduzierung der Komplexität durch die Erfahrung der Projektbeteiligten, denn „Kompetenz und Erfahrung sind wichtig, da sonst keine fachliche Kommunikation möglich ist“. Erfahrung und Routine wirken sich somit zwar nicht auf die Komplexität eines Systems direkt aus, jedoch werden das Erkennen und der Umgang mit dieser erleichtert.

Öffentliche Auftraggeber sind durch fehlendes Personal und zu geringe Fachkompetenz dem privaten Auftragnehmer gegenüber oftmals im Nachteil. Durch diese Asymmetrien entstehen in großen Bau-

vorhaben systembedingt unvermeidbare Zielverfehlungen.<sup>695</sup> Erfolgreiche Projekte erfordern eine angemessene und fachlich kompetente Personalausstattung mit erfahrenen und routinierten Projektbeteiligten.<sup>696</sup>

Zwischenfazit der Erkenntnisse:

- Erfahrung und Routine der Projektbeteiligten sind keine direkten, strukturellen Bestandteile der Komplexität von Systemen.
- Erfahrung und Routine der Projektbeteiligten beeinflussen jedoch das Zielsystem, das Handlungs- und Produktsystem, das Handlungsträgersystem und in hohem Maße das soziale System (vgl. Kap. 4.1). Sie wirken sich daher auf Vielfältigkeit, Varietät und Dynamik eines Projektes aus. Somit kann hieraus eine Zunahme von Komplexität entstehen, die den Umgang mit derselben erschwert. Es ist daher davon auszugehen, dass geringe Erfahrung und geringe Routine der Beteiligten zu einer Erhöhung der Komplexität führen.

### B.3 Auswirkungen von Neuartigkeit (Besonderheit) der Projektinhalte auf die Komplexität

Die Frage, ob sich die Komplexität durch die Neuartigkeit der Projektinhalte verändert, bejahen 70 % der Experten und 8 % meinen, dass dies nur bedingt zutrifft, da ein „gutes Team alles schafft“ und „es davon abhängig ist, wie flexibel das Projektteam auf die „Neuartigkeit“ reagieren kann und will“. 23 % der befragten Experten verneinen diese Frage, da „Neuartigkeit von Aufgaben/Situationen oft als Komplexität empfunden wird, jedoch nicht objektiv Bestandteil von Komplexität ist“ und dass „neue Aufgabenfelder auf Spezialisten verlagert werden müssen“ und eine „frühzeitige Identifikation, wo technisches Neuland beschrritten wird und dies auch offen zu kommunizieren ist, ein wesentlicher erster Schritt“ wäre. Auf den Aspekt der Frage, „wie“ die Komplexität durch die Neuartigkeit der Projektinhalte verändert wird, werden die Antworten auch hier nach den Teilbereichen des Projektmanagements gegliedert.

68 % der Experten empfinden eine Veränderung der Komplexität im Teilbereich der Organisation durch „Erhöhung von unbekanntem Anforderungen und Abhängigkeiten“, „da weniger auf vorhandene Standards und Erfahrungen zurückgegriffen werden kann“. „Wenn keine Erfahrungswerte mit bestimmten Arbeitsweisen, Prozessen oder Materialien bestehen, müssen diese erst im Laufe des Projektes erlernt und beherrscht werden, was nicht immer gelingt“.

Im Bereich der Qualität und Quantität sehen 26 % der Experten eine Erhöhung der Komplexität. Zum einen in der „Ermangelung von Erfahrungswerten“, da „Neuartigkeiten und Besonderheiten von Projektinhalten die Komplexität insofern verändern können, als Planungsrandbedingungen, Projekterfahrung der Projektbeteiligten und technische Randbedingungen dazu führen, dass nicht auf Basis von gesichertem Wissen und Erfahrung geplant und gebaut wird“. Zum anderen wird die Komplexität durch „hohe technische Anforderungen, die unerprobte Produkte und Verfahren beinhalten können“, erhöht.

Jeweils 3 % der befragten Experten sehen eine Veränderung der Komplexität durch die Neuartigkeit der Projektinhalte sowohl bei der Terminvorgabe als auch bei den Kostenvorgaben, da auch bei neuen Projektinhalten „hohe (bzw. niedrige) Kosten- und Terminziele“ festgelegt werden.

<sup>695</sup> Vgl. Schmid, A. & Hanisch, B. (2015): "Das institutionelle Scheitern von Projekten – Public Project Management" in: Projektmanagement Aktuell2, 15–22, S. 15

<sup>696</sup> Vgl. BMUB - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2016), S. 24–27



Zwischenfazit der Erkenntnisse:

- Neuartigkeit der Projektziele ist kein direkter, struktureller Bestandteil der Komplexität von Systemen.
- Neuartigkeit beeinflusst jedoch das Zielsystem, das Handlungs- und Produktsystem sowie das Handlungsträgersystem (vgl. Kap. 4.1) und wirkt sich daher auf Vielfältigkeit, Varietät und Dynamik eines Projektes aus. Somit kann hieraus eine Zunahme von Komplexität entstehen, die den Umgang mit derselben erschwert. Es ist daher davon auszugehen, dass eine Erhöhung der Neuartigkeit eines Projektes zu einer Erhöhung der Komplexität führt.

#### B.4 Auswirkungen von erhöhten Anforderungen an die Projektziele auf die Komplexität

Der Frage, ob sich erhöhte Anforderungen (gemeint sind hier schwer erreichbare Vorgaben, z. B. sehr enge Terminziele) an die Projektziele auf die Komplexität auswirken, stimmen 65 % der Experten zu. 20 % sehen dies nicht als zutreffend an, eher „muss ein entsprechender Umgang aller Beteiligten mit Abweichungen selbstverständlich sein“ und die Anforderungen an die Projektziele „erhöhen allenfalls die Rückstellungen für Mängelbeseitigung und Gewährleistungen“. Weitere 5 % der Befragten sehen eine Erhöhung der Komplexität durch erhöhte Anforderungen an die Projektziele nur als bedingt zutreffend an, da „idealerweise die Komplexität beim Start der Baumaßnahme durch die Beschreibung der Projektziele definiert wird“. 10 % der Experten machen zu dieser Frage keine Angaben.

Der Qualitätsmaßstab zieht sich durch die gesamte Wertschöpfungskette eines Bauvorhabens. Hier spielt neben Innovation, Ressourcenschonung und Produktqualität auch die prozessübergreifende Kooperation aller Beteiligten eine Rolle.<sup>697</sup> Komplexe Bauvorhaben benötigen durchdachte Planungen und zuverlässige Aussagen zu Kosten und Terminen.<sup>698</sup> Die bisherige Kostenfestlegung über Kennwerte zu einem frühen Zeitpunkt muss verändert werden, damit eine hohe Zielsicherheit erfolgt.<sup>699</sup>

Die Antworten auf die Frage, „Wie“ sich die erhöhten Anforderungen an die Projektziele auf die Komplexität auswirken, werden in die verschiedenen Teilbereiche des Projektmanagements unterteilt. Diese Auswertung enthält die Darstellung der bejahten Antworten auf die zuvor gestellte Frage.

Im Bereich der Organisation eines Bauvorhabens sehen 38 % der Experten eine Erhöhung der Komplexität infolge der „Anzahl der Abhängigkeiten und Fachdisziplinen“, der „Anzahl von Änderungen des Bausolls während der Bauausführung“ sowie eines „erhöhten Kontrollaufwandes“. Ebenso erhöhen „das Treffen von verspäteten Entscheidungen und einer großen Anzahl von Entscheidungen“ die „Anzahl von internen und externen Stakeholdern“ sowie der „Versuch, irrationale Ziele zu verwirklichen“, die Komplexität.

Ebenfalls eine Erhöhung der Komplexität sehen 29 % der Befragten durch „stringente Terminforderungen“ und 20 % durch „stringente Kostenforderungen“. 13 % der befragten Experten sehen eine Erhöhung der Komplexität durch erhöhte Anforderungen in den Bereichen Qualität und Quantität. Grund hierfür sind gestiegene „Anforderungen funktionaler, gestalterischer und technischer Art an das Bausoll“ sowie „neuartige technische Umsetzungen“ und die hiermit verbundene „intensivere Detailplanung“.

---

<sup>697</sup> Vgl. Streck, S. & Wischhof, K. (2009), S. 42

<sup>698</sup> Vgl. BMUB - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2016), S. 14

<sup>699</sup> Vgl. BMUB - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2016): "Reformkommission Bau von Großprojekten", BMUB, Berlin, S. 26

Erhöhte Anforderungen an die Projektziele sind kein direktes Merkmal der Komplexität von Systemen. Steigen die Anforderungen über ein „normales“ Maß, das von durchschnittlichen Projektbeteiligten noch geleistet werden kann, überfordern diese oftmals die Mitwirkenden. Auch hier gilt: je höher die Erfahrung und die Sensitivität der Akteure, desto leichter kann mit einem hohen Anspruch an Ziele umgegangen werden.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, einen „besseren Umgang“ der Beteiligten innerhalb des „Systems Projekt“ zu erzeugen. Dies bezieht sich auf die Organisation, Information und Koordination des Projektes, aber auch auf das Verhalten der Beteiligten, insbesondere der Entscheider. Nach wie vor ist die Durchführung von Bauprojekten nicht von gemeinsamen Zielen geprägt. Entscheider wollen keine eindeutigen Festlegungen treffen oder geben unrealistische Ziele vor, deren Einhaltung nur selten möglich ist. Planer und Baufirmen haben sich mit der Systematik anscheinend arrangiert, wobei eine Veränderung natürlich nicht einseitig zu bewerkstelligen ist.

Die konventionelle Vorgehensweise mit hierarchischen Strukturen in linienorientierter Führung erzeugt Unsicherheiten und Risiken. Gleichermaßen bewirkt die Trennung von Aufgaben und Verantwortung ein Denken in Zuständigkeit, Kontrolle und Regeln.<sup>700</sup> Durch die oft praktizierte Trennung der Projektbeteiligten zwischen Planungsphase und Bauausführung werden die Projektziele divergierend gesteuert. Diese Vorgehensweise ist nicht wertschöpfend und es entsteht für die Beteiligten keine Win-win-Situation.<sup>701</sup>

Die Kultur des „Gegeneinanders“ muss sich zu einer Kultur des „Miteinanders“ verändern. Es ist erforderlich, „Vertrauen“ zwischen allen Beteiligten (Auftraggeber, Planer, gewerbliche Auftragnehmer und Öffentlichkeit) herzustellen.<sup>702</sup> Hierzu sind neue Prozess- und Vergabemodelle (z. B. Partnering-Modelle) notwendig. Bonus-Malus-Regelungen und transparente Kalkulationsunterlagen können zu einer Verbesserung der momentanen Situation beitragen.<sup>703</sup> Die aktuell vorliegenden Rahmenbedingungen zum „partnerschaftlichen Umgang“ und zur Erzeugung einer Win-win-Situation lassen einen komplexitätsgerechten Umgang aktuell nur schwer möglich erscheinen.<sup>704</sup>

Zwischenfazit der Erkenntnisse:

- Die Anforderungen an die Projektziele sind kein direkter, struktureller Bestandteil der Komplexität von Systemen.
- Hohe Anforderungen an die Projektziele beeinflussen jedoch das Zielsystem, das Handlungs- und Produktsystem sowie das Handlungsträgersystem (vgl. Kap. 4.1) und wirken sich daher auf Vielfältigkeit, Varietät und Dynamik eines Projektes aus. Somit kann hieraus eine Zunahme an Komplexität entstehen, die den Umgang mit derselben erschwert. Es ist daher davon auszugehen, dass eine Erhöhung der Anforderungen eines Projektes zu einer Erhöhung der Komplexität führt.

---

<sup>700</sup> Vgl. Pfläging, N. & Steinmann, P. (2014), S. 13

<sup>701</sup> Vgl. Duden.de (2015): "Stichwort: win-win-Situation, online im Internet:", [http://www.duden.de/rechtschreibung/Win\\_win\\_Situation](http://www.duden.de/rechtschreibung/Win_win_Situation) [zuletzt geprüft am: 16.01.2016]: Situation, Gegebenheit, Konstellation, die für alle Beteiligten Vorteile bietet

<sup>702</sup> Vgl. Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V. (DBI) (2012): "Großprojekte in der Kritik - zu Recht?", Berlin, S. 1–7

<sup>703</sup> Vgl. BMUB - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2016), S. 20–27

<sup>704</sup> Vgl. BMUB - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2016): "Reformkommission Bau von Großprojekten", BMUB, Berlin, S. 20–21

#### 4.2.4 C. Sind Erfahrungen im Umgang mit Komplexität in Bauprojekten vorhanden?

##### C.1 Erfahrungen mit systemorientiertem, kybernetischem Projektmanagement

15 % der befragten Experten meinen, dass sie Erfahrung mit systemorientiertem kybernetischem Projektmanagement haben, wobei 68 % der Experten dieses verneinen. 18 % geben zu dieser Frage keine Angaben (Tab. 11).

<b>Erfahrungen mit Kybernetik im PM</b>	<b>Wert</b>
Ja	15%
Nein	68%
k. A.	18%

Tab. 11: Welche Erfahrungen haben Sie mit systemorientiertem Projektmanagement?

Die überwiegende Mehrheit der Befragten kennt keine Ansätze des systemorientierten Projektmanagements. Einige haben schon davon gehört, es aber nicht weiterverfolgt. Die Mehrzahl der Experten ist nach wie vor der Meinung, dass die herkömmliche, konstruktivistische „Ursache-Wirkung-Lösung“-Methode ausreichend ist. Erkenntnis: es fehlt eine umfassende Wissensbereicherung über das systemische Handeln und eine gezielte Ausbildung künftiger Projektmanager.

Zwischenfazit der Erkenntnisse:

- Die Kenntnisse über den systemischen Ansatz im Umgang mit Bauprojekten sind nur in geringem Umfang vorhanden
- Es fehlt an Sensibilisierung zur Erfordernis dieses Wissensbereiches und der Notwendigkeit zur Erweiterung der fachlichen Qualifikationen innerhalb der Ingenieurausbildung an Hochschulen und Universitäten.

##### C.2 Berechnung oder Messung von Komplexität

Die Messung oder Berechnung von Komplexität erachten 73 % der Experten als möglich. 13 % verneinen dies, meinen aber, dass Komplexität „anhand von bestimmten Kriterien einschätzbar ist“. Keine Angabe zu dieser Frage machten 15 % der Befragten.

Komplexität ist messbar oder berechenbar, wenn die hierfür benötigten Parameter bekannt sind. Diese sind laut der befragten Experten z. B. „Angaben zu Arbeitswerten und Datenpunkten, die Anzahl und die Kompetenz der Beteiligten, die Anzahl und der Schwierigkeitsgrad der Vorgänge im Terminplan, die Anzahl der abhängigen Verknüpfungen, die Anzahl an Produkten und zu kalkulierenden Positionen, die Anzahl an Änderungen und Nachträgen sowie die Anzahl der Planungs- und Bauverträge“.

Weitere Parameter sind der „Technikumfang, die Dauer und die Kosten des Bauvorhabens“. Ebenfalls werden die „Erfassung sämtlicher Risiken der Projektrealisierung“ sowie die „Anzahl an Widersprüchlichkeit der Ziele der Beteiligten“ genannt.

Mathematisch gesehen ist Komplexität berechenbar. Der hierzu verwendete Maßstab ist die Varietät. Für mathematische Berechnungsmodelle im Bereich heuristischer Prognosen und Simulationen liefern Hochleistungsrechner heute schon gute Ergebnisse. Schwieriger ist die Ermittlung für „lebende Systeme mit dem Element Mensch“ wie z. B. Bauvorhaben.

Eine Berechnung im herkömmlichen Sinne würde vermutlich keinen großen praktischen Nutzen bringen, da die notwendigen Parameter sich ständig verändern und nur schwer erfassbar wären. Nutzen kann jedoch ein Vergleichsmaßstab zur Gewichtung von Komplexität, z. B. in gering-mittel-hoch.

Zwischenfazit der Erkenntnisse:

- Komplexität ist grundsätzlich mathematisch berechenbar, wenn alle Parameter und ausreichende Rechenzeit zur Verfügung stehen und/oder nur Teilbereiche betrachtet werden
- Zur Berechnung der in Bauvorhaben vorliegenden Komplexität sind die erforderlichen Parameter nicht vollständig und jederzeit verfügbar. Ein komplexes Bauprojekt hat eine hohe Dynamik, sodass die Parameter sich ständig verändern, somit eine Berechnung sich als nicht sinnvoll erweist
- Die Messung von Komplexität in Bauvorhaben kann über eine Systemanalyse erfolgen und mit einem Vergleichsmaßstab (gering-mittel-hoch) bewertet werden

### C.3 Beherrschbarkeit zunehmender Komplexität im Bauwesen

Dass man der zunehmenden Komplexität im Bauwesen entgegentreten kann, halten ca. 77 % der Experten für möglich. 13 % verneinen diese Frage mit der Begründung, dass „vielmehr professionell damit umgegangen werden muss“ und „durch stringentes, strukturiertes Vorgehen, welches viele Architekten mehr einüben müssen, der Umgang mit Komplexität besser wird“. Ebenfalls wurde genannt, dass „nur durch eine Einwirkung auf die Aufgabenstellung durch die Bauherrschaft“ der Komplexität entgegentreten werden könne. Keine Angabe zu dieser Frage machten 10 % der befragten Experten.

Auf den Aspekt der Frage, „wie“ man der Komplexität entgegentreten kann, konnten sich 20 % einen besseren Umgang vorstellen, ohne jedoch konkrete Anhaltspunkte nennen zu können. Für die weiteren 80 % der Experten sind Verbesserungen in verschiedenen Teilbereichen des Projektmanagements erforderlich (Tab. 12).

<b>Beherrschbarkeit</b>	<b>Wert</b>
Verbesserung innerhalb der Projektorganisation	57%
Ja (ohne Angabe)	20%
Verbesserung des Umgangs mit Qualitäten und Quantitäten	13%
Verbesserung des Terminmanagements	4%
Verbesserung des Kostenmanagements	4%
Verbesserung der Vertragsstrukturen	2%

Tab. 12: Wie könnte man der zunehmenden Komplexität im Bauwesen entgegentreten?

57 % der Experten meinen, dass eine Verbesserung der Organisation durch beispielsweise „klare hierarchische Strukturen in der Projektorganisation“, „Berücksichtigung und Abarbeitung aller Aufgaben der verschiedenen Themenfelder“ und durch eine „saubere Planung der Planung“ mit „ausreichender Zeit für diese“ möglich ist. Eine Verbesserung kann ebenso erzielt werden, wenn erst „nach Beenden der Planung mit der Ausführung begonnen wird“ und alle „Wissensträger in den Planungsprozess (partnerschaftliche Vertragsgestaltung) einbezogen“ werden.

Weiterhin empfehlen die befragten Experten eine Verbesserung durch eine „klare Definition des Bau-solls“, eine „Minimierung von Änderungen während der Bauausführung“ sowie eine „rechtzeitige und

umfassende Analyse der Projektrisiken". Ebenso sollte eine „konsequente Anwendung geeigneter Berichts-, Entscheidungs- und Dokumentationsverfahren“ stattfinden und durch „Verwendung von digitalisierten Verfahren (z. B. Building Information Modeling (BIM)) sowie einer „Vereinheitlichung der technischen Tools“ eine Verbesserung der Organisation möglich sein.

13 % der Befragten halten eine Verbesserung der Qualitäten und Quantitäten durch „geeignete Schulungsmaßnahmen und Unterstützung durch Projektsteuerer“ sowie einer „besseren Ausbildung“ für notwendig. Ebenso sind die „Wahl von einfachen und robusten technischen Systemen“ sowie die „Etablierung von Standards in Prozessen und Konstruktionen“ zu empfehlen. Weitere 4 % der Befragten halten sowohl eine Verbesserung des Terminmanagements als auch des Kostenmanagements für notwendig, es muss eine „konsequente Anwendung geeigneter Kosten- und Terminplanungsverfahren (ständige Ermittlung, Kontrolle und Steuerung von Kosten und Terminen)“ erfolgen. Ebenfalls sollten die „Zeit- und Kostenbudgets“ erhöht werden.

Eine Verbesserung der Vertragsstrukturen durch Verwendung „anderer Vertragsmodelle“ wird von 2 % der Experten erwünscht.

Zwischenfazit der Erkenntnisse:

- Komplexität in Bauvorhaben ist systemimmanent und lässt sich weder vollständig verhindern noch beherrschen
- Durch gezielte reduktionistische Maßnahmen kann die Varietät verringert und das Zielsystem, das Handlungs- und Produktsystem, das Handlungsträgersystem und in hohem Maße das soziale System (vgl. Kap. 4.1) besser analysierbar und steuerbar werden
- Kenntnisse über den Umgang mit Komplexität in Bauprojekten müssen erweitert werden.

#### C.4 Anwendung einer Methodik zur Bewertung von Komplexität im Projekt

Auf die Frage, ob die Experten eine Methode zur Bewertung der Komplexität eines Projektes im Rahmen der Akquise oder zur Risikoanalyse einsetzen würden, haben 78 % der Befragten diesem zugestimmt.

8 % der Experten würden eine Methode zur Bewertung der Komplexität nicht einsetzen, da hierfür z. B. weiterhin auf die „Bauchentscheidungen aufgrund langjähriger Erfahrung“ vertraut wird. Eine weitere Begründung, warum diese Empfehlungen zur Bewertung nicht eingesetzt werden, ist, dass die „Komplexität eines Gebäudes oder der Auftraggeberseite oder der räumlichen Umstände schon immer bei der Angebotsbearbeitung mitberücksichtigt wird“. 15 % haben hierzu keine Angaben gemacht. Bei den Zustimmungen zur Verwendung der Empfehlung zur Bewertung der Komplexität würden 60 % der Experten diese zur Risikoanalyse einsetzen und 40 % zur Akquise.

Der Wunsch nach verbessertem Umgang mit Komplexität ist bei den meisten Experten vorhanden. Nur ein geringer Teil würde weiterhin seinem „Bauchgefühl“ mehr vertrauen als gesicherten wissenschaftlichen Erkenntnissen. Überwiegend würde man eine verfügbare Systematik im Bereich der Risikoanalyse verwenden, aber der Einsatz zur Akquise wäre auch hilfreich.

Zwischenfazit der Erkenntnisse:

- Ein Modell zur Bewertung der Komplexität in Bauvorhaben und somit zur Risikoeinschätzung in der Projektvorphase wird von den Experten gewünscht.

## 4.2.5 Schlussfolgerungen und Zwischenfazit

Nachfolgende Tabelle fasst die Erkenntnisse aus den Meinungen der Experten zusammen:

Fragen	Antworten/Erkenntnisse
<b>A.1 Gründe für nicht zielgerecht laufende große Bauvorhaben</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Defizite im Projektmanagement (Verhalten und Handeln der Beteiligten und Entscheider)</li> <li>• Defizite in der Qualifikation (Quantität und Qualität der Beteiligten und Entscheider)</li> <li>• Umweltfaktoren (Komplexität, Vergabeprozesse und Projektlaufzeiten)</li> <li>• Öffentliche Bauprojekte (politisches Verhalten bei fehlender Sachkompetenz)</li> <li>• Unrealistische Projektziele (fehlender Sachverstand und politische Motivation)</li> </ul>
<b>A.2 Begriffsdefinition „große Bauvorhaben“</b>	<p>Große Bauvorhaben definieren sich aus Vielzahl und Varietät an:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zielen</li> <li>• Beteiligten</li> <li>• Schnittstellen</li> <li>• Teilprojekten</li> <li>• Änderungen</li> <li>• Störungen</li> <li>• Risiken</li> <li>• Innovationen</li> <li>• Umwelteinflüssen</li> </ul> <p>Desweiteren werden große Bauvorhaben erkennbar durch:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• lange Projektlaufzeiten und</li> <li>• mangelnde kognitive Erfassung des gesamten Projektumfangs</li> </ul>
<b>B.1 Begriffsdefinition: „Komplexität“</b>	<p>Experten definieren Komplexität von Bauvorhaben anhand folgender drei Merkmale:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Vielzahl an Elementen und Beziehungen sowie deren Verknüpfungen</li> <li>• die Dynamik der Veränderungen</li> <li>• die Unsicherheiten durch mangelnde Fähigkeit zur Wahrnehmung von Komplexität</li> </ul> <p>Folgende Unsicherheiten begünstigen die Komplexität großer Bauvorhaben:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• hohe Anzahl an Beteiligten und Schnittstellen</li> <li>• ungenaue Zielvorgaben</li> <li>• hohe Technische Anforderung</li> <li>• hohe Terminvorgaben</li> <li>• hohe Kostenunsicherheit</li> <li>• hohe Unwägbarkeiten der Umwelt</li> <li>• mangelnde Wahrnehmungsfähigkeit</li> <li>• hohe Dynamik der Veränderungen</li> </ul>
<b>B.2 Auswirkungen von Erfahrung und Routine der Projektbeteiligten auf Komplexität</b>	<p>Erfahrung und Routine der Projektbeteiligten wirken sich auf Vielfältigkeit, Varietät und Dynamik eines Projektes aus und beeinflussen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• das Zielsystem</li> <li>• das Handlungs- und Produktsystem</li> <li>• das Handlungsträgersystem und</li> <li>• das soziale System</li> </ul>
<b>B.3 Auswirkungen von Neuartigkeit (Besonderheit) der Projektinhalte auf die Komplexität</b>	<p>Neuartigkeit der Projektinhalte wirken sich auf Vielfältigkeit, Varietät und Dynamik eines Projektes aus und beeinflussen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• das Zielsystem</li> <li>• das Handlungs- und Produktsystem</li> <li>• das Handlungsträgersystem</li> </ul>
<b>B.4 Auswirkungen von erhöhten Anforderungen an die Projektziele auf die Komplexität</b>	<p>Erhöhte Anforderungen an die Projektziele wirken sich auf Vielfältigkeit, Varietät und Dynamik eines Projektes aus und beeinflussen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• das Zielsystem</li> <li>• das Handlungs- und Produktsystem</li> <li>• das Handlungsträgersystem</li> </ul>
<b>C.1 Erfahrungen mit systemorientiertem, kybernetischem Projektmanagement</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kenntnisse über den systemischen Ansatz im Umgang mit Bauprojekten sind nur in geringem Umfang vorhanden</li> <li>• Erweiterung der Lehrinhalte an Hochschulen und Universitäten erforderlich</li> </ul>
<b>C.2 Berechnung oder Messung von Komplexität</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Komplexität ist grundsätzlich mathematisch berechenbar</li> <li>• Messung von Komplexität in Bauvorhaben kann über eine Systemanalyse erfolgen und mit einem Vergleichsmaßstab (gering-mittel-hoch) bewertet werden</li> </ul>
<b>C.3 Beherrschbarkeit zunehmender Komplexität im Bauwesen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Komplexität großer Bauvorhaben ist systemimmanent und lässt sich weder vollständig verhindern noch beherrschen</li> <li>• Durch Verringerung von Varietät ist Komplexität besser analysierbar und steuerbar</li> </ul>
<b>C.4 Anwendung einer Methodik zur Bewertung von Komplexität im Projekt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ein Modell zur Bewertung der Komplexität großer Bauvorhaben und somit zur Risikoeinschätzung in der Projektvorphase wird von den Experten gewünscht</li> </ul>

Tab. 13: Zusammenfassung der Erkenntnisse aus Expertenmeinungen

Die Gründe für das Misslingen von Bauvorhaben sind vielfältig. Die interviewten Experten beschreiben in ihren Aussagen eine Bandbreite zwischen vorsätzlichem (bewusstem) Handeln und Unwissenheit (unbewusstem Handeln). Für die Verwendung der Erhebung in der weiterführenden Forschung soll das vorsätzliche Handeln in der weiteren Betrachtung ausgeschlossen werden, da es von einer bestimmten Absichtshaltung geprägt ist und somit von Steuerungseinflüssen eines Bauprojektmanagements nicht beeinflusst werden kann. Für die weitergehende Betrachtung wird daher nur der Bereich des unbewussten Handelns und somit des Handelns aus Unwissenheit und Ungewissheit betrachtet.

Die in diesem Kontext wesentlichen Indikatoren sind:

- mangelnde Transparenz
- unzureichende Qualifikation
- Inkongruenz zwischen Aufgabe und Entscheidung
- divergierende Zielkongruenz
- hohe Anzahl der Beteiligten
- Projektdynamik durch lange Laufzeiten

Als Zwischenfazit wird deutlich, dass der Umgang mit Komplexität erlernbar ist und der Wunsch nach einem besseren Umgang bei den meisten Experten existiert. Notwendig ist hierzu, dass sich diese Erkenntnis auf breiter Basis durchsetzt, die von den Anwendern in der Baupraxis, den Lehrinstituten und dem Gesetzgeber gleichermaßen als zwingende Voraussetzung für die Bewältigung der Herausforderungen einer immer komplexer werdenden (Bau-)Welt gesehen werden muss. Eine Hilfestellung und gleichzeitiger Anschub der Diskussion könnte ein Vergleichsmodell für die Wahrnehmung und Einschätzung von Komplexität darstellen.

Der Versuch einer Modellbildung ist Gegenstand der nachfolgenden Kapitel.

## 4.3 Aspekte zur Bewertung von Bauvorhaben

Zum Einstieg und als Vorstufe einer Modellierung wird ein Ausblick auf fünf unterschiedliche Bewertungsvarianten gegeben. Die hier dargestellten Schemata sollen einen Vergleich zu den ermittelten Merkmalen aus der Expertenbefragung und dem aktuellen Stand der Forschung ermöglichen. Auf Basis dieser Ermittlungen soll eine eigene Einschätzung und Festlegung der Aspekte erfolgen und auf dieser Basis ein Modell zur Bewertung der komplexitätsbezogenen Betrachtung erstellt werden.

Zum Vergleich werden nachfolgend fünf Bewertungsschemata untersucht:

1. PATZAK<sup>705</sup> (2009): Scoring-Schema zur Bewertung der Komplexität von Projekten
2. IPMA<sup>706</sup> (2010): Complexity Sheet Deutsch V2.1 (Tabelle zur Bestimmung der Komplexität in Projekten)
3. LECHNER<sup>707</sup> (2015): Vorschlag zur Einführung von Projektklassen
4. BRUNNER<sup>708</sup> (2016): Koordinierte „Planung der Planung“ und Schnittstellenklärung bei komplexen Bauvorhaben
5. KIRST<sup>709</sup> (2016): Analyse von Auswirkungen der Komplexität auf das Projektmanagement

Die Bewertungsmodelle werden im Folgenden kurz beschrieben und hinsichtlich folgender Gesichtspunkte analysiert:

- Anwendungsbereich
- Aspekte und Kriterien
- Gewichtung und Bewertung
- Systemischer Ansatz
- Komplexitätsmerkmale

### 4.3.1 Aspekte der Bewertung nach PATZAK (2009)

Dieses Bewertungsmodell findet eine allgemeine Verwendung im Anwendungsbereich der DIN 69901.<sup>710</sup> Nach PATZAK wird die objektiv messbare Komplexität eines Systems erfasst durch die

- **Elementevielfalt** = Menge der Elemente (Bestandteile, Komponenten), gemessen anhand der Anzahl der Elemente und der Unterschiedlichkeit der Elemente.
- **Beziehungsvielfalt** = Menge der Beziehungen zwischen den Elementen (die Wechselwirkungen), erfasst anhand der Anzahl der Beziehungen (Vernetzungsdichte) und der Unter-

<sup>705</sup> Vgl. Patzak, G. (2009)

<sup>706</sup> Vgl. IPMA - International Projekt Management Association (2016): "complexity\_sheet\_de\_v2.1" [zuletzt geprüft am: 17.02.2017]

<sup>707</sup> Vgl. Lechner, H. (2015): "Vorschlag zur Einführung von Projektklassen" [zuletzt geprüft am: 17.02.2017]

<sup>708</sup> Vgl. Brunner, C. (2016), Masterthesis

<sup>709</sup> Vgl. Kirst, D. (2016), Diplomarbeit

<sup>710</sup> Vgl. DIN 69901-1:2009-01, S. 4



schiedlichkeit der Beziehungen (Beziehungsinhalte). Dies erfasst die strukturelle Komplexität als statische Betrachtung.

- **Dynamik (Änderungspotenzial bzw. Unsicherheit)** = die Menge möglicher Zustände, die die Elemente und die Beziehungen im Laufe der Zeit einnehmen können, die Entwicklungseffekte, die Auswirkungen von Feedback und die Eigendynamik (Autopoiese). Dieser Anteil an der Komplexität ist als Prognose subjektiv gefärbt.

Obige Aussagen zur Erfassung von Komplexität gelten ganz allgemein und für beliebige Systeme. Es ergibt sich unter Berücksichtigung von Übertragungsbeziehungen (Flüsse von Materie, Energie, Information) und logischen Beziehungen (relevante Ordnungsbeziehungen) folgende Abhängigkeit:

Die Komplexität eines beliebigen offenen Systems steigt

1. mit der Anzahl der im System enthaltenen Elemente (erfasst durch Abzählen) sowie mit der Unterschiedlichkeit der im System enthaltenen Elemente. Dabei sind generell folgende Kategorien von Elementen zu unterscheiden: Menschen (sozial), Bauteile (technisch), Daten/Informationen (abstrakt).
2. mit der Anzahl der im System enthaltenen Beziehungen, der Beziehungsdichte (erfasst durch Abzählen) sowie mit der Unterschiedlichkeit der Beziehungen.
3. mit der Anzahl der im Zeitablauf einnehmbaren unterschiedlichen Zustände, die sich als Änderungspotenzial bzw. Dynamik manifestieren.<sup>711</sup>

Es ergeben sich vier Subsysteme und ein Umsystem, die sich in den einzelnen Aspekten unterscheiden. Diese Systemaspekte lassen sich aus einem Input-Output-Modell herleiten. Sie beeinflussen direkt die Komplexität im Projektmanagement. Systemtheoretisch setzt sich die Komplexität eines Projektes aus folgenden Aspektsystemen zusammen: dem

1. **Zielsystem** (abstraktes System) = hierarchische Gliederung des Gesamtzieles der Organisation bis zu operablen Einzelzielen, eingebracht von den relevanten Stakeholdern, zu beurteilen anhand der Projektzielhierarchie,
2. **Objektsystem** (konkretes oder abstraktes System): hierarchische Gliederung des Arbeitsgegenstandes als Output des Prozesses bzw. Realisierung des Gesamtzieles (Deliverables), zu beurteilen anhand des Objektstrukturplanes OSP,
3. **Handlungssystem** (abstraktes System): hierarchische Gliederung der Gesamtaufgabe bis zu den Einzelaufgaben, die zur Erreichung des Gesamtzieles erforderlich sind, zu beurteilen anhand des Projektstrukturplanes PSP,
4. **Handlungsträgersystem** (konkretes System): hierarchisch oder als Netzwerk dargestellte Gesamtheit aller Organisationseinheiten, die Einzelaufgaben ausführen, um das Gesamtziel zu erreichen, zu beurteilen anhand des Projektorganigramms,

---

<sup>711</sup> Vgl. Patzak, G. (2009), S. 43–44

5. **Umsystem** (konkret und abstrakt): alle relevanten Größen, die nicht Bestandteile des betrachteten Systems sind, jedoch in Wechselwirkung mit dem System stehen, zu beurteilen anhand der relevanten Umfeldfaktoren und Stakeholderbeziehungen.

Auf diesen fünf Ziel-Aspekten basiert das Scoring-Schema zur Bewertung von Komplexität in Projekten, das wiederum auf die drei Kriterien der Erscheinungsformen von Komplexität unterteilt ist. Jedes Kriterium wird mit bis zu fünf Punkten hinsichtlich der Projektkomplexität bewertet: einfaches Projekt (1 Punkt), wenig komplex (2 Punkte), ziemlich komplex (3 Punkte), hoch komplex (4 Punkte) und extrem komplex (5 Punkte). Es ergeben sich somit insgesamt 15 Kriterien mit 1 bis 5 Punkten.

In Summe ergibt sich somit ein Bewertungsmaßstab von 15 Punkten für einfache Projekte mit geringer Komplexität, bis 30 Punkte für wenig Komplexität, bis 45 Punkte für ziemlich komplexe Projekte, bis 50 Punkte für hohe Komplexität und bis 75 Punkte für extrem komplexe Projekte.

Auf die einzelnen Aspekte und Kriterien mit ihren Parametern und möglichen Bewertungen wird nachfolgend in Kürze eingegangen:

### 1. Projektziele (Zielsystem)

Dieser Aspekt beschäftigt sich mit der Frage: Was soll mit diesem Projekt erreicht werden? Die drei zu bewertenden Kriterien (Anzahl, Varietät und Dynamik) sind unterteilt nach:

- Anzahl und Unterschiedlichkeit der Einzelziele unter Berücksichtigung der Ziele und Erwartungen der relevanten Stakeholder, unterschiedliche Zielkategorien: Prozessziele, Nutzungsziele (Business Case), Operationalisierbarkeit, mit der Bewertung: sehr wenige (1 Punkt) bis sehr viele Einzelziele (5 Punkte)
- Anzahl und Unterschiedlichkeit der Wechselwirkungen zwischen den Zielen der Zielhierarchie (Zielbeziehungen), Prioritätensetzung/relative Gewichtung, Zielkonkurrenz und Optimierungskriterien, Antinomie, K.o.-Kriterien, mit der Bewertung: keine (1 Punkt) bis starke Wechselwirkungen (5 Punkte)
- Zieländerungen betreffend Inhalt, Gewichtung, Präferenz und deren Unsicherheiten (Eintrittswahrscheinlichkeiten), mit der Bewertung: keine (1 Punkt) bis laufende Änderungen (5 Punkte)

### 2. Projektgegenstand (Objektsystem)

Dieser Aspekt beschäftigt sich mit der Frage: Was ist der Leistungsinhalt dieses Projektes? Die drei zu bewertenden Kriterien (Anzahl, Varietät und Dynamik) sind unterteilt nach:

- Anzahl und Unterschiedlichkeit der Komponenten, d.h. Subsysteme, Module, Baugruppen, Bauteile, Elemente, hinsichtlich Dimensionen, Technologien, Spezifikationen, Testvorschriften, Abnahmebedingungen, Neuheitsgrad, mit der Bewertung: sehr wenige (1 Punkt) bis unüberschaubar viele Teile (5 Punkte)
- Anzahl und Unterschiedlichkeit der zu berücksichtigenden funktionalen und technologischen Beziehungen zwischen den Komponenten (Flüsse von Energie, Materie, Info), auf den Prozess sich auswirkende Ordnungsbeziehungen, mit der Bewertung: einfach (1 Punkt) bis mannigfaltige Beziehungen (5 Punkte)

- Änderungen der Konfiguration, Technologie, Spezifikationen, Qualität, Funktionalität, Lieferanten, Wahrscheinlichkeit, mit der Bewertung: keine (1 Punkt) bis unabsehbare Änderungen (5 Punkte)

### 3. Projektaufgabe (Handlungssystem)

Dieser Aspekt beschäftigt sich mit der Frage: Was ist im Projekt zu tun? Die drei zu bewertenden Kriterien (Anzahl, Varietät und Dynamik) sind unterteilt nach:

- Anzahl und Unterschiedlichkeit der Phasen, erforderliche Arbeitspakete, Vorgänge, Operationen, Hierarchieebenen im PSP, Meilensteine, erforderliche Fachdisziplinen, Know-how, Neuheitsgrad, Einsatzmöglichkeiten von Standards, mit der Bewertung: sehr wenige < 30 (1 Punkt) bis unüberschaubar viele > 3000 (5 Punkte)
- Anzahl und Unterschiedlichkeit der Abhängigkeiten zwischen den Vorgängen (Vernetzungsgrad, Arten von AOB, pos./neg., MIN/MAX), Begleitvorgänge, Planhierarchien, intermediate Schnittstellen/Interfaces, Programm-Interfaces, mit der Bewertung: linear, Normalfolgen (1 Punkt) bis viele Subnetze mit intermediaten Abhängigkeiten (5 Punkte)
- Änderungen der Arbeitspakete wegen Abänderung bei Score, Technologie; Erfahrungsmangel, Risikobegegnung, mit der Bewertung: fix (1 Punkt) bis alle Änderungen möglich (5 Punkte)

### 4. Projektausführende (Handlungsträgersystem)

Dieser Aspekt beschäftigt sich mit der Frage: Wer tut etwas im Projekt? Die drei zu bewertenden Kriterien (Anzahl, Varietät und Dynamik) sind unterteilt in:

- Anzahl und Unterschiedlichkeit der im Projekt unmittelbar Mitwirkenden/Interessengruppen (Auftraggeber, Lenkungskreis, Mitarbeiter, Subs) Qualifikationen, Verfügbarkeit, Diversität, Kulturen, örtl. Verteilung, Motivationslage, mit der Bewertung: sehr wenig, homogen (1 Punkt) bis vielfältig, stark inhomogen (5 Punkte)
- Anzahl und Unterschiedlichkeit der Wechselwirkungen (Unterstellungen, Berichtswege, formelle und informelle Kommunikationsbeziehungen, Arten des Zusammenwirkens, Vertretungsregelungen, Arbeitsverträge), mit der Bewertung: klare Aufgabenteilung (1 Punkt) bis unüberschaubar vernetzt (5 Punkte)
- Personelle Änderungen bei den Mitwirkenden, Fluktuation, Eintrittswahrscheinlichkeiten und sich ergebende Risiken, mit der Bewertung: fix (1 Punkt) bis unvorhersehbare Dynamik (5 Punkte)

### 5. Projektumfeld (Umsystem)

Dieser Aspekt beschäftigt sich mit der Frage: Welche Einflüsse wirken von außen auf das Projekt? Die drei zu bewertenden Kriterien (Anzahl, Varietät und Dynamik) sind unterteilt nach:

- Anzahl und Unterschiedlichkeit der relevanten Einflussgrößen aus der Umwelt (sachliche und soziale Umfeldfaktoren, Erwartungen der mittelbar einwirkenden Stakeholder), gesetzlichen Randbedingungen, zu beachtende Beschränkungen, mit der Bewertung: isoliert (1 Punkt) bis unklares, chaotisches Umfeld mit vielen Einflüssen und Risiken (5 Punkte)

- Anzahl und Unterschiedlichkeit der Art der Einflussbeziehung (Einstellungen, Erwartungen/Befürchtungen, Macht, Auswirkungsschwere, Erkennungsmöglichkeit), Konsequenzen bei Nichtbeachtung, Pönalfunktionen, mit gleicher Bewertung wie vor
- Änderungspotenzial der Einflüsse, Unsicherheiten (Eintrittswahrscheinlichkeiten der Varianten), Risikohöhe, mit gleicher Bewertung wie vor

Nachfolgende Abbildung zeigt das Scoring-Schema nach PATZAK:

Schritt	Aspektsystem	Zu bewertende Kriterien	1	2	3	4	5	Summe
1	Zielsystem: <b>PROJEKTZIEL</b> (Was soll erreicht werden?)	<b>Anzahl und Unterschiedlichkeit</b> der Einzelziele unter Berücksichtigung der Ziele und Erwartungen der relevanten Stakeholder, unterschiedliche Zielkategorien: Prozessziele, Nutzungsziele (Business Case), Operationalisierbarkeit	sehr wenige Ziele, quantitativ angegeben	wenige Ziele, gut formuliert, ohne Priorität	mehrere Ziele unterschiedlicher Art	viele Ziele, Prozessziele, Nutzungsziele	sehr viele, schwer erfassbare Ziele aller Art	
		<b>Anzahl und Unterschiedlichkeit</b> der Wechselwirkungen zwischen den Zielen der Zielhierarchie (Zielbeziehungen), Prioritätensetzung/relative Gewichtung, Zielkonkurrenz und Optimierungskriterien, Antinomie, K.o.-Kriterien	keine Zielbeziehungen zu berücksichtigen	vereinzelt Zielkonkurrenz vorliegend	unterschiedliche Zielbeziehungen	vielfältige z. T. unklare Zielabhängigkeiten	starke, unklare Wechselbeziehungen	
		<b>Zieländerungen</b> betreffend Inhalt, Gewichtung, Präferenz und deren Unsicherheiten (Eintrittswahrscheinlichkeiten)	keine	vereinzelt möglich	Änderungspotenzial groß	hohe Wahrscheinlichkeit	laufend und sehr unklar	
2	Objektsystem: <b>PROJEKT-GEGENSTAND</b> (Was ist der Leistungsinhalt?)	<b>Anzahl und Unterschiedlichkeit</b> der Komponenten, d. h. Subsysteme, Module, Baugruppen, Bauteile, Elemente, hinsichtlich Dimensionen, Technologien, Spezifikationen, Testvorschriften, Abnahmebedingungen, Neuheitsgrad	sehr wenige Komponenten	wenige Komponenten	viele Komponenten unterschiedlicher Art	sehr viele Komponenten und Teilpläne, Technologien	unüberschaubar viele Baupläne, Planhierarchie	
		<b>Anzahl und Unterschiedlichkeit</b> der zu berücksichtigenden funktionalen und technologischen Beziehungen zwischen den Komponenten (Flüsse von Energie, Materie, Info), auf den Prozess sich auswirkende Ordnungsbeziehungen	einfachster Aufbau	klarer Aufbau, wenige relevante Abhängigkeiten	viele wesentliche Abhängigkeiten	stark vernetzte Abhängigkeiten zwischen den Bauteilen	mannigfaltige sehr kritische Beziehungen technolog. Art	
		<b>Änderungen der Konfiguration</b> , Technologie, Spezifikationen, Qualität, Funktionalität, Lieferanten, Wahrscheinlichkeit	keine Änderungen zu erwarten	wenig Änderungen	Objektstruktur nicht fix	Creeping Scope	unabsehbare Änderungen	
3	Handlungssystem: <b>PROJEKT-AUFGABE</b> (Was ist zu tun?)	<b>Anzahl und Unterschiedlichkeit</b> der Phasen, erforderlichen Arbeitspakete, Vorgänge, Operationen, Hierarchieebenen im PSP, Meilensteine, erforderliche Fachdisziplinen, Know-how, Neuheitsgrad, Einsatzmöglichkeiten von Standards	sehr wenige (< 30)	wenige (100) nur wenige Fachdisziplinen	viele neuartige (300) unterschiedliche Disziplinen	sehr viele (1.000) Machbarkeit noch unklar	unüberschaubar viele (3.000), neuartig, alle Disziplinen	
		<b>Anzahl und Unterschiedlichkeit</b> der Abhängigkeiten zwischen den Vorgängen (Vernetzungsgrad, Arten von AOB, pos./neg., MIN/MAX), Begleitvorgänge, Planhierarchien, intermediate Schnittstellen/Interfaces, Programm-Interfaces	linear, nur Normalfolgen	vereinzelt Überlappungen	stark vernetzt, alle AOBs aufscheinend	sehr stark vernetzt, Schnittstellen	viele Subnetze mit intermediären Abhängigkeiten	
		<b>Änderungen der Arbeitspakete</b> wegen Abänderung bei Scope, Technologie; Erfahrungsmangel, Risikobegrenzung	fix	Änderungen möglich	viele Änderungen	starke Änderungsneigung	alles kann geändert werden	
4	Handlungsträgersystem: <b>PROJEKT-AUSFÜHRENDE</b> (Wer tut etwas?)	<b>Anzahl und Unterschiedlichkeit</b> der im Projekt unmittelbar Mitwirkenden/Interessengruppen (Auftraggeber, Lenkungsreis, Mitarbeiter, Subs); Qualifikationen, Verfügbarkeit, Diversität, Kulturen, örtl. Verteilung, Motivationslage	sehr wenige, untereinander bekannte MA, wenige Mittel	wenige Organisationseinheiten einer Firma involviert	viele MA unterschiedl. Disziplin, viele Abteilungen	unterschiedl. Qualifikationen aus vielen Firmen/Externe	großes, stark inhomogenes, verteiltes Team, Crosscultural	
		<b>Anzahl und Unterschiedlichkeit</b> der Wechselwirkungen (Unterstellungen, Berichtswege, formelle und informelle Kommunikationsbeziehungen, Arten des Zusammenwirkens, Vertretungsregelungen, Arbeitsverträge)	klare Aufgabenverteilung	klare Zuständigkeiten	vermaschte Berichtswege	starke Wechselbeziehungen über Firmengrenzen/Ort	unüberschaubar vernetzte Interaktionen, jeder mit jedem	
		<b>Personelle Änderungen</b> bei den Mitwirkenden, Fluktuation, Eintrittswahrscheinlichkeiten und sich ergebende Risiken	Personen sind fix	geregelte Organisation	hohe Fluktuation	Änderungen überall möglich	nicht vorhersehbare Dynamik	
5	Umsystem: <b>PROJEKTUMFELD</b> (Welche Einflüsse von außen?)	<b>Anzahl und Unterschiedlichkeit</b> der relevanten Einflussgrößen aus der Umwelt (sachliche und soziale Umfeldfaktoren, Erwartungen der mittelbar einwirkenden Stakeholder), gesetzliche Randbedingungen, zu beachtende Beschränkungen	das Projekt ist als isoliert zu betrachten	leicht kontrollierbare Einflüsse ähnlicher Art, Risiken klar abgrenzbar	starke Einflüsse aus mehreren Umfeldausschnitten mit einzelnen hohen Risiken	viele schwer zu berücksichtigende, starke Einflüsse mit hohen Risiken	unklares, chaotisches Umfeld, unbekannt viele Einflüsse mit völlig unbestimmten Risiken	
		<b>Anzahl und Unterschiedlichkeit</b> der Art der Einflussbeziehung (Einstellungen, Erwartungen/Befürchtungen, Macht, Auswirkungsschwere, Erkennungsmöglichkeit), Konsequenzen bei Nichtbeachtung, Pönalfunktionen						
		<b>Änderungspotenzial der Einflüsse</b> , Unsicherheiten (Eintrittswahrscheinlichkeiten der Varianten), Risikohöhe						
<b>Total</b>	<b>GESAMTSYSTEM</b>	<b>KOMPLEXITÄT DES PROJEKTS</b>	<b>einfach</b>	<b>wenig komplex</b>	<b>ziemlich komplex</b>	<b>hoch komplex</b>	<b>extrem komplex</b>	<b>0</b>

Abb. 54: Scoring-Schema zur Bewertung von Komplexität nach Patzak (e. D.)<sup>712</sup>

<sup>712</sup> Vgl. Patzak, G. (2009), S. 43

### 4.3.2 Aspekte der Bewertung nach IPMA (2010)

Das IPMA-Schema dient zur Bewertung der Komplexität eines Projektes und somit zur Unterstützung des Projektmanagements. Ziel der Bewertung ist eine Einstufung des Projektes nach den Zertifizierungsleveln A bis D. Auf Basis dieser Einstufung erfolgt die Zuordnung der benötigten Personen im Projektmanagement. Wissen und Kompetenz der Personen im Projektmanagement kann somit der Komplexität gerecht eingesetzt werden. Das Bewertungsschema ist allgemein gehalten, so dass es auf alle Projekte nach DIN 69901 angewendet werden kann.

Verwendet werden zehn Bewertungskriterien: Ziele, Umwelt, Kultur, Innovation, Projektstruktur, Projektorganisation, Führung, Ressourcen, Risiko und Chancen und PM-Methodik. Die Kriterien sind jeweils in weitere Parameter unterteilt und werden durch Beschreibung des Kriteriums mit einer vierstufigen Gewichtung von Komplexität in sehr gering (1), niedrig (2), hoch (3) und sehr hoch (4) bewertet. In Summe ergibt sich somit ein Bewertungsmaßstab von 10 Punkten für Projekte mit sehr geringer Komplexität, bis 20 Punkte für niedrige Komplexität, bis 30 Punkte für hohe und bis 40 Punkte für sehr hohe Komplexität im Projekt.

Auf die einzelnen Kriterien mit ihren Parametern und möglichen Bewertungen wird nachfolgend in Kürze eingegangen:

Kriterium/Parameter	Gewichtung (4)	Gewichtung (1)
---------------------	----------------	----------------

#### 1. Zielsetzung, Beurteilung der Lieferobjekte

Bei diesem Kriterium geht es um die Komplexität der Zielvorgaben. Untersucht werden die Klarheit und Transparenz der Ziele sowie mögliche Rückkopplungen durch Abhängigkeiten in den Relationen, die zu Konflikten führen können. Weiterhin wird die Vielzahl und Vielfältigkeit der Objekte untersucht. Folgende Bewertung wird vorgenommen:

Auftrag und Zielsetzung	unklar, unbestimmt	klar, bestimmt
Konflikte der Zielsetzung	viele	wenige
Transparenz Auftrag und Ziele	versteckt	transparent
Abhängigkeiten in der Zielsetzung	große Abhängigkeit	unabhängig
Anzahl und Beurteilung Lieferobjekte	eindimensional	gering

#### 2. Umwelten, Integration

Hier wird die Integration des Projekts in seine Umwelt untersucht. Je mehr unterschiedliche Umwelten (Interessengruppen) mit verschiedenen Interessenlagen auf das Projekt einwirken, desto komplexer wird das Projekt. Berücksichtigt wird weiterhin die Vielzahl und Unterschiedlichkeit der Stakeholder-Relationen untereinander. Folgende Bewertung wird vorgenommen:

Umwelten, Interessengruppen	viele	wenige
Kategorien der Stakeholder	viele, unterschiedlich	wenig und gleiche
Stakeholder-Beziehungen	unbekannt	wenige und bekannte
Interessen der Umwelten	unterschiedliche	gleiche Interessen

### 3. Kultur und sozialer Kontext

Projekte können national oder international sein. Berücksichtigt werden kulturelle und kontextionale Unterschiede hinsichtlich der Projektabwicklung, aber auch Unterschiede im Umgang und der Erwartungshaltung der Projektbeteiligten. Weiterhin geht die Entfernung der Beteiligten in die Betrachtung mit ein. Folgende Bewertung wird vorgenommen:

Unterschiede im Kontext	mannigfach	wenige
Kulturelle Unterschiede	multikulturell	gleichförmig
Geografische Distanzen	groß, weit	klein, nahe
Sozialer Bereich	groß, anspruchsvoll	klein, leicht

### 4. Maß an Innovation, Rahmenbedingungen

Ein Projekt mit hohem Anspruch an Innovation und Neuartigkeit bringt eine höhere Komplexität hervor. Ist die Anforderung an Kreativität und neuer Technologie hoch, so ist auch die Komplexität hoch. Gleiche Beurteilung wird für eine mögliche Begrenzung von Entwicklungsspielräumen getroffen. Steht das Projekt unter starkem Interesse der Öffentlichkeit, erzeugt dies zusätzliche Komplexität. Die folgende Bewertung wird vorgenommen:

Technologisches Maß an Innovation	unbekannt	bekannt
Bedarf an Kreativität	innovative Ansätze	Wiederholungen
Spielraum für Entwicklungen	groß	begrenzt
Interesse der Öffentlichkeit	groß	gering

### 5. Projektstruktur, Bedarf an Koordination

Ein Projekt mit vielen und unterschiedlichen Strukturen erfordert einen hohen Koordinationsbedarf und erzeugt möglicherweise einen hohen Anspruch an das Reporting. Viele parallele Phasen und Vorgänge erhöhen die Komplexität ebenfalls. Folgende Bewertung wird vorgenommen:

Strukturen, die koordiniert werden	viele	wenige
Bedarf an Koordination	anspruchsvoll	einfach
Phasenstruktur	gleichzeitig	nacheinander
Bedarf an Reporting	anspruchsvoll	einfach

### 6. Projektorganisation

Anzahl und Unterschiedlichkeit der Schnittstellen haben Einfluss auf den Bedarf an Kommunikation im Projekt. Einflüsse durch schwierige Hierarchiestrukturen und Störungen aus der Stammorganisation erhöhen die Komplexität eines Projektes. Folgende Bewertung wird vorgenommen:

Anzahl der Schnittstellen	viele	wenige
Bedarf an Kommunikation	anspruchsvoll	einfach
Hierarchie	mehrdimensional	eindimensional
Beziehungen zur Stammorganisation	intensiv gegenseitig	einfach

## 7. Führung, Teamarbeit, Entscheidungen

Eine Vielzahl an Mitarbeitern mit vielen Einsatzbereichen verursacht eine Erhöhung der Komplexität. Statische Teams mit gleichförmigen Führungsstilen reduzieren Komplexität. Gleiches gilt für erforderliche Entscheidungsprozesse. Folgende Bewertung wird vorgenommen:

Anzahl an Mitarbeitern	viele, großer Bereich	wenig, kleiner Bereich
Teamstruktur	dynamische Teams	statische Teams
Führungsstil	angepasst, viele	konstant, gleichförmig
Entscheidungsprozess	viele, wichtige	wenig, wichtige

## 8. Ressourcen inkl. Finanzmittel

Stabile Personal- und Materialverfügbarkeit sorgen für ein stabiles System, wogegen wechselnde oder knappe Ressourcen das Gegenteil bewirken können. Ist die Varietät in der Zusammensetzung des Personals gleichförmig, ist eine geringere Komplexität zu erwarten. Gleiches gilt für die Verfügbarkeit und die Beschaffung der Finanzmittel. Hier gehen Anzahl und Verschiedenheit der Investoren und Geldmittel in die Betrachtung mit ein. Folgende Bewertung wird vorgenommen:

Verfügbarkeit von Personen, Material	unklar, wechselnd	vorhanden, bekannt
Finanzmittel (Investoren)	verschiedene	ein Investor
Beschaffung der Finanzmittel	unterschiedliche	gleiche Ressourcen
Anzahl und Verschiedenheit Personal	hoch	gering

## 9. Risiko und Chancen

Risiken entstehen oftmals durch Unwissenheit und Dynamik. Risiken treten mit einem bestimmten Maß an Wahrscheinlichkeit und Auswirkung auf. Lassen sich Risiken erkennen und minimieren, sind die Folgen geringer. Bestehen wenige Möglichkeiten zur Nutzung von Chancen, kann sich das negativ auf das Projekt auswirken. Folgende Bewertung wird vorgenommen:

Vorhersehbarkeit	gering, unklar	hoch, klar
Risikowahrscheinlichkeit und Einfluss	hoch, groß	gering, wenig
Potenzial für Chancen	wenig	viel
Möglichkeiten zur Risikominimierung	groß	gering

## 10. PM-Methoden, Werkzeuge, Techniken

Komplexe Projekte benötigen eine hohe Anzahl vielfältiger Methoden und Werkzeuge. Solche Projekte lassen nur einen geringen Anteil an Standardisierung zu. Erhält das Projektmanagement Unterstützung, wirkt sich dies positiv auf die Komplexität aus, wobei der Aufwand insgesamt gering gehalten werden sollte. Folgende Bewertung wird vorgenommen:

Vielfalt an Methoden und Werkzeugen	hoch, vielfältig	wenig, einfach
Verwendung von Standards	wenig	viele Standards
Verfügbarkeit von PM-Unterstützung	keine	viel Unterstützung
Verhältnis PM zu Gesamtaufwand	hoch	gering

Nachfolgende Abbildung zeigt das Scoring-Sheet nach IPMA, das als Excel-Tabelle auf der Homepage der IPMA abgerufen werden kann:

Zertifizierungslevel KandidatIn (Vornamen, Nachnamen) Projekt	B		Diese Formular dient zur Bewertung der Komplexität für das Projektmanagement in einem Projekt. Jeder Parameter wird bewertet in Bezug auf die 4 Stufen.			
			Beschreibung des Kriteriums		Wert	Kommentar
Kriterium	Signifikant Komplexität		Beschränkte Komplexität			
	Komplexität sehr hoch (4)	Komplexität hoch (3)	Komplexität niedrig (2)	Komplexität sehr gering (1)		
<b>1. Zielsetzung, Beurteilung der Lieferobjekte</b> Auftrag und Zielsetzung Konflikte in der Zielsetzung Transparenz im Auftrag und der Zielsetzung Abhängigkeiten in der Zielsetzung Anzahl und Beurteilung der Lieferobjekte	unbestimmt, unklar viele Konflikte versteckt große Abhängigkeit viele, mehrdimensional			bestimmt, klar wenige Konflikte transparent unabhängig gering, eindimensional		
Bewertung	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		3
<b>2. Umwelten, Integration</b> Umwelten, Interessentengruppen Kategorien der Stakeholder Stakeholder Beziehungen Interessen der Umwelten	viele Umwelten viele, unterschiedlich unbekannt unterschiedliche			wenige wenig und gleiche Kategorien wenige und bekannte Beziehungen gleiche Interessen		
Bewertung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>		2
<b>3. Kultur und Sozialer Kontext</b> Unterschiede im Kontext Kulturelle Unterschiede Geographische Distanzen Sozialer Bereich	mannigfach multikulturell, viele große Distanzen groß, anspruchsvoll			wenige gleichförmig, gut bekannt nahe, zentral klein, leicht zu managen		
Bewertung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		1
<b>4. Maß an Innovation, Rahmenbedingungen</b> Technologisches Maß an Innovation Bedarf an Kreativität Spielraum für Entwicklungen Interesse der Öffentlichkeit	unbekannte Technologie innovativer Ansätze groß großes öffentliches			bekannte, angewandte Technologie Wiederholung begrenzt geringes öffentliches		
Bewertung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>		2
<b>5. Projektstruktur, Bedarf an Koordination</b> Strukturen die koordiniert werden Bedarf an Koordination Phasenstruktur Bedarf an Reporting	viele Strukturen, anspruchsvoll, kompliziert überlappend, gleichzeitig mehrdimensional, anspruchsvoll			wenige Strukturen einfach, geradlinig hintereinander eindimensional, überlicher Umfang		
Bewertung	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		3
<b>6. Projektorganisation</b> Anzahl von Kommunikationsschnittstellen Bedarf an Kommunikation Hierarchie Beziehung zur bestehenden Organisation	viele indirekt, anspruchsvoll, vielfältig mehrdimensional, Matrixstruktur intensive gegenseitige			wenige direkt, einfach eindimensional, einfach wenige Beziehungen		
Bewertung	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		4
<b>7. Führung, Teamarbeit, Entscheidungen</b> Anzahl an Mitarbeitern Teamstruktur Führungsstil Entscheidungsprozess	viele, großer Bereich dynamische Teams angepasst und viele viele, wichtige Entscheidungen			wenige, kleiner Bereich statische Teamstrukturen konstant und gleichförmig wenige wichtige Entscheidungen		
Bewertung	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		3
<b>8. Ressourcen inkl. Finanzmittel</b> Verfügbarkeit von Personen, Material, usw. Finanzmittel Beschaffung der Finanzierungsmittel Anzahl und Verschiedenheit der Personals	unklar, wechselnd viele Investoren, unterschiedliche Ressourcen groß (zu vergleichbaren Projekten)			vorhanden, bekannt ein Investor und gleiche Ressourcen gering (zu vergleichbaren Projekten) gering		
Bewertung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>		2
<b>9. Risiko und Chancen</b> Vorhersehbarkeit von Risiken und Chancen Risikowahrscheinlichkeit, Bedeutung Einfluss Potential für Chancen Möglichkeiten zur Risikominimierung	gering, unklar hohes Risiko, großer Einfluß wenige Möglichkeiten großes Potential an Möglichkeiten			hoch, klar geringes Risikopotential, wenig Einfluß viele Möglichkeiten für Maßnahmen geringes Potential an Möglichkeiten		
Bewertung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		1
<b>10. PM Methoden, Werkzeuge und Techniken</b> Vielfalt an Methoden und Werkzeugen Verwendung von Standards Verfügbarkeit von PM Unterstützung Prozentsatz von PM zu Gesamtaufwand	hohe Anzahl, vielfältig Anwendung von wenigen Standards Keine Unterstützung hoher Prozentsatz			wenig, einfach Anwendung gewohnter Standards viel Unterstützung geringer Prozentsatz		
Bewertung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>		2
<b>Gesamtbewertung der Komplexität</b>	<b>Das Projekt ist für die Zertifizierung IPMA Level B nicht geeignet.</b>					23

Abb. 55: Bewertung Projektmanagementkomplexität nach IPMA (e. D.)<sup>713</sup>

<sup>713</sup> Vgl. IPMA - International Projekt Management Association (2016): "complexity\_sheet\_de\_v2.1", [https://www.p-m-a.at/pma-download/cat\\_view/38-zertifizierung-ipma-level-a-d.html](https://www.p-m-a.at/pma-download/cat_view/38-zertifizierung-ipma-level-a-d.html) [zuletzt geprüft am: 17.02.2017]



### 4.3.3 Aspekte der Bewertung nach LECHNER (2015)

LECHNER gewichtet zwölf Parameter zur Bewertung von Projekten und bildet eine Einteilung in fünf Projektklassen (PKL). Die Ermittlung der Parameter wurde in Verbindung mit erfahrenen Mitgliedern des DVP zusammengetragen, denen langjährige Beobachtungen zugrunde liegen. Ziel der Einteilung ist, eine frühzeitige Aufmerksamkeit auf die schwierigen Projekte zu lenken und somit Teams homogener zusammenzustellen, Verträge besser abzustufen und Anforderungen gegenüber besser argumentieren zu können, u. a.m.<sup>714</sup> Das Bewertungsmodell ist auf Basis der fünf Projektstufen nach AHO 2014<sup>715</sup> aufgebaut und richtet sich an Projektmanager für Hochbaumaßnahmen.

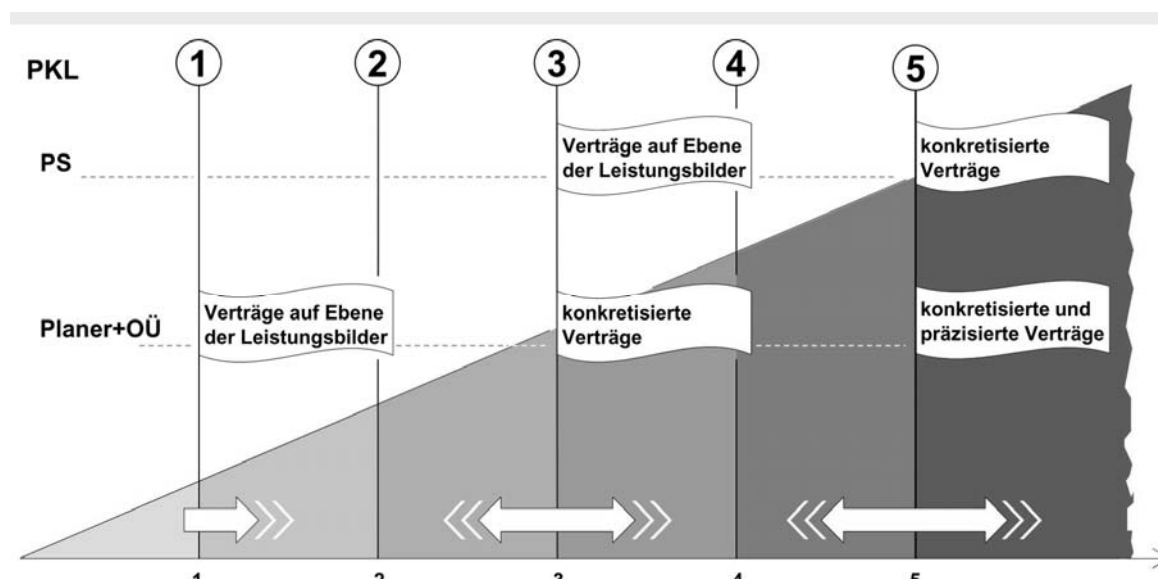


Abb. 56: Anforderungen an die Aufbauorganisation je Projektklasse nach Lechner<sup>716</sup>

Die Bewertung folgt hinsichtlich der objektiv messbaren Komplexität der gleichen Systematik wie PATZAK (vgl. 4.3.1). So kommen hier die drei Merkmale von Komplexität (Anzahl, Varietät und Dynamik) ebenfalls zur Anwendung.

Die Bewertungsparameter A1 bis A12 sind mit einer Bandbreite (von-bis, min-max u. a.) versehen, sodass ein möglichst breiter Querschnitt für Bauvorhaben erkennbar wird. Die jeweiligen Parameter werden mit 1-5 Punkten bewertet, wobei eine offene Bewertung für die Parameter A2, A7, A8, A9 und A10 von mehr als 5 möglich ist.

In Summe ergibt sich somit ein Bewertungsmaßstab von 60 Punkten (Regelgröße). Durch die erweiterte Bewertung von fünf Parametern wird jedoch eine höhere Bewertung möglich. Unter Annahme einer maximalen Obergrenze von 7 Punkten sind somit bis zu 70 Punkte (Obergröße) möglich<sup>717</sup>. Durch Division der bewerteten Punkte mit den zwölf Aspekten ergeben sich rechnerisch fünf Projekt-klassen (1-5).

<sup>714</sup> Vgl. Lechner, H. (2015): "Vorschlag zur Einführung von Projektklassen" [zuletzt geprüft am: 17.02.2017]

<sup>715</sup> Vgl. AHO (2014)

<sup>716</sup> Vgl. Lechner, H. (2015): "Vorschlag zur Einführung von Projektklassen" [zuletzt geprüft am: 17.02.2017]

<sup>717</sup> Anm. d. Verf.: An dieser Stelle ist das Schema nicht eindeutig. Da es nur fünf Klassen gibt, jedoch höhere Bewertungen möglich sind, ergeben sich rechnerisch höhere Projektklassen. Parameter A10 ist nach oben offen, da mit Zunahme an Gewer-ken eine Zunahme Erhöhung der Punkte möglich sind.

Beispiele:

16 Punkte/12 = 1,33 = Projektklasse 1

32 Punkte/12 = 2,66 = Projektklasse 3

58 Punkte/12 = 4,83 = Projektklasse 5

68 Punkte/12 = 5,66 = Projektklasse 5

Auf die einzelnen Parameter und deren Bewertungen wird nachfolgend in Kürze eingegangen:

#### A1 Anzahl der Projektziele

Dieser Parameter umfasst Anzahl und Unterschiedlichkeit zu integrierender und koordinierender Ziele innerhalb der Strukturen in der Aufbauorganisation (Personen, Abteilungen usw.), der Objektart (z. B. Kindergarten, Mittelschule, Oberschule usw.) und der Objektstruktur (z. B. Seminarraum, Aula, Schwimmbad usw.). Zwischen diesen Entitäten bestehen eine Anzahl und Unterschiedlichkeit von Anforderungen und Wechselwirkungen hinsichtlich der Projektziele, der Priorisierung, Gewichtung u. a. Das Änderungspotenzial der Zielsetzungen bezieht sich auf Inhalte, Gewichtung, Priorisierung, Unsicherheiten u. a.

Die bewerteten Kriterien (Anzahl, Varietät und Dynamik) gewichten sich nach:

- sehr wenige Ziele mit quantitativen Vorgaben (1 Punkt) bis
- sehr viele Ziele und schwer erfassbare Ziele mit mehreren Prioritäten (5 Punkte)

#### A2 Ressourcen AG Besteller + Ersteller

Dieser Parameter umfasst Anzahl und Unterschiedlichkeit der Projektbeteiligten auf Auftraggeberseite unter Berücksichtigung von Kompetenzen und Ressourcen oder möglichen politischen Gremien. Neben den Personen sind die beteiligten Gremien entsprechend zu berücksichtigen.

Zwischen diesen Entitäten bestehen eine Anzahl und Unterschiedlichkeit von Anforderungen und Wechselwirkungen hinsichtlich der Hierarchien im Projekt. Zu berücksichtigen sind formelle und informelle Kommunikation, Motivation und Vertretungs- oder Schlichtungsregelungen sowie Förder- oder Finanzierungsstellen.

Das Änderungspotenzial der Zielsetzungen bezieht sich auf mögliche Entscheidungsspielräume, Risiko von Fluktuation und Finanzierungsrisiken.

Die bewerteten Kriterien (Anzahl, Varietät und Dynamik) gewichten sich nach:

- 1 bis 2 Beteiligte und 1 Gremium mit klaren Aufgaben (1 Punkt) bis
- 3 bis 8 Beteiligte und 4 oder mehr Gremien mit starker Vermischung (5 Punkte)
- bei mehr als 10 Beteiligten ist Bewertung über 5 Punkte möglich<sup>718</sup>.

#### A3 strategische Bedeutung für den Auftraggeber

Dieser Parameter umfasst die relative Projektgröße im Vergleich zu anderen Projekten des Auftraggebers (z. B. öffentliche Hand) und daraus resultierender direkter oder indirekter Einfluss auf die Entscheider, z. B. politische Mandate.

---

<sup>718</sup> Anm. d. Verf.: An dieser Stelle ist der Bewertungsbogen nicht eindeutig. Unklar ist, wie sich die weitere Punkteskala nach oben hin entwickelt.

Bei einer hohen Außenwirkung besteht die Gefahr einer hohen medialen Einflussnahme. An dieser Stelle wird die große Bedeutung des Projektes berücksichtigt, das möglicherweise jedoch über die Erfahrungen und Routinen der Auftraggeberorganisation hinausgeht.

Die bewerteten Kriterien (Anzahl, Varietät und Dynamik) gewichten sich nach:

- sehr geringe Bedeutung mit Routineaufgaben (1 Punkt) bis
- sehr große Bedeutung mit übersteigender Routine und mehreren Finanzierungsebenen (5 Punkte)

#### A4 Neuartigkeit

Dieser Parameter umfasst Anzahl und Verschiedenheit der verwendeten Systeme im Bereich der Technologie und des Nutzers unter Berücksichtigung der jeweiligen Neuartigkeit. Weiterhin geht hier das unterschiedliche Zusammenwirken der Systeme in die Betrachtung mit ein. Die Dynamik wird über mögliche Änderungen der Anforderungen berücksichtigt, aus denen sich resultierende Wirkungen erst später erkennen lassen.

Die bewerteten Kriterien (Anzahl, Varietät und Dynamik) gewichten sich nach:

- sehr geringe Neuartigkeit (1 Punkt) bis
- neue Teilsysteme und unbekanntes Zusammenwirken (5 Punkte)

#### A5 Neubau / Umbau / in Betrieb

Es wird unterschieden nach Neubau, Umbau und Projektdurchführung im laufenden Betrieb. Hier werden die unterschiedlichen Rückkopplungen zwischen Neubau auf freiem Grundstück und geringen Interaktionen zum Umfeld, Neubau im Innenstadtbereich mit vielen Abhängigkeiten zum Umfeld sowie Umbau mit unterschiedlicher Intensität der Eingriffe berücksichtigt.

Die bewerteten Kriterien (Anzahl, Varietät und Dynamik) gewichten sich nach:

- Neubau auf freiem Gelände (1 Punkt) bis
- Umbau, intensive Eingriffe, sehr schwierige Anschlüsse bei lfd. Betrieb (5 Punkte)

#### A6 Risikoeinschätzung

Der Aspekt Risikoeinschätzung unterscheidet zwischen sehr geringem bis geringem Risiko und betrachtet die Ausgeglichenheit einer möglichen Risikoeinschätzung und Behandlung.

Die bewerteten Kriterien (Anzahl, Varietät und Dynamik) gewichten sich nach:

- sehr geringes Risiko (1 Punkt) bis
- Risiko deutlich höher als Reserven (5 Punkte)

#### A7 Projekt - Dauer

Die Dauer eines Projektes bindet Ressourcen bei allen Beteiligten. Entscheidend für die Bewertung sind die Grundlagen, die zur Festlegung der jeweiligen Zeiten geführt haben. Hierzu zählen einerseits politische Vorgaben oder ermittelte und abgestimmte, ressourcenorientierte Fakten. Berücksichtigt werden weiterhin äußere Einflüsse auf die zeitliche Abfolge sowie eine mögliche Parallelität und zeitliche Begrenzungen.

Die bewerteten Kriterien (Anzahl, Varietät und Dynamik) gewichten sich nach:

- Projektdauer bis 3 Jahre (1 Punkt) bis

- Projektdauer bis 8 Jahre (5 Punkte)
- Bei Projektdauern ab 9 Jahren können mehr als 5 Punkte gegeben werden<sup>719</sup>

### A8 Projekt - Kosten

Die Bewertung der Projektkosten ist von 0,6 bis 1.000 Mio. € gestaffelt.<sup>720</sup> Berücksichtigt wird weiterhin die Anzahl der Finanzierungsstellen und die Begrenzung durch einen Kostendeckel<sup>721</sup>.

Die bewerteten Kriterien (Anzahl, Varietät und Dynamik) gewichten sich nach:

- Projektkosten von 0,6 bis 3,5 Mio. € (1 Punkt)
- Projektkosten von 3,5 bis 15,0 Mio. € (2 Punkte)
- Projektkosten von 15 bis 50 Mio. € mit Kostendeckel (3 Punkte)
- Projektkosten von 50 bis 100 Mio. € mit engem Kostendeckel (4 Punkte)
- Projektkosten von 100 bis 300 Mio. € mit sehr engem Kostendeckel (5 Punkte)
- Projektkosten von 300 bis 500 Mio. € (6 Punkte)
- Projektkosten von 500 bis 700 Mio. € (7 Punkte)
- Projektkosten von 700 bis 1000 Mio. € (8 Punkte)

### A9 Anzahl Planungsfelder, Fachbereiche

Anzahl und Verschiedenheit von Planungsaufgaben und beteiligten Fachbereichen in allen Phasen des Projektes zielen auf Kompetenzen und Erfahrungen der jeweiligen Projektart und -größe ab. Weiterhin werden Anzahl und Verschiedenheit der Relationen zwischen beteiligten Personen und Organisation sowie Bearbeitungstiefe und Motivation der Ressourcen berücksichtigt.

Die Dynamik wird über mögliche Änderungen in den Bereichen: Funktion, Technologie, Personal, Motivation, Risiken und Systemstabilität berücksichtigt.

Die bewerteten Kriterien (Anzahl, Varietät und Dynamik) gewichten sich nach:

- bis 4 Planerfelder, untereinander bekannt, klare Aufgaben (1 Punkt)
- bis 18 Planerfelder, unterschiedliche Qualitäten, viele Freelancer<sup>722</sup> (5 Punkte)
- bei über 19 Planerfeldern können mehr als 5 Punkte gegeben werden<sup>723</sup>

### A10 Anzahl ausführender Firmen + Gewerke

Anzahl und Verschiedenheit von beteiligten Fachgewerken in der Bauausführung, die im Bauprozess zu integrieren und zu koordinieren sind. Zu berücksichtigen sind hier Qualifikation, Verfügbarkeit und Motivation.

Anzahl und Verschiedenheit von Wechselwirkungen treten im Bereich der Anforderungen, Kommunikation, Vertretungsregelungen und Organisation der Firmen auf.

<sup>719</sup> Anm. d. Verf.: An dieser Stelle ist der Bewertungsbogen nicht eindeutig. Unklar ist, wie sich die weitere Punkteskala nach oben hin entwickelt.

<sup>720</sup> Anm. d. Verf.: Die Beschreibung der Staffelung weicht vom Bewertungsbogen hinsichtlich der Zahlenwerte ab

<sup>721</sup> Anm. d. Verf.: Unklar bleibt die Bewertung für Projekte bis 15 Mio. € mit Kostendeckel, bzw. darüber ohne Kostendeckel. Für Projekte über 300 Mio. € geht ein Kostendeckel nicht mehr in die Wertung mit ein

<sup>722</sup> Anm. d. Verf.: Freelancer ist die englische Bezeichnung für einen freien Mitarbeiter eines Unternehmens, der über einen Werkvertrag in Beziehung zum Unternehmen steht, ohne jedoch Arbeitnehmer des Unternehmens zu sein. In der Regel führt ein Freelancer die Leistungen persönlich aus.

<sup>723</sup> Anm. d. Verf.: An dieser Stelle ist der Bewertungsbogen nicht eindeutig. Unklar ist, wie sich die weitere Punkteskala nach oben hin entwickelt.

Dynamik ergibt sich aus möglichen Änderungen von Personen und Konfigurationen. In die Bewertung gehen Änderungen aus Fluktuation, Eigen-/Fremdpersonalanteilen, wirtschaftlicher Leistungsfähigkeit, Funktionalität sowie Qualitäten und Quantitäten mit ein.

Die bewerteten Kriterien (Anzahl, Varietät und Dynamik) gewichten sich nach:

- 5 bis 10 Firmen oder Gewerke (1 Punkt)
- bis 70 Firmen oder Gewerke (5 Punkte)
- bei über 70 Firmen oder Gewerken können mehr als 5 Punkte gegeben werden<sup>724</sup>

#### A11 Verträge – Genehmigungen / Freigaben

Berücksichtigt werden hier die verwendeten Standards der abgeschlossenen Verträge wie: üblich = den Honorarordnungen entsprechend, nahe der üblichen Standards und vollkommen freie Verträge. Es gehen somit mögliche Risiken aus den unterschiedlichen Vertragsmodellen mit ein, wobei jedoch die Mitwirkung des Auftraggebers hinsichtlich rascher und unkomplizierter Freigabe von Leistungen sowie schnellen Entscheidungen in die Bewertung eingehen. Mögliche Sprachbarrieren werden mit berücksichtigt.

Die bewerteten Kriterien (Anzahl, Varietät und Dynamik) gewichten sich nach:

- übliche Verträge mit unkomplizierten Freigaben und qualifizierter Mitwirkung des Auftraggebers (1 Punkt) bis
- eigene Vertragswelt mit hoher Risikoverschiebung, schwierige Entscheidungen und sprachüberschreitend (5 Punkte)

#### A12 Umfeld

Das Projektumfeld bezieht sich auf Anzahl und Verschiedenheit aller möglichen externen Einflüsse aus sachlichen, sozialen und medialen Bereichen und Einschränkungen durch gesetzliche oder andere Rahmenbedingungen.

Aus Anzahl und Verschiedenheit der Relationen zwischen den Beteiligten wirken Einstellung, Erwartungen, Befürchtungen u. a. Einflüsse auf das Projekt ein, die oftmals eine sachliche Basis verlassen.

Dynamik entsteht durch Veränderung des Umfelds, z. B. aus Eintrittswahrscheinlichkeiten von Risiken oder Änderungen politischer Zielsetzungen u. a. Grenzüberschreitende Abhängigkeiten gehen in die Bewertung ebenfalls mit ein.

Die bewerteten Kriterien (Anzahl, Varietät und Dynamik) gewichten sich nach:

- geringe Umwelteinflüsse, Erwartungen oder Veränderungen (1 Punkt) bis
- hohe Umwelteinflüsse, sehr hohe Erwartungen, sehr viele Veränderungen und Grenzüberschreitungen (5 Punkte)

Die zwölf Aspekte werden in einer Matrix zusammengefasst und bewertet. Aus Addition und Division ergibt sich die jeweilige Projektklasse. Nachfolgende Abbildung zeigt ein Beispiel der Bewertung eines Projektes:

---

<sup>724</sup> Anm. d. Verf.: An dieser Stelle ist der Bewertungsbogen nicht eindeutig. Unklar ist, wie sich die weitere Punkteskala nach oben hin entwickelt.

Anzahl und Unterschiedlichkeit, Änderungspotenziale je Zeile		Bewertungsmatrix (B)				Projektlassen
Bewertung	1 Pkt	2 Pkte	3 Pkte	4 Pkte	5 Pkte	6,7, ..., Pkte
<b>A1</b> Anzahl Projektziele	sehr wenige Ziele quantitative Vorgabe	wenige Ziele gut formuliert keine Priorität	mehrere Ziele unterschiedliche Art	viele Ziele Prozessziele Nutzungsziele	sehr viele Ziele schwer erfassbar mehrere Prioritäten	
<b>A2</b> Ressourcen AG Besteller + Ersteller	1 + 1 Beteiligter 1 Gremium klare Aufgaben	1 + 2 Beteiligte 2 Gremien klare Aufgaben	2 + 3 Beteiligte 2 Gremien vermischte Interaktion	2 + 4 Beteiligte 3 Gremien vermischte Interaktion	3 + 5 Beteiligte 4 und mehr Gremien stark vermischt	10 →
<b>A3</b> strategische Bedeutung	sehr gering Routineaufgabe	gering ausreichende Routine	mittlere Bedeutung einzelne Leistungsträger Einbeziehen einer Förderstelle	große Bedeutung wenige routinisierte Beteiligte mehrere Förderstellen/-regeln	sehr große Bedeutung übersteigt Routine und Erfahrung deutlich mehrere Finanzierungsebenen	3
<b>A4</b> Neuartigkeit	sehr gering	gering	einzelne neue Aspekte	neue Teilsysteme	neue Systeme und unbekanntes Zusammenwirken	2
<b>A5</b> Neubau / Umbau / in Betrieb	Neubau auf freiem Gelände	Neubau innerstädtisch	Neubau mit schwierigen Anschlüssen, Durchdringungen	Umbau, mittlere Eingriffe schwierige Anschlüsse eingeschränkter Betrieb im Bestand	Umbau, intensive Eingriffe sehr schwierige Anschlüsse bei lfd. (Weiter)Betrieb der Anlage	1
<b>A6</b> Risikoinschätzung	sehr geringes Risiko	geringes Risiko	Risiken und Reserven ausgeglichen	Risiken übersteigen Reserven	Risiken deutlich höher als Reserven	2
<b>A7</b> Projekt - Dauer	1 + 2 Jahre	2 + 3 + 4 Jahre wenig verdichtet	3 + 4 + 6 Jahre verdichtet	4 + 4 + 7 Jahre verdichtet ineinandergeschoben	4 + 5 = 8 Jahre sehr verdichtet stark ineinandergeschoben	9 →
<b>A8</b> Projekt - Kosten	0,6 - 3,5 Mio. €	3,6 - 15,0 Mio. €	15,0 - 50,0 Mio. € Kostendeckel	50,0 - 100,0 Mio. € enger Kostendeckel	100,0 - 300,0 Mio. € sehr enger Kostendeckel	300 - 500 = 6 500 - 700 = 7 750 - 1000 = 8
<b>A9</b> Anzahl Planungsfelder, Fachbereiche	2 - 4 Planerfelder untereinander bekannt klare Aufgaben	4 - 8 Planerfelder mehrere Büros klare Aufgaben	8 - 12 Planerfelder mehrere Büros vermischte Aufgaben	12 - 16 Planerfelder viele Büros / Standorte vernetztes Interaktion	16-18 Planerfelder unterschiedl. Qualitäten viele Freelancer	19 →
<b>A10</b> Anzahl ausführender Firmen und Gewerke <sup>4)</sup>	5 - 10	11 - 20	21 - 30	31 - 40	41 - 70	70 →
<b>A11</b> Verträge + Genehmigungen	übliche Verträge unkomplizierte Freigabe qualifizierte MW des AG	übliche VT-Erweiterungen festgelegte Freigaberegeln qualifizierte MW des AG	Vertragsverlängerungen kalk. aufwendige Freigaberegeln qualifizierte MW des AG sprachüberschreitend	erhebliche VT-Erweiterungen Risikoverschiebungen schwierige Entscheidungen sprachüberschreitend	eigene Vertragswelt hohe Risikoverschiebung sehr schw. Entscheidungen sprachüberschreitend	
<b>A12</b> Umfeld	geringe Umwelteinflüsse geringe Erwartungen geringe Veränderungszahl	geringe Umwelteinflussgröße mittlere Erwartungen geringe Änderungen	mittlere Umwelteinflüsse mittlere Erwartungen mittlere Änderungen grenzüberschreitend	mittlere Umwelteinflüsse hohe Erwartungen viele Änderungen grenzüberschreitend	hohe Umwelteinflüsse sehr hohe Erwartungen sehr viele Veränderungen grenzüberschreitend	
<b>40 / 12 = 3,33 = Projektklasse 3</b>						<b>← Bewertungspunkte 40</b>

<sup>4)</sup> auch bei GPrüG und die Subunternehmer / Gewerke im Einzelfall komplexitätsbewusst

Abb. 57: Bewertungsmatrix zur Einteilung von Projektlassen nach Lechner<sup>725</sup>

<sup>725</sup> Vgl. Lechner, H. (2015): "Vorschlag zur Einführung von Projektlassen" [zuletzt geprüft am: 17.02.2017]

Zur leichteren Übersicht und Erkennbarkeit erhöhter Komplexität einzelner Aspekte erfolgt eine ergänzende Darstellung mit Hilfe eines Spinnendiagramms. Siehe hierzu nachfolgende Abbildung:

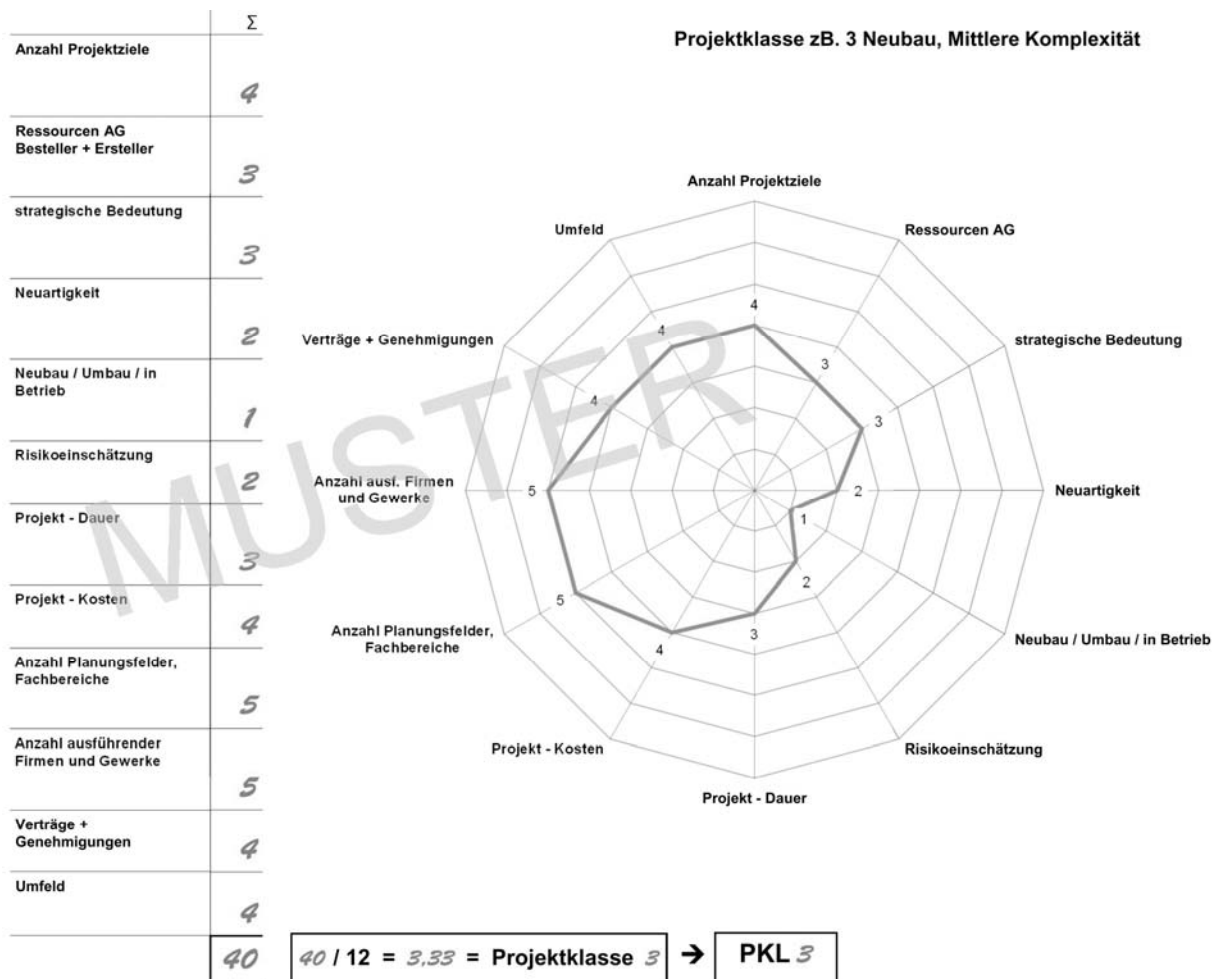


Abb. 58: Spinnendiagramm zur Beurteilung von Komplexität nach Lechner<sup>726</sup>

<sup>726</sup> Vgl. Lechner, H. (2015): "Vorschlag zur Einführung von Projektklassen" [zuletzt geprüft am: 17.02.2017]

#### 4.3.4 Aspekte der Bewertung nach BRUNNER (2016)

Im Rahmen einer Masterarbeit an der SRH Hochschule Heidelberg, Fachbereich Architektur, zum Thema „Koordinierte „Planung der Planung“ und Schnittstellenklärung bei komplexen Bauvorhaben“<sup>727 728</sup> wurden Planungsprozesse und Schnittstellenmanagement komplexer Projekte untersucht. Es wurde eine Bewertungsmatrix aus sieben Merkmalen und jeweils 1 bis 3 Punkten (gering-mittel-hoch) erstellt. Es können 21 Punkte erreicht werden. Planungsprozesse in Projekten werden von 1-7 Punkte als gering komplex, von 8-14 Punkten als mittel komplex und von 15-21 Punkten als hoch komplex bewertet.

Das Bewertungsmodell ist auf Basis der Leistungsphasen 1-5 der HOAI 2013<sup>729</sup> aufgebaut und richtet sich an Projektmanager für Hochbaumaßnahmen. Die Merkmale beschreiben Projektziele, Organisation, Neuartigkeit, Planer, Gewerke, Umfeld und anrechenbare Kosten. Inhalt und Bewertung werden nachfolgend dargestellt:

##### Projektziele:

Bewertungsansatz sind Anzahl und Verschiedenheit der unterschiedlichen Funktionsbereiche eines Objektes als Gegenstand der Planung sowie Anzahl und Verschiedenheit von Anforderungen und Wechselwirkungen zwischen Zielen, Zielhierarchien und Prioritäten.

##### Bewertung:

- bis 4 Funktionsbereiche, wenige Ziele und Vorgaben (1 Punkt)
- bis 8 Funktionsbereiche, viele Ziele und Vorgaben (2 Punkte)
- $\geq 9$  Funktionsbereiche, sehr viele Ziele, z.T. schwer erfassbar, mehrere Prioritäten (3 Punkte)

##### Projektorganisation (Auftraggeberseite)

Bewertungsansatz sind Anzahl und Verschiedenheit der Beteiligten des Auftraggebers, Gremien und Nutzer.

##### Bewertung:

- Einzelpersonen bis 2 Beteiligte, bis 1 Gremium (1 Punkt)
- bis 3 Beteiligte, bis 2 Gremien (2 Punkte)
- $> 3$  Beteiligte,  $> 2$  Gremien (3 Punkte)

##### Neuartigkeit

Bewertungsansatz sind Anzahl und Verschiedenheit neuer Aspekte und Systeme sowie die Einschätzung der Wechselwirkungen.

##### Bewertung:

- gering (1 Punkt)
- mittel (2 Punkte)

<sup>727</sup> Vgl. Brunner, C. (2016), Masterthesis

<sup>728</sup> Anm. d. Verf.: Der Verfasser ist Lehrbeauftragter an der Hochschule Heidelberg und war Betreuer und Erstprüfer dieser Masterthesis

<sup>729</sup> Vgl. BMVBS - Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung [Hrsg.] (2013)



- hoch (3 Punkte)

#### Planungsbeteiligte

Bewertungsansatz sind Anzahl und Verschiedenheit von Planungsfeldern und benötigten Fachbereichen.

##### Bewertung

- gering, klare Aufgabenverteilung, bis 8 Planungsfelder (1 Punkt)
- mittel, 8 - 12 Planungsfelder (2 Punkte)
- hoch, über 12 Planungsfelder, mehrere Planer und vermischte Aufgaben (3 Punkte)

#### Anzahl der Gewerke

Bewertungsansatz sind Anzahl und Verschiedenheit der Fachbereiche.

##### Bewertung

- gering, bis 25 Gewerke (1 Punkt)
- mittel, 25 bis 35 Gewerke (2 Punkte)
- hoch, > 35 Gewerke (3 Punkte)

#### Umfeld

Bewertungsansatz sind Anzahl und Verschiedenheit von Umwelteinflüssen (sachlich, sozial, medial), Erwartungen (Einstellung, Vorstellungen, Befürchtungen) und Veränderungen (Eintrittswahrscheinlichkeiten, politische Veränderungen, technische oder rechtliche Veränderungen).

##### Bewertung

- gering (1 Punkt)
- mittel (2 Punkte)
- hoch (3 Punkte)

#### Anrechenbare Baukosten

Bewertungsansatz sind anrechenbare Baukosten nach HOAI (2013) in einer Abstufung zwischen 25 T€ bis 100 Mio. €. Projekte über 100 Mio. € werden generell als extrem komplex eingestuft und nicht weitergehend bewertet.

##### Bewertung

- 25.000 € bis 15 Mio. € (1 Punkt)
- 15 Mio. € bis 50 Mio. € (2 Punkte)
- 50 Mio. € bis 100 Mio. € (3 Punkte)

Nachfolgende Abbildung zeigt ein Beispiel der Bewertung von Planungskomplexität nach BRUNNER:

Bewertungskriterium		Bewertung	Punkte
Projektziele	8 Funktionsbereiche viele Ziele und Vorgaben	mittel	2
Projektorganisation	2 Gremien (Bauausschuß, Gemeinderat) 2 Beteiligte (Projektleitung, stellv. Projektleitung)	mittel	2
Neuartigkeit	einzelne neue Aspekte	mittel	2
Planungsbeteiligte	Objektplaner, HLS, ELT, Freianlagen, Tragwerksplaner, Feuerwehrtechnik, Brandschutz, Bodengutachter, Küchentechnik	hoch	3
Beteiligte Gewerke	ca. 34 Stk.	mittel	2
Umfeld		gering	1
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Umwelteinflüsse (sachlich, sozial, medial)</li> <li>• Erwartungen (Einstellung, Erwartungen, Befürchtungen)</li> <li>• Veränderungen (Eintrittswahrscheinlichkeit von Varianten, politische Veränderungen, technische, rechtliche Veränderungen)</li> </ul>	<p>Nicht heterogene Bodenbeschaffenheit</p> <p>Keine</p> <p>Sehr gering</p>		
Anrechenbare Baukosten	50 Mio. €	mittel	2
<b>Gesamtpunkte</b>			<b>14</b>

Tab. 14: Beispiel Einstufung der Planungskomplexität eines Projektes nach Brunner<sup>730</sup>

<sup>730</sup> Vgl. Brunner, C. (2016), Masterthesis, S. 65

#### 4.3.5 Aspekte der Bewertung nach KIRST (2016)

Im Rahmen einer Diplomarbeit an der TU Kaiserslautern, Fachbereich Bauingenieurwesen, zum Thema „Analyse von Auswirkungen der Komplexität auf das Projektmanagement von Bauvorhaben“<sup>731 732</sup> wurde der Versuch unternommen, Aspekte des Bauprojektmanagements unter Verwendung der Merkmale von Komplexität zu analysieren und diese zu bewerten. Das Bewertungsmodell richtet sich an Projektmanager für Hochbaumaßnahmen.

Die zehn verwendeten Aspekte sind angelehnt an das Modell der IPMA und beschreiben Projektziele, Projektumwelt, Projektgegenstand, Projektorganisation, Projektstruktur, Ressourcen, Neuartigkeit, Verträge/Genehmigungen, Risiko/Chancen und PM-Methoden/Techniken. Zur Bestimmung der Komplexität wurden die unter Kapitel 3.3 beschriebenen zwölf Merkmale nach BANDTE<sup>733</sup>: Dynamik, Vielzahl/Varietät, Pfadabhängigkeit, Rückkopplungen, Nichtlinearität, Offenheit, Begrenzte Rationalität, Selbstorganisation, Selbstreferenz, Emergenz, Autopoiese und Überlebenssicherung verwendet.

Die Bewertungsmatrix bewertet nach den zwölf Merkmalen der Komplexität von 1 bis 10 Punkten (1-2 Punkte = einfach, 3-4 Punkte = wenig komplex, 5-6 Punkte = komplex, 7-8 Punkte = hoch komplex und 9-10 Punkte = extrem komplex). Somit ergeben sich fünf Komplexitätsstufen = Grad der Komplexität. Jeder der zehn Projektaspekte wird den zwölf Komplexitätsmerkmalen gegenübergestellt. Die Bewertung jedes Aspektes ergibt somit eine Punktzahl von  $10 \times 12 = 120$  Punkten. Unter Anwendung aller zehn Aspekte wird gleichermaßen verfahren. Abschließend wird die errechnete Summe durch die zehn dividiert, sodass sich ein Grad der Komplexität zwischen 1 bis 10 errechnet.

Nach Bewertung aller Aspekte wird der Grad der Komplexität nach folgender Matrix ermittelt:

Bewertungsaspekte	Erreichte Punktzahl	Gesamtpunktzahl = Erreichte Punktzahl/12
1. Projektziele	67	5,6
2. Projektumwelt	76	6,3
3. Projektgegenstand	71	5,9
4. Projektorganisation	79	6,6
5. Projektstruktur	85	7,1
6. Ressourcen	68	5,7
7. Neuartigkeit	73	6,1
8. Verträge und Genehmigungen	75	6,3
9. Risiko und Chancen	78	6,5
10. PM-Methoden und Techniken	72	6,0
Punktzahl	744	62,0
Erreichter Grad der Komplexität	Der Grad der Komplexität des Projektes errechnet sich durch: Gesamtsumme der Aspekte/10	<b>6,2</b>

Tab. 15: Erreichter Grad der Komplexität nach KIRST (e. D.)<sup>734</sup>

Die Bewertungsskalen der zehn Projektaspekte werden exemplarisch am Beispiel der Projektziele dargestellt:

<sup>731</sup> Vgl. KIRST, D. (2016), Diplomarbeit

<sup>732</sup> Anm. d. Verf.: Der Verfasser war Betreuer dieser Diplomarbeit an der TU Kaiserslautern

<sup>733</sup> Vgl. BANDTE, H. (2007)

<sup>734</sup> Vgl. KIRST, D. (2016), Diplomarbeit, S. 80

Matrix zur Bewertung von Komplexität in Bauprojekten												
Bewertungsaspekte	Punkteskala											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Z	
	einfach	wenig komplex	Komplex	hoch komplex	extrem komplex							Gesamt
<b>1. Dynamik</b> (Veränderung zwischen zwei Zuständen eines betrachteten Elements)	Einfache Dynamik bei den Zielen	Wenig Dynamik der Ziele	Dynamik der Ziele, durch Gegenmaßnahmen aber handelbar	hohe Dynamik der Ziele, trotz Gegenmaßnahmen schwer handelbar								
<b>2. Vielzahl und Varietät</b> (Anzahl der Elemente und der unterscheidbaren Elemente eines Systems)	Einfache Ziele mit gleichem Ergebnis	Wenige Ziele mit kleinen Abweichungen im Ergebnis	Mehrere Ziele mit abweichenden, noch überschaubaren Ergebnissen	Mehrere Ziele mit abweichenden, schwer überschaubaren Ergebnissen								
<b>3. Prädiktabilität</b> (Vergangenheitsbezug)	Völlig neue Ziele	Wenig bekannte Ziele aus vergangenen Projekten	Wenige bekannte Ziele aus vergangenen Projekten	Zum Teil bekannte Ziele aus vergangenen Projekten								
<b>4. Rückkopplungen</b> (Verbindung der Elemente mit Feedback-Mechanismus)	Miteinander verbundene Ziele und Feedback innerhalb dieser	Großteil der Ziele miteinander verbunden, viel Feedback innerhalb dieser	Teilweise Ziele miteinander verbunden, teilweise Feedback innerhalb dieser	Wenig Ziele miteinander verbunden, vereinzelt Feedback innerhalb dieser								
<b>5. Nichtlinearität</b> (Keine aufeinander aufbauende Elementbeziehungen)	Aufeinander aufbauende Ziele	Ziele zum Großteil aufeinander aufbauend	Vereinzelt aufeinander aufbauende Ziele	Kaum aufeinander aufbauende Ziele								
<b>6. Offenheit</b> (Abgrenzung der Systeme)	Eindeutig abgegrenzte Ziele	Vereinzelt nicht erkennbar abgegrenzte Ziele	Teilweise keine Grenze bei Zielen erkennbar	Teilweise keine Grenze bei Zielen erkennbar								
<b>7. Begrenzte Rationalität</b> (Begrenzte Informationsaufnahme)	Große Informationsaufnahme der Projektziele	größtenteils Informationsaufnahme der Projektziele	Teilweise Informationsaufnahme der Projektziele mit erreichte Informationskapazitätsgrenzen	Geringe Informationsaufnahme der Projektziele durch erreichte Informationskapazitätsgrenzen								
<b>8. Selbstorganisation</b>	Einfache Selbstorganisation	Wenig Selbstorganisation	Teilweise Selbstorganisation	hohe Selbstorganisation								
<b>9. Selbstreferenz</b>	Keinerlei Änderungen von Ausgangsgrößen	Wenig Änderungen der Ausgangsgrößen	Teilweise Änderungen der Ausgangsgrößen	Hohe Änderungsrate der Ausgangsgrößen								
<b>10. Emergenz</b>	Keine neuen Teilziele	Wenig Teilziele	Teilweise neue Teilziele	hohe Anzahl neuer Teilziele								
<b>11. Autopoiesie</b>	Keinerlei Steuerungswiderstand	Leichter Steuerungswiderstand	Teilweise Steuerungswiderstand	hoher Steuerungswiderstand								
<b>12. Überlebenssicherung</b>	Extrem viel Erfolgspotential	hohes Erfolgspotential	Erfolgspotential	Wenig Erfolgspotential								
<b>1 (Was soll erreicht werden ?)</b>											-> Σ/12	

Tab. 16: Bewertungsmatrix Ziele nach Kirst (e. D.)<sup>735</sup>

<sup>735</sup> Vgl. Kirst, D. (2016), Diplomarbeit, S. 68

#### 4.3.6 Folgerungen und Zwischenfazit

Zusammenfassend werden die untersuchten Modelle mit ihren Hauptmerkmalen nochmals verglichen. Es erfolgt eine Betrachtung nach dem Anwendungsbereich, den berücksichtigten Aspekten, der Gewichtung, der Projekteinstufung und der verwendeten systemischen Ansätze bzw. Merkmale von Komplexität. Es ergibt sich folgende Analyse:

##### A. Bewertungsmodell nach PATZAK

Anwendungsbereich:

- Allgemein für Projekte nach DIN 69901

Aspekte:

1. Projektziele
2. Projektgegenstand
3. Projektaufgabe
4. Projektausführende
5. Projektumfeld

Gewichtung:

- 1 bis 5 (sehr wenig-wenig-mehrere-viele-sehr viele)

Projekteinstufung:

- bis 15 Punkte      gering komplex
- 16-30 Punkte      wenig komplex
- 31-45 Punkte      ziemlich komplex
- 46-60 Punkte      hoch komplex
- 61-75 Punkte      extrem komplex

Berücksichtigung von systemischen Ansätzen:

- Zielsystem
- Objektsystem
- Handlungssystem
- Handlungsträgersystem
- Umsystem

Berücksichtigung von Merkmalen der Komplexität hinsichtlich:

- Vielzahl und Varietät
- Dynamik
- Rückkopplungen
- Nichtlinearität
- Offenheit
- Begrenzter Rationalität
- Selbstorganisation

## B. Bewertungsmodell nach IPMA

Anwendungsbereich:

- Allgemein für Projekte nach DIN 69901

Aspekte:

1. Ziele
2. Umwelt
3. Kultur
4. Innovation
5. Projektstruktur
6. Projektorganisation
7. Führung
8. Ressourcen
9. Risiko und Chancen
10. PM-Methodik

Gewichtung:

- 1 bis 4 Punkte (gering-niedrig-hoch, sehr hoch)

Projekteinstufung:

- bis 10 Punkte      sehr geringe Komplexität
- 11-20 Punkte      geringe Komplexität
- 21-30 Punkte      hohe Komplexität
- 31-40 Punkte      sehr hohe Komplexität

Berücksichtigung von systemischen Ansätzen:

- keine

Berücksichtigung von Merkmalen der Komplexität hinsichtlich:

- Vielzahl und Varietät
- Dynamik
- Offenheit
- Begrenzter Rationalität

### C. Bewertungsmodell nach LECHNER

Anwendungsbereich:

- Bauprojekte, alle Projektstufen nach AHO (2014)

Aspekte:

1. Anzahl der Projektziele
2. Ressourcen AG Besteller + Ersteller
3. strategische Bedeutung für den Auftraggeber
4. Neuartigkeit
5. Neubau / Umbau / in Betrieb
6. Risikoeinschätzung
7. Projekt - Dauer
8. Projekt - Kosten
9. Anzahl Planungsfelder, Fachbereiche
10. Anzahl ausführender Firmen + Gewerke
11. Verträge – Genehmigungen / Freigaben
12. Umfeld

Gewichtung:

- 1 bis 5 und mehr (sehr wenig-wenig-mehrere-viele-sehr viele)

Projekteinstufung:

- bis 10 Punkte      Projektklasse 1, gering komplex
- 11-20 Punkte      Projektklasse 2, wenig komplex
- 21-30 Punkte      Projektklasse 3, ziemlich komplex
- 31-40 Punkte      Projektklasse 4, hoch komplex
- 41-50 Punkte      Projektklasse 5, extrem komplex
- mehr als 50      keine weitere Klasse angegeben

Berücksichtigung von systemischen Ansätzen:

- keine

Berücksichtigung von Merkmalen der Komplexität hinsichtlich:

- Vielzahl und Varietät
- Dynamik
- Offenheit
- Begrenzter Rationalität

#### D. Bewertungsmodell nach BRUNNER

Anwendungsbereich:

- Bauprojekte, Schwerpunkt Planungsprozesse, alle Projektstufen nach AHO (2014)

Aspekte:

1. Projektziele
2. Projektorganisation (Auftraggeberseite)
3. Neuartigkeit
4. Planungsbeteiligte
5. Anzahl der Gewerke
6. Umfeld
7. Anrechenbare Baukosten

Gewichtung:

- 1 bis 3 (gering-mittel-hoch)

Projekteinstufung:

- bis 7 Punkte      gering komplex
- 8-14 Punkte      mittel komplex
- 15-21 Punkte      hoch komplex

Berücksichtigung von systemischen Ansätzen:

- keine

Berücksichtigung von Merkmalen der Komplexität hinsichtlich:

- Vielzahl und Varietät
- Dynamik
- Offenheit
- Begrenzter Rationalität

#### E. Bewertungsmodell nach KIRST

Anwendungsbereich:

- Bauprojekte, alle Projektstufen nach AHO (2014)

Aspekte:

1. Projektziele
2. Projektumwelt
3. Projektgegenstand
4. Projektorganisation
5. Projektstruktur
6. Ressourcen
7. Neuartigkeit
8. Verträge und Genehmigungen



9. Risiko und Chancen

10. PM-Methoden und Techniken

Projekteinstufung:

- 1-2 einfach
- 3-4 wenig
- 5-6 komplex
- 7-8 hoch
- 9-10 extrem

Berücksichtigung von systemischen Ansätzen:

- Ja, bezogen auf allgemeine Systemtheorie

Berücksichtigung von Merkmalen der Komplexität hinsichtlich:

- Überlebenssicherung
- Dynamik
- Vielzahl und Varietät
- Pfadabhängigkeit
- Rückkopplung
- Nichtlinearität
- Offenheit
- Begrenzter Rationalität
- Selbstorganisation
- Selbstreferenz
- Emergenz

Die untersuchten Bewertungsmodelle unterscheiden sich hinsichtlich der analysierten Parameter. Gemein sind allen eine relative Bewertung der betrachteten Aspekte und eine Einstufung hinsichtlich der Komplexität von Projekten.

Die Modelle IPMA, LECHNER und BRUNNER verwenden keine Unterteilung der Merkmale hinsichtlich einer systemischen Betrachtung. Lediglich das Modell PATZAK geht auf die fünf Systemaspekte (Ziel-, Objekt-, Handlungs-, Handlungsträger- und Umsystem) ein. Dieses Modell betrachtet sieben von 12 Merkmalen von Komplexität, wogegen sich die drei vorgenannten lediglich auf vier Merkmale beziehen. Das Modell KIRST verwendet zwar alle 12 Merkmale der Komplexität, ohne jedoch detailliert auf die Besonderheiten von Bauprojekten einzugehen. Keines der Modelle berücksichtigt somit alle Parameter von Komplexität unter systemischer Betrachtung von Bauprojekten, liefert jedoch Ansatzmöglichkeiten für eine konzentrierte Betrachtung. Die Zusammenfassung der Modellvergleiche ist in Tabelle 17 zusammengefasst.

Im nächsten Schritt erfolgt die Entwicklung eines Modells zur Einordnung der Komplexitätsmerkmale von Bauvorhaben unter Berücksichtigung einer systemischen Betrachtung. Auf dieser Basis soll ein Bewertungsschema gebildet werden, das zielorientiert auf die Komplexität von Bauprojekten eingeht.

Name	Anwendungsbereich	Aspekte	Gewichtung	Projekteinstuflung	Systemansatz	Komplexitätsmerkmale
<b>IPMA</b>	Allgemein für Projekte nach DIN 69901	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ziele</li> <li>2. Umwelt</li> <li>3. Kultur</li> <li>4. Innovation</li> <li>5. Projektstruktur</li> <li>6. Projektorganisation</li> <li>7. Führung</li> <li>8. Ressourcen</li> <li>9. Risiko und Chancen</li> <li>10. PM Methodik</li> </ol>	<p>1 bis 4 Punkte (gering-niedrig-hoch, sehr hoch)</p>	<p>bis 10 Punkte sehr geringe Komplexität 11-20 Punkte geringe Komplexität 21-30 Punkte hohe Komplexität 31-40 Punkte sehr hohe Komplexität</p>	nein	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vielzahl und Varietät</li> <li>• Dynamik</li> <li>• Offenheit</li> <li>• Begrenzte Rationalität</li> </ul>
<b>PATZAK</b>	Allgemein für Projekte nach DIN 69901	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Projektziele</li> <li>2. Projektgegenstand</li> <li>3. Projektaufgabe</li> <li>4. Projektaustführende</li> <li>5. Projektumfeld</li> </ol>	<p>1 bis 5 (sehr wenig-wenig- mehrere-viele-sehr viele)</p>	<p>bis 15 Punkte gering komplex 16-30 Punkte wenig komplex 31-45 Punkte ziemlich komplex 46-60 Punkte hoch komplex 61-75 Punkte extrem komplex</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zielsystem</li> <li>• Objektsystem</li> <li>• Handlungssystem</li> <li>• Handlungsträgersystem</li> <li>• Umsystem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vielzahl und Varietät</li> <li>• Dynamik</li> <li>• Rückkopplungen</li> <li>• Nichtlinearität</li> <li>• Offenheit</li> <li>• Begrenzte Rationalität</li> <li>• Selbstorganisation</li> </ul>
<b>LEHNER</b>	Bauprojekte, alle Projektstufen nach AHO (2014)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Anzahl der Projektziele</li> <li>2. Ressourcen AG Besteller + Ersteller</li> <li>3. strategische Bedeutung für den Auftraggeber</li> <li>4. Neuartigkeit</li> <li>5. Neubau / Umbau / in Betrieb</li> <li>6. Risikoerschätzung</li> <li>7. Projekt - Dauer</li> <li>8. Projekt - Kosten</li> <li>9. Anzahl Planungsfelder, Fachbereiche</li> <li>10. Anzahl ausführender Firmen + Gewerke</li> <li>11. Verträge – Genehmigungen / Freigaben</li> <li>12. Umfeld</li> </ol>	<p>1 bis 5 und mehr (sehr wenig-wenig- mehrere-viele-sehr viele)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• bis 10 Punkte Projektklasse 1, gering komplex</li> <li>• 11-20 Punkte Projektklasse 2, wenig komplex</li> <li>• 21-30 Punkte Projektklasse 3, ziemlich komplex</li> <li>• 31-40 Punkte Projektklasse 4, hoch komplex</li> <li>• 41-50 Punkte Projektklasse 5, extrem komplex</li> <li>• mehr als 50 keine weitere Klasse angegeben</li> </ul>	nein	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vielzahl und Varietät</li> <li>• Dynamik</li> <li>• Offenheit</li> <li>• Begrenzter Rationalität</li> </ul>
<b>BRUNNER</b>	Bauprojekte, Schwerpunkt Planungsprozesse, alle Projektstufen nach AHO (2014)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Projektziele</li> <li>2. Projektorganisation (Auftraggeberseite)</li> <li>3. Neuartigkeit</li> <li>4. Planungsbeteiligte</li> <li>5. Anzahl der Gewerke</li> <li>6. Umfeld</li> <li>7. Anrechenbare Baukosten</li> </ol>	<p>1 bis 3 (gering-mittel-hoch)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• bis 7 Punkte gering komplex</li> <li>• 8-14 Punkte mittel komplex</li> <li>• 15-21 Punkte hoch komplex</li> </ul>	nein	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vielzahl und Varietät</li> <li>• Dynamik</li> <li>• Offenheit</li> <li>• Begrenzter Rationalität</li> </ul>
<b>KIRST</b>	Bauprojekte, alle Projektstufen nach AHO (2014)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Projektziele</li> <li>2. Projektumwelt</li> <li>3. Projektgegenstand</li> <li>4. Projektorganisation</li> <li>5. Projektstruktur</li> <li>6. Ressourcen</li> <li>7. Neuartigkeit</li> <li>8. Verträge und Genehmigungen</li> <li>9. Risiko und Chancen</li> <li>10. PM-Methoden und Techniken</li> </ol>	<p>1 bis 10 (einfach-wenig komplex- komplex-hoch komplex- extrem komplex)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1-2 einfach</li> <li>• 3-4 wenig</li> <li>• 5-6 komplex</li> <li>• 7-8 hoch</li> <li>• 9-10 extrem</li> </ul>	<p>Ja, bezogen auf allgemeine Systemtheorie</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Überlebenssicherung</li> <li>• Dynamik</li> <li>• Vielzahl und Varietät</li> <li>• Pfadabhängigkeit</li> <li>• Rückkopplung</li> <li>• Nichtlinearität</li> <li>• Offenheit</li> <li>• Begrenzter Rationalität</li> <li>• Selbstorganisation</li> <li>• Selbstreferenz</li> <li>• Emergenz</li> </ul>

Tab. 17: Vergleich der untersuchten Bewertungsmodelle

## 5 Modellbildung und Bewertungsschema

### 5.1 Merkmale der Komplexität in Bauvorhaben

Ausgehend von den in Kapitel 3.3 beschriebenen charakterisierenden zwölf Eigenschaften komplexer adaptiver Systeme wird der Versuch einer Anpassung an den systemischen Aufbau und Ablauf von Bauvorhaben unternommen.

Bauvorhaben haben Ziele, Produkte, Aufgaben und Handelnde, die zeitlich befristet zusammenwirken und sich mit einem Umfeld auseinandersetzen müssen. Die Verknüpfungen untereinander sind in der Regel durch vertragliche Vereinbarungen geregelt. Die Auswahl der Beteiligten erfolgt bei öffentlichen Auftraggebern durch einen offenen Wettbewerb, der durch restriktive Vorgaben zu einem wirtschaftlichen Auftrag führen soll, jedoch verhaltensbedingte Merkmale komplexer Systeme oftmals ausblendet. Lediglich Investoren, die nicht an die öffentliche Vergabep Praxis gebunden sind, haben die Möglichkeit, die Auswahl nach eigenen Kriterien durchzuführen.

Entscheidend für eine erfolgreiche Projektabwicklung ist, wie die Elemente und Teilsysteme zueinander stehen, und obwohl sie unterschiedliche Charakteristika bzw. Zustände aufweisen können, ein gemeinsames Verhalten erzeugt und eine Identität zum Umfeld herausbilden werden kann. Hierzu sind neben Struktur und Veränderungen in einem komplexen System auch die Wahrnehmungen und das Verhalten der Beteiligten sowie die Umwelt eines Projektes maßgebend.

Das „System“ Bauprojekt wird im Wesentlichen durch folgende fünf Merkmale beeinflusst, in denen sich die Komplexität ausdrückt (vgl. Kap. 4):

1. Strukturen
2. Veränderungen
3. Wahrnehmung
4. Verhalten
5. Umwelt

Zur Beurteilung eines Bauvorhabens nach systemischen Gesichtspunkten werden die zwölf Charakteristiken komplexer Systeme: Vielzahl und Varietät, Dynamik, Überlebenssicherung, Pfadabhängigkeit, Rückkopplungen, Nichtlinearität, Offenheit, Begrenzte Rationalität, Selbstorganisation, Selbstreferenz, Emergenz und Autopoiese aufgegriffen und hinsichtlich der Anwendungsfähigkeit in Bauvorhaben hin untersucht (vgl. Kap. 3.3).

Die nachfolgenden Betrachtungen werden dem Modell zugrunde gelegt. Die Übertragung erfolgt unter dem Bewusstsein, dass die getroffene Auswahl den Stand der Forschung darstellt, ohne jedoch einen Anspruch auf Vollständigkeit oder Unveränderlichkeit erheben zu können.

### 5.1.1 Strukturen

Dem Merkmal Strukturen (vgl. Kap. 3.1.1 und 4.1.2) wird die Eigenschaft

- Vielzahl und Varietät (vgl. Kap. 3.3.2)

zugeordnet. Die Zuordnung wird nachfolgend begründet:

#### Vielzahl und Varietät

Komplexität wird als Fähigkeit eines Systems verstanden, das innerhalb eines Zeitverlaufs eine große Zahl von unterschiedlichen Zuständen annehmen kann. Vielzahl beschreibt Art und Anzahl von Elementen und Verknüpfungen eines Systems. Sie dient zur Ermittlung der Varietät. Varietät bezeichnet die Entität eines Systems an Wirk-, Handlungs- und Kommunikationsmöglichkeiten. Varietät dient zur Messung von Komplexität eines Systems (vgl. Kapitel 3.3.2). Eine wesentliche Eigenschaft komplexer Systeme ist die Vielzahl und Vielfalt (Varietät) der Elemente (z. B. Objekte oder Menschen) und deren Verknüpfungen. Die Anzahl der Elemente ist eine messbare Größe.

Diese Systemeigenschaft hat für Bauvorhaben eine sehr hohe Bedeutung, da von einer hohen Vielfältigkeit und Varietät an Elementen und Relationen auszugehen ist. Strukturelle Abhängigkeiten sind mess- und beeinflussbar.

Zusammenfassend ergeben sich für Strukturen folgende mögliche Parameter und Messgrößen (z. B.):

Parameter der Eigenschaft der Vielzahl und Varietät in großen Bauvorhaben können hier sowohl die Elemente des Objektes (z. B. Strukturen des Baukörpers u. a.) oder die Elemente des Projektes (z. B. beteiligte Planungs- und Bauorganisationen) sein.

Messgröße von Vielzahl und Varietät in Bauvorhaben können der Grad aus Anzahl der Elemente (z. B. Planungsbeteiligte, Organisationen, Gewerke, Bauteile u. a.) und Grad der Variabilität der möglichen Zustände (z. B. Schnittstellen, interdisziplinäre Arbeitsabläufe, u. a.) sein.

Die Komplexität durch die Strukturen eines Systems steigt:

- wenn bei einer Vielzahl von Elementen die Verknüpfungen nicht mehr nachvollziehbar sind.
- bei einer Steigerung der möglichen Vielfalt (Varietät) der Elemente, die durch die Erhöhung der Vielzahl begünstigt wird.
- bei Steigerung der Varietät von Relationen.

Charakteristik:

- Je höher die Vielzahl und Varietät eines Bauvorhabens, desto höher die Komplexität (steigend = steigend).

### 5.1.2 Veränderungen

Dem Merkmal Veränderungen (vgl. Kap. 3.1.4 und 4.1.2) wird die Eigenschaft

- Dynamik (vgl. Kap. 3.3.3)

zugeordnet. Die Zuordnung wird nachfolgend begründet:

#### Dynamik

Dynamik beschreibt die Veränderlichkeit eines Systems in Abhängigkeit des zeitlichen Verlaufs. Sie lässt sich durch vier abstrakte Kennzeichen spezifizieren:

- Beweglichkeit
- Andersartigkeit
- Regelmäßigkeit und
- Aktivitätsniveau.

Dabei können vier Zustandsformen zur Differenzierung vorkommen:

- stabil
- periodisch
- Rand des Chaos und
- chaotisch.

Dynamik führt zu einer zunehmenden Änderungsgeschwindigkeit des Systems und treibt die Entwicklung von Komplexität an. Dynamische Systeme bewegen sich langfristig in bestimmte Systemzustände. Maßgebend für die Veränderung sind Attraktoren. Die Auswirkungen dynamischer Systeme sind oftmals nicht sofort ersichtlich, da sie im Zusammenhang mit einer Verzögerung im zeitlichen Verlauf stehen. Sie sind durch ihre Multikausalität nicht vollständig beschreibbar (vgl. Kapitel 3.3.3).

Die Systemeigenschaft Dynamik hat für Bauvorhaben eine sehr hohe Bedeutung, da von einer hohen Dynamik auszugehen ist. Dynamische Abhängigkeiten wie Veränderungswahrscheinlichkeiten sind bedingt beeinflussbar.

Parameter in Bauvorhaben können z. B. unerwartete Entwicklungen sein, die Dynamik auslösen. Die soziale Struktur der Beteiligten trägt zu einer hohen Eigendynamik bei. Der Faktor Zeit, der den Auslöser von der Bewegung zur Dynamik darstellt, ist ebenso bedeutend. Bauvorhaben sind in der Regel mehr- bis langjährige Prozesse von erheblichen zeitlichen Abhängigkeiten.

Messgrößen für Dynamik und Veränderung sind nicht eindeutig zu benennen. Beispielsweise können dies der Grad der Wahrscheinlichkeit von Veränderungen, der Grad möglicher Eigendynamik aus der sozialen Struktur der Beteiligten, die Dichte der Arbeitsvorgänge oder die Dauer von Prozessabläufen sein. Bezogen auf Bauvorhaben bedeutet Dynamik: Je höher die Dynamik in einem Bauprojekt, desto komplexer erscheint ein System.

Zusammenfassend ergeben sich für Veränderungen z. B. folgende mögliche Parameter und Messgrößen:

- Wahrscheinlichkeit von Veränderungen (Höhe, Grad)
- soziale Struktur der Beteiligten - Eigendynamik (Grad)
- Dichte der Arbeitsvorgänge (Höhe, Grad)
- Dauer von Prozessverläufen, u. a. (Höhe, Grad)

Die Komplexität durch Veränderungen eines Systems steigt:

- wenn in einer bestimmten Zeit eine hohe Zahl von Veränderungen auftreten
- wenn bei unausgewogener Regelungsdichte, Unordnung, Anpassung und Formierung von neuen Ordnungen bzw. Regeln entstehen
- wenn die Dichte der Aufgabenerledigung in einer bestimmten Zeit zunimmt und zum schnellen Veralten der Entscheidungen und der Erfordernis einer stetigen Anpassung führt
- wenn durch Steigerung von externen oder internen Attraktoren neue komplexe Strukturen durch Wechselwirkung mit der Umwelt entstehen

Charakteristik:

- Je höher die Dynamik eines Bauvorhabens (Vielzahl, Art und Schnelligkeit der Veränderungen), desto höher die Komplexität (steigend = steigend)

### 5.1.3 Wahrnehmung

Dem Merkmal Wahrnehmung (vgl. Kap. 3.2) werden die Eigenschaften

- Pfadabhängigkeit (vgl. Kap. 3.3.5)
- Nichtlinearität (vgl. Kap. 3.3.7)
- Begrenzte Rationalität (vgl. Kap. 3.3.9)

zugeordnet. Die Zuordnung wird nachfolgend begründet:

#### Pfadabhängigkeit

Pfadabhängigkeit beschreibt die Fähigkeit eines Systems, Erfahrungen zu speichern und ihre künftigen Handlungen darauf abzuleiten. Ein komplexes System speichert seine historischen Erfahrungen. Ein komplexes System nutzt seine gemachten Erfahrungen und verwendet diese für künftige Entscheidungen und Aktivitäten. Einem externen Betrachter ist es nicht möglich, das Verhalten komplexer Systeme zu erkennen, da diese den historischen Kontext nicht überblicken (vgl. Kap. 3.3.5). Die Wahrnehmungsfähigkeit ist eine Grundlage der Pfadabhängigkeit.

Bauvorhaben sind als komplexe Systeme in der Lage, ein Erinnerungsvermögen aufzubauen, welches sie für ihr zukünftiges Verhalten zugrunde legen. Zwischen den Akteuren bestehen mehr oder weniger vorhandene Pfadabhängigkeiten, je nachdem, wie intensiv die Beziehungen zwischen diesen in aktuellen oder vergangenen Projekten vorhanden waren. Haben die Beteiligten positive (oder negative) Erfahrungen miteinander gemacht, so wirkt sich dies auf das zukünftige Verhalten aus. Gemachte Erfahrungen bieten Anhaltspunkte für zukünftiges Verhalten und lassen mögliche Reaktionsmuster erkennen.<sup>736</sup> Aus dieser Abhängigkeit bilden sich informelle kollektive Regeln heraus, die sich als mögliche Entscheidungsbasis für die Abwicklung der Aufgaben darstellt. Dieses Verhalten erfolgt oftmals unbewusst, auf Basis gemachter Erfahrungen (informelles System).<sup>737</sup>

Neben den prozessorientierten Verhaltensmustern tritt Pfadabhängigkeit im Produktionsbereich durch Erfahrungen bereits realisierter Objekte mit bekannten Techniken und geringem Innovationscharakter auf. Neuartige Projekte lassen einen historischen Kontext nicht überblicken und führen zu einer gerin-

---

<sup>736</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 100

<sup>737</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 103–104

gen Pfadabhängigkeit. Pfadabhängigkeit bildet somit die Basis einer Lernfähigkeit, die auf die Vergangenheit zurückgreift, um zukünftige Entscheidungen treffen zu können.<sup>738</sup>

Parameter für Pfadabhängigkeit können z. B. die Neuartigkeit von Verfahren und Produkten oder die Dauer der Zusammenarbeit der Beteiligten bzw. die gemachten Erfahrungen vergangener Projekte mit den gleichen Beteiligten oder gleichen Objekten sein.

Messgrößen für die Pfadabhängigkeit sind nicht eindeutig zu benennen, da sie individuell zu bewerten sind. Beispielsweise kann ein Grad an Innovation, die Dauer der Zusammenarbeit, die Anzahl gemeinsam realisierter Projekte u. a. zugrunde gelegt werden.

Die Eigenschaft Pfadabhängigkeit wird daher für die Modellbildung dem Systemmerkmal WAHRNEHMUNG zugeordnet.

Die Komplexität eines Systems steigt:

- wenn keine historischen Erkenntnisse über die Fähigkeiten und das Verhalten der Beteiligten vorliegen
- wenn keine historischen Erkenntnisse über die Art, Umfang und erforderlichen Technologien des Bauwerks den Beteiligten vorliegen

Charakteristik:

- Je höher die Pfadabhängigkeit eines Bauvorhabens (viel Erfahrung, geringe Neuartigkeit), desto geringer die Komplexität (steigend = sinkend)

Nichtlinearität

Systeme verhalten sich nichtlinear, wenn ihr Verhalten nicht mehr durch Ursache-Wirkung-Beziehung vorhersagbar ist und der Output nicht aus dem Input abgeleitet werden kann und Output nicht proportional zum Input ist. Nichtlinearität schafft Unsicherheit. Es sind immer wieder neue Lösungen zu suchen, die das Wissen, die Kreativität und die Neugier der Beteiligten herausfordern. Es erfordert Denken in Kausalnetzen, die auf das gesamte System gerichtet sein müssen.

Durch eine hohe Vernetzung in großen Bauvorhaben laufen mehrere Prozesse parallel, unabhängig und gleichzeitig ab. Bereits kleine Veränderungen in Teilbereichen können zu wesentlichen Änderungen im Gesamtsystem führen. Die Wahrnehmungsfähigkeit ist stark eingeschränkt. Ein Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung ist oftmals nicht erkennbar. Auf gleiche Ausgangssituationen können völlig verschiedene Ergebnisse resultieren. Getroffene Entscheidungen sind nicht mehr eindeutig zuordbar und deren Wirkungen nicht vorhersehbar. Es muss zwischen formalem (regelkonformem) und informalem (verhaltensbedingtem) System unterschieden werden. Nicht alle Beziehungen zwischen den Beteiligten laufen im Einklang mit Vorgaben, Regeln und Zielen ab. Es fließen psychosoziale Aspekte wie Emotionen, Vertrauen, Freundschaft usw. in das Verhalten des Systems ein. Die Koexistenz von formalen und informalen Systemen führt somit zur Nichtlinearität des Gesamtsystems.

Messgrößen für die Rückkopplung sind nicht eindeutig zu benennen, da sie individuell zu bewerten sind. Unregelmäßige Veränderungen in Bauvorhaben bewirken nichtlineare Reaktionen aus endogenen (z. B. Bauherrenwünsche) oder exogenen Ursachen (z. B. Schadstoffe). Kleine Ursachen auf der Mik-

---

<sup>738</sup> Vgl. Kirst, D. (2016), Diplomarbeit, S. 11

ro-Ebene können große Wirkungen auf der Makro-Ebene verursachen. Actio und Reactio finden hier auf der Wahrnehmungsebene statt.

Parameter können z. B. Erfahrung der Führungsbeteiligten im Umgang mit komplexen Projekten sein. Eine Sensibilität für nichtlineare Prozesse und systemisches Management kann sich positiv auswirken. Der Einsatz eines systemischen Managementsystems kann zu einer Steigerung der Steuerungsfähigkeit führen und sich positiv auf den Umgang mit Komplexität auswirken.

Die Eigenschaft Nichtlinearität wird für die Modellbildung dem Systemmerkmal WAHRNEHMUNG zugeordnet.

Die Komplexität eines Systems steigt:

- durch eine hohe Nichtlinearität der Prozesse
- durch begrenzte Wahrnehmungsfähigkeit der Vorgänge
- wenn kein geeignetes Steuerungsinstrument (z. B. systemische Managementmethoden) eingesetzt wird

Charakteristik:

- Je höher die Nichtlinearität, desto höher die Komplexität (steigend = steigend)

### Begrenzte Rationalität

Durch das Zusammenwirken von Elementen entsteht die Komplexität eines Systems. Aus den einzelnen Bestandteilen lässt sich nicht das Verhalten des Gesamtsystems ableiten. Jedes Element verfügt nur über eine begrenzte Verfügbarkeit von Informationen und Fähigkeit zur Aufnahme derselben. Je vielfältiger ein System und je geringer die Befähigungen der Elemente in systemischer Betrachtungsweise sind, desto höher wird die Komplexität eines Systems wahrgenommen. Dem Betrachter steht zur Wahrnehmung der Komplexität nur eine begrenzte Rationalität zur Verfügung (vgl. Kap. 3.3.9).<sup>739</sup>

Die Befähigungen setzen sich aus kognitiven und physischen Eigenschaften zusammen und betreffen die Fähigkeiten zum Lernen und Vergessen. Die Rolle, die ein Element im System einnimmt, bestimmt die Möglichkeit zum Zugang mit Informationen. Die Handlungsoptionen der Elemente betreffen in der überwiegenden Zahl das Umsetzen von Regeln und Befehlen und nicht freie Entscheidungen mit offenen Wahlmöglichkeiten. Begrenzte Rationalität bedeutet somit in komplexen Systemen Begrenzung der Befähigung zum Treffen der richtigen Entscheidung in der jeweiligen Situation. Die Begrenzungen konzentrieren sich auf vier Systembereiche: kognitiv (Kooperation), physisch (Koordination), temporal (Befristung) und institutional (Organisation).

In großen Bauvorhaben ergibt sich eine begrenzte Rationalität durch die hohe Anzahl und Unterschiedlichkeit der Beteiligten (Kooperation) und somit die Notwendigkeit von Arbeitsteilung und Abstimmung (Koordination). Hinzu kommt einerseits eine lange Gesamtlaufzeit, die jedoch in begrenzte zeitliche Phasen unterteilt ist. Häufig sind die Beteiligten nur für eine begrenzte Zeit im Projekt eingesetzt. Somit fehlt die Wahrnehmung für das Gesamtprojekt. Je geringer die Wirkung (Aufgabe, Dauer und Rolle) der Einzelelemente, desto geringer wirkt sich diese Eigenschaft auf das Gesamtsystem aus. Im Umkehrschluss sind daher die jeweiligen Rollen in Entscheidungsprozessen hinsichtlich der zeitlichen Dauer bedeutend für die Wahrnehmung und die Steuerung des Projektverlaufes.

---

<sup>739</sup> Vgl. Luhmann, N. (1994), S. 46



Parameter für Bauvorhaben können somit z. B. die Laufzeit der Phasen und des Gesamtprojektes sein. Die Organisationsstruktur mit Informationsfluss und die Koordinationsprozesse gehen in die Betrachtung mit ein. Ein geregeltes Entscheidungsmanagement dient ebenso wie die Dauer der Verfügbarkeit von Beteiligten der unterschiedlichen Organisationseinheiten zur Bewertung dieser Systemeigenschaft.

Messgrößen für eine begrenzte Rationalität sind nicht eindeutig zu benennen, da sie individuell zu bewerten sind. In Betracht kommen z. B. Anzahl der Strukturebenen, Grad der Informationsverarbeitung, Dauer des Gesamtprojektes, Dauer der Projektphasen, Anzahl und zeitliche Verfügbarkeit von Ressourcen, u. a.

Die Eigenschaft Begrenzte Rationalität wird für die Modellbildung dem Systemmerkmal WAHRNEHMUNG zugeordnet.

Die Komplexität eines Systems steigt:

- durch eine hohe begrenzte Rationalität
- durch hohe zeitliche Dauer von Phasen und Gesamtprojekt
- durch geringe zeitliche Verfügbarkeit von Ressourcen in hierarchischer Abhängigkeit

Charakteristik:

- Je höher die begrenzte Rationalität, desto höher die Komplexität (steigend = steigend)

Zusammenfassend ergeben sich für die Wahrnehmung folgende mögliche Parameter und Messgrößen (z. B.):

- Dauer der Phasen bzw. des Gesamtprojektes
- Dauer der Zusammenarbeit der Beteiligten
- Grad der Verfügbarkeit von Beteiligten
- Grad der Neuartigkeit von Verfahren und Produkten
- Grad der Erfahrungen vorausgegangener Projekte mit den gleichen Beteiligten, u. a.
- Grad der Erfahrungen der Führungsbeteiligten im Umgang mit komplexen Projekten
- Grad der Sensibilität für nichtlineare Prozesse und systemisches Management
- Einsatz eines systemischen Managementsystems, u. a.
- Grad der Organisationstiefe (Anzahl der Strukturebenen)
- Grad des Informationsflusses (Art der Informationsverarbeitung)
- Grad der Koordinationsprozesse
- Einsatz eines Entscheidungsmanagements

Die Komplexität in der Wahrnehmung eines Systems steigt:

- wenn in einer bestimmten Zeit eine hohe Zahl von Veränderungen auftritt
- wenn bei unausgewogener Regelungsdichte, Unordnung, Anpassung und Formierung von neuen Ordnungen bzw. Regeln entstehen
- wenn die Dichte der Aufgabenerledigung in einer bestimmten Zeit zunimmt und zum schnellen Veralten der Entscheidungen und der Erfordernis einer stetigen Anpassung führt
- wenn durch Steigerung von externen oder internen Attraktoren neue komplexe Strukturen durch Wechselwirkung mit der Umwelt entstehen

#### 5.1.4 Verhalten

Dem Merkmal Verhalten (vgl. Kap. 3.2) werden die Eigenschaften

- Überlebenssicherung (vgl. Kap. 3.3.4)
- Rückkopplungen (vgl. Kap. 3.3.6)
- Selbstorganisation (vgl. Kap. 3.3.10)
- Selbstreferenz (vgl. Kap. 3.3.11)
- Emergenz (vgl. Kap. 3.3.12)
- Autopoiese (vgl. Kap. 3.3.13)

zugeordnet.

Die Zuordnung wird nachfolgend begründet:

##### Überlebenssicherung

Die Sicherung des eigenen Überlebens ist eine unauslöschbare Grundeigenschaft (neben anderen untergeordneten Zielen) komplexer offener Systeme. Zur Überlebenssicherung geht das System Interaktionen mit anderen Systemen ein und verknüpft Elemente miteinander. Risiken gefährden das Überleben eines komplexen Systems. Chancen steigern die Überlebensfähigkeit eines komplexen Systems. Jede Aktivität ist mit Risiken verbunden, die das Überleben eines Systems sichern oder stören können. Die Überlebensfähigkeit hängt aber von genau dieser Bereitschaft zum Risiko ab. Ohne die Bereitschaft, das eigene System einzubringen, würde der Selbstzweck verloren gehen und das System zerfallen. Das Umgehen mit Risiken ist ein essentieller Bestandteil der Überlebenssicherung von Systemen. Das Vorhandensein eines Risikomanagements kann also ein Kennzeichen für die Überlebensfähigkeit eines Systems darstellen (vgl. Kap. 3.3.4).

Bauvorhaben sind Unternehmungen mit zeitlicher Begrenzung und werden durch verschiedene Teilsysteme (z. B. Bauherr, Planer, Baufirmen u. a.) erbracht. Der Erfolg dieser geschäftsmäßigen Tätigkeiten ist die Grundlage für die Sicherung des Überlebens. Ziele wie Qualität, Quantität, Kosten oder Termine werden fixiert und Rahmenbedingungen hinsichtlich der Aufbau- und Ablauforganisation gesetzt sowie Festlegungen zu beteiligten Organisationen bzw. Mitwirkenden getroffen. Alle diese Einzelpersonen bzw. Institutionen verfolgen jeweils unterschiedliche Interessenlagen und betrachten das Projekt aus dem Blickwinkel der eigenen Überlebenssicherung. Das Ziel der Prozesse in Bauvorhaben ist hauptsächlich das Erfüllen der Aufgaben.

Parameter der Überlebenssicherung eines Bauvorhabens ergeben sich aus dem Sicherheitsbedürfnis des Teilsystems einer Organisationseinheit. Geringe Risiken und hohe Chancen sind für das Überleben des Teilsystems essentiell.

Messgrößen für eine Überlebenssicherung sind nicht eindeutig zu benennen, da sie individuell zu bewerten sind. Parameter können z. B. die Höhe der Risiken und Chancen für die jeweilig beteiligten Systemkreise sein. Bezogen auf Bauvorhaben bedeutet Überlebenssicherung: Je höher die Überlebenssicherung für die beteiligten Systemkreise in einem Bauprojekt, desto geringer erscheint die Komplexität eines Systems. Positiv kann sich hier der Einsatz eines systematischen Risikomanagementsystems auswirken.

Die Eigenschaft Überlebenssicherung wird für die Modellbildung dem Systemmerkmal VERHALTEN zugeordnet.

Die Komplexität eines Systems steigt:

- wenn für die beteiligten Systemkreise hohe Risiken und/oder geringe Chancen vorhanden sind, die das Überleben der beteiligten Teilsysteme gefährden

Charakteristik:

- Je höher die Überlebenssicherung eines Bauvorhabens (viele Chancen, geringe Risiken), desto geringer die Komplexität (steigend = sinkend).

### Rückkopplungen

Rückkopplung (auch Feedback) beschreibt die Fähigkeit eines Systems, Teile der Ausgangsgröße direkt oder in modifizierter Form als Eingangsgröße in das System zurückzuführen. Sie wirkt wie eine Selbstdiagnose und dient zur Stabilisierung und Entwicklung des Systems. Rückkopplungen können eine positiv-gleichgerichtete (verstärkende) Wirkung oder eine negativ-entgegengerichtete (hemmende) Wirkung einnehmen. Negative Rückkopplungen wirken stabilisierend auf das System, wogegen positive Rückkopplungen ein System an den Rand des Chaos führen. Rückkopplungen folgen einem zeitlichen Verlauf, von sofort langsam und träge bis schnell und beschleunigend. Ein gut funktionierendes System sollte positive und negative Rückkopplungen ermöglichen (vgl. Kapitel 3.3.6).

In großen Bauvorhaben liegen hohe Vernetzungen durch eine Vielzahl von Beteiligten und ein hohes Interesse des Umfeldes vor. Besondere Bedeutung hat hier das Schnittstellenmanagement und das Stakeholdermanagement. Rückkopplungen werden zur Steuerung eines Bauvorhabens benötigt.

Parameter können z. B. eine geeignete Wahrnehmungsfähigkeit für Kritik oder Verbesserungsvorschläge sein, die berücksichtigt werden können. Feedback, das nicht wahrgenommen wird, fließt oftmals informell dennoch in das System hinein und kann in Folge Veränderungen verursachen, die später erst erkennbar werden. Geregelt Rückkopplung über geeignete systemische Steuerungsmodelle<sup>740</sup><sup>741</sup><sup>742</sup> kann diese Eigenschaft nutzbringend einsetzen. Der Einsatz von systemischem Management kann zu einer Steigerung der Wahrnehmung und der Handlungsfähigkeit führen und sich positiv auf den Umgang mit Komplexität auswirken. Positiv kann sich auch der Einsatz eines Stakeholdermanagements auswirken.

Messgrößen für die Rückkopplung sind nicht eindeutig zu benennen, da sie individuell zu bewerten sind. Beispielsweise können der Einsatz geeigneter Steuerungsmodelle wie z. B. Systemisches Projektmanagement, Stakeholdermanagement u. a. als Bemessung dienen.

Die Eigenschaft Rückkopplung wird für die Modellbildung dem Systemmerkmal VERHALTEN zugeordnet.

Die Komplexität eines Systems steigt:

- wenn Rückkopplungen nicht ausreichend erkannt werden
- wenn keine Ausgewogenheit zwischen positiven und negativen Rückkopplungen vorliegt

---

<sup>740</sup> Vgl. Malik, F. (1993)

<sup>741</sup> Vgl. Faber-Praetorius, B. & Zippel, S. (2012)

<sup>742</sup> Vgl. Frahm, M. (2013)

- wenn kein geeignetes Steuerungsinstrument (z. B. systemische Managementmethoden) eingesetzt werden

Charakteristik:

- Je höher die Anzahl der Rückkopplungen, desto höher die Komplexität (steigend = steigend). Wobei hier die Art des Feedbacks (positiv-negativ) zu berücksichtigen ist

### Selbstorganisation

Selbstorganisation bezeichnet die Fähigkeit eines Systems, sich derart zu steuern, dass es selbst und seine Subsysteme sich immer im Bereich der Zielsetzung befinden und somit einen stabilen Gleichgewichtszustand erreichen. Selbstorganisation ist nur durch eine hohe Reaktionsfähigkeit einer hohen Systemvarietät zu erreichen. Zum Erreichen einer hohen Varietät muss ein Ungleichgewicht durch interne und externe Einflüsse zugelassen werden, damit ein System durch Anpassung reagieren kann, um das Gleichgewicht wieder herzustellen. Hierbei verändert sich das System selbst und passt seine Verhaltensmuster an.

Selbstorganisation benötigt Selbstreferenz zur Entscheidungsfindung und zur Reaktion oder Integration von Störungen. Sie kann nur durch das System selbst herbeigeführt werden.<sup>743 744</sup> Selbstorganisation ermöglicht eine Deutung des Verhaltens eines komplexen Systems, dient zur Zielerreichung und Strukturierung und entscheidet über die Überlebenssicherung. Selbstorganisation findet am Rand des Phasenübergangs zum Chaos durch selbstorganisierte Kritizität statt.<sup>745</sup> (vgl. Kap. 3.3.10).

Die Fähigkeit zur Selbstorganisation in großen Bauvorhaben lässt eine Beurteilung über folgende Parameter zu:

Eine Vereinfachung des Systems zur besseren Wahrnehmung ist möglich. Es lassen sich somit Handlungsoptionen zur besseren Steuerungsmöglichkeit umsetzen. In Bauvorhaben bedeutet dies beispielsweise die Schaffung schlanker und durchschaubarer Strukturen, Reduzierung von Fachbereichen und Gewerken, u. a. Eine Überregulierung eines Bauvorhabens kann eine Starrheit des Systems verursachen und zum Verlust der Entwicklungsfähigkeit führen. Ohne Rahmen und Regeln kann ein Projekt chaotische Zustände annehmen. Überschaubare und klare Vorgaben geben einen Rahmen, in dem noch ausreichend Freiräume für Entwicklungsmöglichkeiten bestehen und somit eine Selbstorganisation ermöglichen.

Die Selbstorganisationsfähigkeit von Teilsystemen kann zur Zielerreichung und Strukturierung des Gesamtsystems verwendet werden. In Bauvorhaben kann dies z. B. durch den Einsatz von kleineren, erfahren und effektiv arbeitenden Teams erfolgen<sup>746</sup> oder die im Bereich der Softwareentwicklung eingesetzten Verfahren des agilen Projektmanagements<sup>747</sup> (z. B. Scrum oder Kanban) zur Anwendung

<sup>743</sup> Vgl. Stacey, R. D. (1997)

<sup>744</sup> Vgl. Fricker, A. R. (1996)

<sup>745</sup> Vgl. Dittes, F.-M. (2012), S. 138

<sup>746</sup> Vgl. Patzak, G. & Rattay, G. (2009), S. 31

<sup>747</sup> Vgl. Gabler.de: "Stichwort: Agile Softwareentwicklung, online im Internet:", <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/381707695/agile-softwareentwicklung-v5.html> [zuletzt geprüft am: 23.04.2017]: Agilität im Projektmanagement bezeichnet Prozesse zur Erhöhung von Transparenz und Flexibilität die zu einem schnelleren Durchlauf führen sollen und somit Risiken zu minimieren. Die jeweiligen Teilprozesse sollen hierbei möglichst einfach und beweglich (=agil) gehalten werden.

kommen.<sup>748</sup> Beim Scrum geht man davon aus, dass die Komplexität der Projekte nicht detailliert planbar ist. Teilschritte mit kurzen Zeitabschnitten und Ergebnisbetrachtungen führen zu schrittweisen Verfeinerungen. Die Vorgehensweise erfolgt unter Beteiligung des internen Teams sowie des Kunden, Nutzers und des Managements.<sup>749</sup> Die Umsetzung des Projektmanagements konzentriert sich in diesen Anwendungen stärker auf die Gestaltung der Rahmenbedingungen, Spielregeln und Kultur (=Verhalten).<sup>750</sup> Das Kanban-System dient zur flexiblen, dezentralen Steuerung von Prozessen. Benachbarte Prozesse werden in einem Regelkreis verbunden. Es entstehen somit systemische Abhängigkeiten im Produktionsprozess.<sup>751</sup>

Der Einsatz solcher Systeme erfordert jedoch spezielle Kenntnisse, einen erhöhten Steuerungsaufwand und lässt nur zeitlich begrenzte Aufgabenstellung sinnvoll zu. Mögliche systemische Steuerungsmodelle (z. B. FRAHM<sup>752</sup> oder FABER-PRAETORIUS-ZIPPEL<sup>753</sup> u. a.) sind ebenfalls denkbar und fördern die Selbstorganisation von Systemen. Auch hier ist ein regelmäßiger externer Input erforderlich, um die Steuerung in eine bestimmte Richtung zu lenken.

Messgrößen für die Selbstorganisation sind nicht eindeutig zu benennen, da sie individuell zu bewerten sind. Beispielsweise können der Organisationsgrad, Grad der strukturellen Vereinfachung oder mögliche Freiheitsgrade in der Aufgabenerledigung sein. Weiterhin können der Einsatz geeigneter Steuerungsmodelle wie z. B. Agiles Projektmanagement, systemisches Projektmanagement, u. a., als Bemessung dienen.

Die Eigenschaft Selbstorganisation wird für die Modellbildung dem Systemmerkmal VERHALTEN zugeordnet.

Die Komplexität eines Systems steigt:

- wenn zu hohe Freiheitsgrade das System an den Rand des Chaos führen
- wenn keine Ausgewogenheit zwischen positiven und negativen Rückkopplungen vorliegt
- wenn kein geeignetes Steuerungsinstrument (z. B. systemische Managementmethoden) eingesetzt werden

Charakteristik:

- Je höher die Fähigkeit zur Selbstorganisation, desto höher die Komplexität (steigend = steigend). Wobei hier Selbstorganisation für die Entwicklung des Systems und zur Zielerreichung positiv eingesetzt werden kann

---

<sup>748</sup> Vgl. Friedrichsen, U. (2011), S. 46

<sup>749</sup> Vgl. Gabler.de: "Stichwort: Scrum, online im Internet:", <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/381707698/scrum-v6.html> [zuletzt geprüft am: 23.04.2017]

<sup>750</sup> Vgl. Kuster, J., et al. (2011), S. 35–36

<sup>751</sup> Vgl. Gabler.de: "Stichwort: Kanban, online im Internet:", <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/74282/kanban-system-v8.html> [zuletzt geprüft am: 23.04.2017]

<sup>752</sup> Vgl. Frahm, M. (2013)

<sup>753</sup> Vgl. Faber-Praetorius, B. & Zippel, S. (2012)

## Selbstreferenz

Selbstreferenz beschreibt die Fähigkeit eines Systems zur Selbstbeobachtung und Reflektivität. Selbstreferenz bezieht sich hier auf die Einheit, die ein einzelnes Element oder einzelner Prozess für sich selbst darstellt und letztlich durch deren Handeln zu einer eigenen Identität führen. Adaptive Systeme können sich und ihre Umwelt wahrnehmen und dadurch ihr Verhalten beeinflussen. Sie nehmen Informationen über die Wechselwirkungen zur Umwelt auf, versuchen, die Muster zu erkennen, und lernen anhand ihres Verhaltens. Hierdurch können sie sich nicht nur adaptieren sondern auch optimieren. Diese Adaptionsfähigkeit trifft auf alle Hierarchieebenen zu und bedingt sich wechselseitig. Jede höhere Ebene weist eine höhere Komplexität auf als die darunterliegende. Die Ebenen sind untereinander vernetzt und unterliegen einer Koevolutionsdynamik (vgl. Kap. 3.3.11).

Selbstreferenz ist die Voraussetzung zur Selbstorganisation komplexer Systeme. Selbstreferenz entsteht aus der Selbstbeobachtung des Systems hinsichtlich seiner Wirkung auf das Ergebnis seiner Aktivitäten. Selbstreferenz bildet die Grundlage zur Steuerungsfähigkeit komplexer Systeme.

In Bauvorhaben nimmt beispielsweise die Vertragsgestaltung einen Einfluss auf das Verhalten der Projektbeteiligten. Einerseits nimmt die Preisgestaltung eines Unternehmens (Organisation) über die Offenheit des Marktes Einfluss auf die Ertragssituation des Unternehmens, die selbstreferent wiederum ihre Preisgestaltung in Angeboten entsprechend anpasst.<sup>754</sup> Liegt somit ein Zwang zur niedrigen Angebotserstellung vor, wird adaptiv eine Anhebung des Gewinns über zusätzliche Forderungen generiert. Als notwendige Voraussetzung zur Selbstorganisation und Überlebenssicherung kann diese Eigenschaft nicht losgelöst betrachtet werden.

Parameter in Bauvorhaben können z. B. schlanke und transparente Organisationsstrukturen, effektive Teams mit der Fähigkeit zur Selbstorganisation oder eine ausgeglichene Win-Win-Situation für die Beteiligten sein, um Selbstreferenz zu fördern und eine gerichtete Selbstorganisation zu ermöglichen. Der Informationsfluss über die Hierarchieebenen kann als weiterer Parameter angesetzt werden.

Messgrößen für die Selbstreferenz sind nicht eindeutig zu benennen, da sie individuell zu bewerten sind. Beispielsweise können der Organisationsgrad, mögliche spezielle Steuerungsmodelle wie z. B. SCRUM, Agiles Projektmanagement, systemisches Projektmanagement, u. a. als Bemessung dienen. Die Höhe von Risiken und Chancen kann ebenfalls in die Bemessung einbezogen werden.

Die Eigenschaft Selbstreferenz wird für die Modellbildung dem Systemmerkmal VERHALTEN zugeordnet.

Die Komplexität eines Systems steigt:

- wenn Selbstreferenz auf Gewinnmaximierung ausgerichtet ist und keine Win-Win-Situationen ermöglicht werden
- wenn Selbstreferenz ohne geeignetes Steuerungsinstrument (z. B. systemische Managementmethoden) ein Projekt zum Rand des Chaos führt

Charakteristik:

- Je höher die Fähigkeit zur Selbstreferenz, desto höher die Komplexität (steigend = steigend). Wobei Selbstreferenz als Grundlage zur Selbstorganisation erforderlich ist

---

<sup>754</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 115

## Emergenz

Emergenz bezeichnet die Fähigkeit eines komplexen Systems, aus Veränderungen des Systems neue Eigenschaften mit besser angepassten (höheren) Ordnungen zu entwickeln, welche sich aus den Eigenschaften der Einzelemente nicht mehr ableiten lassen. Emergentes Verhalten sind zufällige Konstellationen innerhalb einer zeitlichen Entwicklung, die durch zufällige Instabilitäten des Gleichgewichts das Systemverhalten nicht mehr vorhersehbar machen. Aus einfachen Elementen und Beziehungen können so hochkomplexe Gebilde entstehen. Anreize zur Emergenz können Attraktoren, Zeitreihen, Informationsentropie, Fraktale und andere bestimmende Einflüsse sein. Emergenz ermöglicht sozialen Systemen Spontanität und die Entwicklung informaler Strukturen mit neuen Prozessen und Gruppierungen außerhalb der vorgegebenen Organisation. Die Fähigkeit zur Emergenz kann daher auch zur Bildung von Steuerungs- und Führungsstrukturen eines Systems herangezogen werden (vgl. Kap. 3.3.12).

Bauvorhaben sind durch inhomogene Teilsysteme (z. B. Bauherr, Planer, Baufirmen u. a.) gekennzeichnet, die einen jeweiligen Beitrag zum Gesamtsystem erbringen. Wie bei der Eigenschaft der Überlebenseicherung (vgl. 5.1.3) basiert die Fähigkeit eines Systems zu emergentem Verhalten aus den unterschiedlichen Interessenlagen, eine Gemeinsamkeit zu entwickeln, die dem Gesamtsystem förderlich ist und eine größere Homogenität erreicht.

Als Parameter können Anreizsysteme (gute Chancen, weniger Risiken) als Attraktoren dienen. Die zeitliche Abfolge des Gesamtprojektes lässt sich zwar nur bedingt beeinflussen, jedoch können geeignete überschaubare zeitliche Abschnitte gewählt werden. Werden diese mit partnerschaftlichen Vertragsmodellen und leistbarem Ressourceneinsatz vereinbart, ließe sich möglicherweise eine höhere Akzeptanz und ein angepasstes Verhalten erreichen. Die Informationsdichte kann durch geeignete Managementinstrumente in Qualität und Quantität gesteuert und somit überschaubarer werden. Somit ließen sich wichtige Entscheidungen rechtzeitig und mit einem hohen Erkenntnisgrad treffen. Alle möglichen Vereinbarungen, die eine Erhöhung der Homogenität und eine Reduzierung von fraktalem Verhalten ermöglichen, sind der Emergenz förderlich.

Messgrößen für die Fähigkeit zur Emergenz sind nicht eindeutig zu benennen, da sie individuell zu bewerten sind. Art und Umfang von Anreizsystemen, Vertragsmodellen, Informationsmanagement und Prozessstrukturen ließen eine Bemessung zu.

Die Eigenschaft EMERGENZ wird für die Modellbildung dem Systemmerkmal VERHALTEN zugeordnet.

Die Komplexität eines Systems steigt:

- wenn emergentes Verhalten ausschließlich auf Basis zufälliger Entwicklungen entsteht und somit Steuerungsmöglichkeiten begrenzt oder unmöglich werden

Charakteristik:

- Je höher die Emergenzfähigkeit eines Bauvorhabens durch gesteuerte Anreize, desto geringer die Komplexität (steigend = sinkend)

## Autopoiese

Autopoiese bezeichnet die Fähigkeit eines Systems, sich zu bilden und zu erneuern und gleichzeitig seine Grenzen selbst festzulegen, ohne die eigene Identität zu verlieren. Autopoietische Systeme versuchen durch Regeln, die Identität und Ordnung des Systems zu erhalten, selbst wenn sich die Struk-

tur (Anzahl, Eigenschaften, Vernetzung usw.) verändern wird. Die Grundlage der eigenen Selbstorganisation ist immer auf einen Gleichgewichtszustand und somit auf den Selbsterhalt ausgerichtet.<sup>755 756</sup>  
<sup>757</sup>

Der Selbsterhaltungstrieb der Autopoiese zur notwendigen Anpassung wird auch als Evolution bezeichnet. Die Systeme erzielen durch Fluktuation, Mutation und Innovation neue Identitäten, die entweder eine höhere oder niedrigere Varietät beinhalten können. Über Instabilität entstehen neue Ordnungsstrukturen. Je mehr Freiheitsgrade ein System in der Bildung dieser Ordnung hat, desto stabiler wird das System und umgekehrt. Zu geringe Freiheitsgrade können zu einem Zerfall des Systems führen. In den Systemwissenschaften besteht keine Einigkeit über die Übertragbarkeit autopoietischen Systemverhaltens auf soziale Systeme wie Organisationen, da soziale Systeme mangels freien Willens und der Zufallsbetrachtung nur schwer als autopoietisch zu verstehen sind.<sup>758</sup> (vgl. Kap. 3.3.13). Die Abgrenzung zur Umwelt erfolgt in Organisationen durch kognitive Systeme (neuronale Aktivitäten), psychische Systeme (Gedanken) und soziale Systeme (Kommunikation).

Für große Bauvorhaben ist es schwierig, ein autopoietisches Verhalten auf das Gesamtsystem „Projekt“ zu übertragen. Die Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Teilsystemen beruhen überwiegend auf vertraglichen Vereinbarungen und sind zeitlich begrenzt. Bei einzelnen Subsystemen bzw. verschiedenen Gruppierungen könnte diese Eigenschaft jedoch durchaus vorhanden sein. Da Autopoiese immer auf Gleichgewicht ausgerichtet ist, sind alle Anreize, die zu einem höheren Selbsterhalt führen, dieser Fähigkeit zuträglich.

Parameter können z. B. Aufbaustruktur und vertragliche Vereinbarungen sowie mögliche Vernetzungen und Attraktoren sein.

Messgrößen für die Autopoiese sind nicht eindeutig zu benennen, dass sie individuell zu bewerten sind. Bei der Aufbaustruktur und den Vertragswerken könnten mögliche Freiheitsgrade und die Flexibilität bewertet werden. Art und Umfang eines Risikomanagementsystems sowie Bonus-Malus-Regelungen ließen ebenfalls eine Bemessung zu.

Die Eigenschaft Autopoiese wird für die Modellbildung dem Systemmerkmal VERHALTEN zugeordnet.

Die Komplexität eines Systems steigt:

- wenn die Fähigkeit zur Autopoiese durch zu geringe Freiheitsgrade begrenzt oder unmöglich gemacht wird

Charakteristik:

- Je höher die Autopoiese eines Bauvorhabens durch mehr Freiheitsgrade, desto geringer die Komplexität (steigend = sinkend)

---

<sup>755</sup> Vgl. Probst, G. J. B. (1981)

<sup>756</sup> Vgl. Malik, F. (2000)

<sup>757</sup> Vgl. Kirchhof, R. (2003), S. 23–24

<sup>758</sup> Vgl. Schmidt, A. P. (1999), S. 312–313



Zusammenfassend ergeben sich für das Verhalten z. B. folgende mögliche Parameter und Messgrößen:

- Risiken und Chancen, u. a. (Höhe, Grad)
- Anzahl und Varietät der Fachbereiche und Gewerke (Höhe, Grad)
- Vernetzungen der Beteiligten (Grad)
- Schnittstellenmanagement (Grad)
- Transparenz und Umfang der Strukturen (Grad)
- Sicherheitsbedürfnis der Teilsysteme (Grad)
- Regulierungsdichte (Höhe, Grad)
- Größe und Freiräume der Teams (Grad)
- Informationsfluss über die Hierarchieebenen (Grad)
- Stakeholdermanagement (Ja/Teilweise/Nein)
- Wahrnehmungsfähigkeit für Kritik oder Verbesserungsvorschläge (Ja/Teilweise/Nein)
- geregelte Rückkopplung über systemische Steuerungsmodelle, u. a. (Ja/Teilweise/Nein)
- Agiles Projektmanagement (Ja/Teilweise/Nein)
- Risikomanagementsystem, u. a. (Ja/Teilweise/Nein)
- Teams mit Fähigkeit und Freiräumen zur Selbstorganisation (Ja/Teilweise/Nein)
- Win-Win-Situation für die Beteiligten (Ja/Teilweise/Nein)
- Informationsfluss über die Hierarchieebenen (Grad)
- Vertragsgestaltung unter Berücksichtigung von Interessenlagen und Flexibilität, u. a. (Ja/Teilweise/Nein)
- Anreizsysteme (gute Chancen, weniger Risiken - Bonus/Malus-Regelungen) als Attraktoren (Ja/Teilweise/Nein)
- zeitliche Abfolge des Gesamtprojektes (Kurz/Mittel/Lang)
- Dauer der Phasen bzw. des Gesamtprojektes
- Dauer der Zusammenarbeit der Beteiligten

Die Komplexität durch das Verhalten im System steigt:

- wenn für die beteiligten Systemkreise hohe Risiken und/oder geringe Chancen vorhanden sind, die das Überleben der beteiligten Teilsysteme gefährden
- wenn Rückkopplungen nicht ausreichend erkannt werden
- wenn keine Ausgewogenheit zwischen positiven und negativen Rückkopplungen vorliegt
- wenn kein geeignetes Steuerungsinstrument (z. B. systemische Managementmethoden) eingesetzt wird
- wenn zu hohe Freiheitsgrade das System an den Rand des Chaos führen
- wenn keine Ausgewogenheit zwischen positiven und negativen Rückkopplungen vorliegt
- wenn kein geeignetes Steuerungsinstrument (z. B. systemische Managementmethoden) eingesetzt wird
- wenn Selbstreferenz auf Gewinnmaximierung ausgerichtet ist und keine Win-Win-Situationen ermöglicht werden
- wenn Selbstreferenz ohne geeignetes Steuerungsinstrument (z. B. systemische Managementmethoden) ein Projekt zum Rand des Chaos führt
- wenn emergentes Verhalten ausschließlich auf Basis zufälliger Entwicklungen entsteht und somit Steuerungsmöglichkeiten begrenzt oder unmöglich werden
- wenn die Fähigkeit zur Autopoiese durch zu geringe Freiheitsgrade begrenzt oder unmöglich gemacht wird

### 5.1.5 Umwelt

Dem Merkmal Umwelt (vgl. Kap. 2.4 und 3.2) wird die Eigenschaft

- Offenheit (vgl. Kap. 3.3.8)

zugeordnet. Die Zuordnung wird nachfolgend begründet:

#### Offenheit

Systeme verhalten sich offen oder geschlossen gegenüber ihren Umsystemen (vgl. Kap. 3.3.8). In sozialen Systemen sind selbststeuernde Prozesse nicht auf Ablauf und Ergebnisorientierung abgestellt (vgl. Kap. 3.3.7, Nichtlinearität), obwohl zur Selbsterhaltung eine Anpassung an die Umweltbedingungen erfolgen muss. Daher ist ein offener Anteil generell vorhanden. Der Austausch zur Umwelt erfolgt so aus dem System heraus und über die Umwelt wieder hinein. Durch diese Offenheit wird die Lernfähigkeit des Systems unterstützt. Bei großen Bauvorhaben ist diese Definition nicht immer so deutlich zu treffen sondern auf Basis der Beschreibung und der Zielsetzung eines Systems zu definieren. Der jeweilige Betrachter bildet mit dem Standpunkt seiner Rolle eine individuelle Abgrenzung zur Umwelt. In großen Bauvorhaben fehlen oftmals eindeutig definierte bzw. wahrnehmbare Grenzen. Dennoch sind Abgrenzungen vorhanden, die sich aus den Verbindungen zwischen den Elementen (Menschen) und deren Verknüpfungen ergeben. Die sich so bildenden Netzwerkstrukturen lassen eine Stabilisierung des Systems zu und dienen als Grundlage zur Überlebenseicherung.<sup>759</sup>

Den Rahmen für die Wahrnehmung von Systemgrenzen können beispielsweise gemeinsam akzeptierte Regeln und Verhaltensmuster bilden. Diese sind zwar durchlässig, können hilfsweise jedoch eine Begrenzung darstellen. Offene Systeme interagieren über die Systemgrenzen hinaus. Sie entwickeln sich unabhängig voneinander und passen ihr Verhalten aneinander an. Diese Koevolution ist auf Kooperation ausgerichtet. Hierbei entstehen für beide vorteilhafte Situationen.<sup>760</sup> Koevolution führt jedoch zu einer Erhöhung der Komplexität.<sup>761 762</sup>

Systemgrenzen bilden sich somit durch Rückkopplung, Selbstbezug oder Annäherung.<sup>763</sup> Für beide Möglichkeiten müssen Verbindungen zur Umwelt hergestellt werden. Somit muss eine gewisse Offenheit erhalten bleiben.<sup>764</sup>

Große Bauvorhaben als Makrosystem sind als offene Systeme zu betrachten, da sie überwiegend in die Umwelt integriert werden müssen und somit unter hoher Beobachtung derselben stehen. Teilsysteme stehen in Verbindung zur Umwelt des Makrosystems, da Rückkopplungen sich bis auf die einzelnen Elemente erstrecken können. Teilsysteme stehen mit ihren Systemgrenzen im Austausch mit anderen Teilsystemen, die im Verhalten wieder auf die Umwelt des Makrosystems rückwirken können.

Auf der Teilsystemebene bilden sich Systemgrenzen durch formelle und informelle Abgrenzungen. Formelle Grenzen werden beispielsweise durch Rahmen und Regeln gebildet. Somit können das Vorhandensein ausreichender struktureller Vorgaben und Methoden ein möglicher Parameter und eine Bemessungsbasis für erkennbare Begrenzungen sein. Parameter informeller Grenzen sind schwieriger

---

<sup>759</sup> Vgl. Grimm, R. (2009), S. 71

<sup>760</sup> Vgl. Peak, D. & Frame, M. (1995), S. 324

<sup>761</sup> Vgl. Probst, G. J. B. (1981)

<sup>762</sup> Vgl. Kirchhof, R. (2003), S. 25–26

<sup>763</sup> Vgl. Richter, K. & Rost, J.-M. (2002), S. 120

<sup>764</sup> Vgl. Schmidt, A. P. (1999), S. 121

zu benennen. Diese müssen aus Wahrnehmung und Verhalten der Teilsysteme gebildet werden. Beispielsweise führen transparente und vertrauensvolle Zusammenarbeit häufig zur Stabilisierung der Teilsysteme und somit des Makrosystems. Eine Bemessung dieser Parameter ist jedoch schwierig.

Parameter und Messgrößen für die Offenheit von Bauvorhaben sind nicht eindeutig zu benennen, da sie individuell zu bewerten sind. Als Parameter auf der Makroebene können sicherlich das öffentliche Interesse am jeweiligen Bauvorhaben und die mögliche Anzahl und Vielfältigkeit von Betroffenengruppen (NGO's) dienen. Ein weiteres Indiz könnte die Varietät der notwendigen Genehmigungsverfahren sein.

Zusammenfassend ergeben sich für die Umwelt folgende mögliche Parameter und Messgrößen (z. B.):

- Art und Größe des Bauvorhabens (Höhe, Grad)
- Bedeutung und öffentliches Interesse (Grad)
- Risiko der politischen Einflussnahme (Höhe, Grad)
- strukturelle Vorgaben und Methoden, u. a. (Höhe, Grad)
- Einsatz eines Stakeholdermanagements (Ja/Teilweise/Nein)
- formelle und informelle Systemgrenzen, u. a. (Höhe, Grad)

Die Eigenschaft Offenheit wird für die Modellbildung dem Systemmerkmal UMWELT zugeordnet.

Die Komplexität eines Systems steigt:

- durch eine hohe Offenheit der Systemgrenzen
- durch hohe informelle Begrenzungen

Charakteristik:

- Je höher die Offenheit, desto höher die Komplexität (steigend = steigend)
- Zur Stabilisierung des Systems wird ein Ausgleich zwischen Offenheit und Geschlossenheit benötigt

### 5.1.6 Folgerungen und Zwischenfazit

Das Kapitel 5.1 schließt die Beantwortung der ersten Forschungsfrage: „Welches sind die charakterisierenden Merkmale von Komplexität und worin besteht die Schwierigkeit in der Wahrnehmung von Komplexität?“ ab. Ausgehend von den Forschungsergebnissen nach BANDTE<sup>765</sup> wurde der Definitionsversuch über die beschriebenen zwölf charakteristischen Eigenschaften komplexer Systeme unternommen. Die Charakteristika lassen sich voneinander abgrenzen und auf fünf Merkmale von Bauvorhaben übertragen. Es wurde aufgezeigt, dass die Grenzlinie zwischen den Merkmalen weich und gleitend sein kann. Es obliegt dem Betrachter und seinen Fähigkeiten, die Anwendung dieser Merkmale als sinnvoll einzustufen oder diese zu ergänzen bzw. zu reduzieren. Die hier gewählten Grundlagen dienen der Beurteilung spezifischer Indikatoren von Bauvorhaben, die im folgenden Kapitel definiert werden.

Die zwölf Eigenschaften komplexer adaptiver Systeme aus Kapitel 3.3.1 wurden in fünf Merkmale der Komplexität in Bauvorhaben überführt und ergeben den Komplexitätskreis von Bauvorhaben gemäß nachfolgender Abbildung:

---

<sup>765</sup> Vgl. Bandte, H. (2007), S. 119

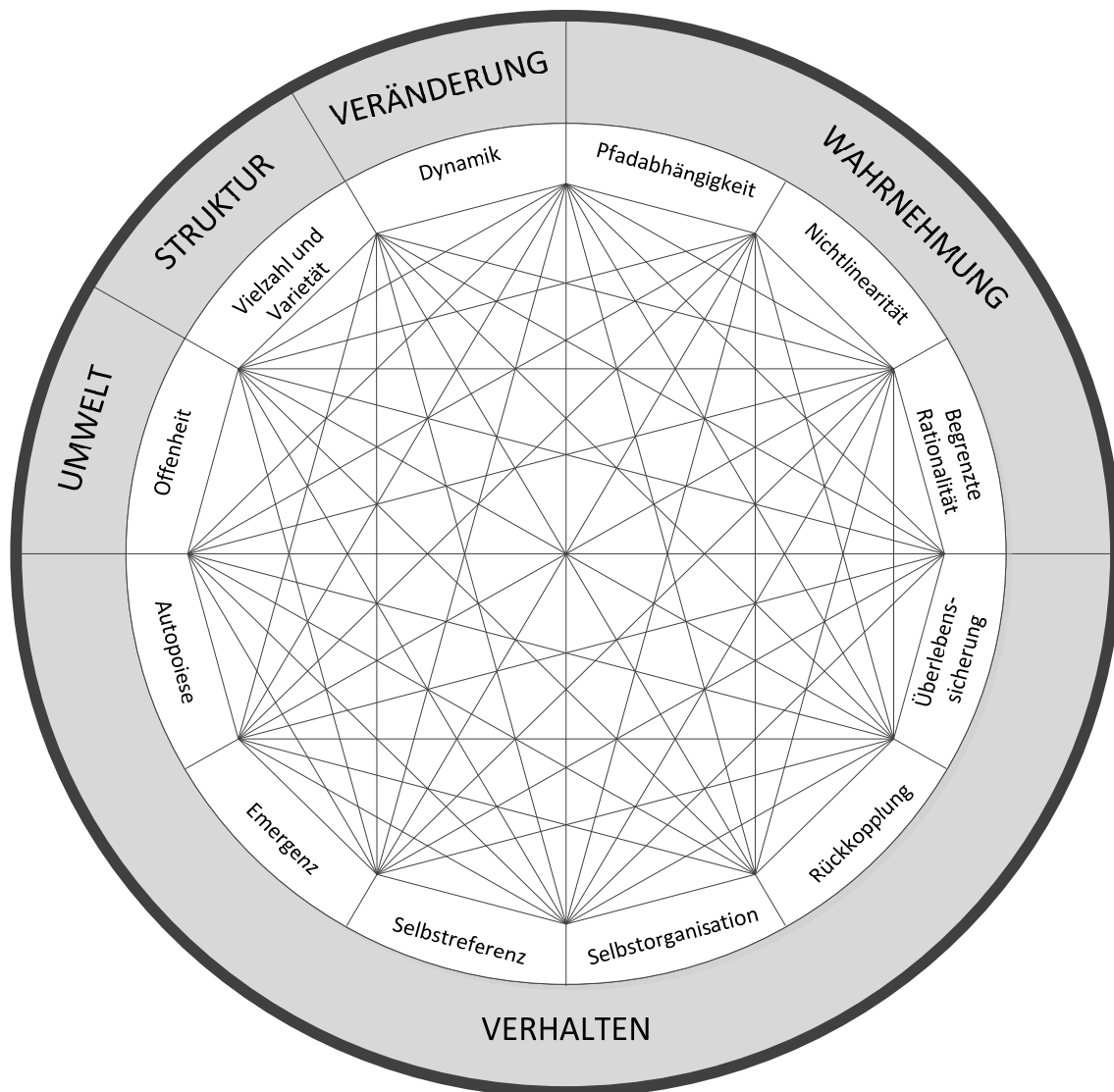


Abb. 59: Komplexitätskreis von Bauvorhaben

Die Erkenntnisse sind in nachfolgender Tabelle zur Übersicht zusammengefasst:

Eigen-schaften	Merkmale	Beurteilung für Bauvorhaben	Charakteristik
Vielzahl und Varietät	STRUKTUREN	Parameter und Messgrößen (z.B.):  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elemente und Verknüpfungen des Objektes (z.B. Strukturen des Baukörpers u.a.) und</li> <li>• Projektes (z.B. beteiligte Planungs- und Bauorganisationen u.a.),</li> </ul> Bemessung durch Grad aus Anzahl der Elemente (z.B. Planungsbeteiligte, Organisationen, Gewerke, Bauteile u.a.) und Grad der Variabilität der möglichen Zustände (z.B. Schnittstellen, interdisziplinäre Arbeitsabläufe, u.a.)	Die Komplexität eines Systems steigt:  <ul style="list-style-type: none"> <li>• wenn bei einer Vielzahl von Elementen die Verknüpfungen nicht mehr nachvollziehbar sind.</li> <li>• bei einer Steigerung der möglichen Vielfalt (Varietät) der Elemente, die durch die Erhöhung der Vielzahl begünstigt wird.</li> <li>• bei Steigerung der Varietät von Relationen.</li> </ul>
Dynamik	VERÄNDERUNGEN	Parameter und Messgrößen (z.B.):  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wahrscheinlichkeit von Veränderungen (Höhe, Grad)</li> <li>• soziale Struktur der Beteiligten - Eigendynamik (Grad)</li> <li>• Dichte der Arbeitsvorgänge (Höhe, Grad)</li> <li>• Dauer von Prozessverläufen, u.a. (Höhe, Grad)</li> </ul>	Die Komplexität eines Systems steigt:  <ul style="list-style-type: none"> <li>• wenn in einer bestimmten Zeit, eine hohe Zahl von Veränderungen auftreten</li> <li>• wenn bei unausgewogener Regelungsdichte, Unordnung, Anpassung und Formierung von neuen Ordnungen bzw. Regeln entstehen</li> <li>• wenn die Dichte der Aufgabenerledigung in einer bestimmten Zeit zunimmt und zum schnellen Veralten der Entscheidungen und der Erfordernis einer stetigen Anpassung führt</li> <li>• wenn durch Steigerung von externen oder internen Attraktoren neue komplexe Strukturen durch Wechselwirkung mit der Umwelt entstehen</li> </ul>
Pfadabhängigkeit, Nichtlinearität Begrenzte Rationalität	WAHRNEHMUNG	Parameter und Messgrößen (z.B.):  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dauer der Phasen bzw. des Gesamtprojektes</li> <li>• Dauer der Zusammenarbeit der Beteiligten</li> <li>• Grad der Verfügbarkeit von Beteiligten</li> <li>• Grad der Neuartigkeit von Verfahren und Produkten</li> <li>• Grad der Erfahrungen vorausgegangener Projekte mit den gleichen Beteiligten, u.a.</li> <li>• Grad der Erfahrungen der Führungsbeteiligten im Umgang mit komplexen Projekten</li> <li>• Grad der Sensibilität für nichtlineare Prozesse und systemisches Management</li> <li>• Einsatz eines systemischem Managementsystems, u.a.</li> <li>• Grad der Organisationstiefe (Anzahl der Strukturebenen)</li> <li>• Grad des Informationsflusses (Art der Informationsverarbeitung)</li> <li>• Grad der Koordinationsprozesse</li> <li>• Einsatz eines Entscheidungsmanagements</li> </ul>	Die Komplexität eines Systems steigt:  <ul style="list-style-type: none"> <li>• wenn keine historischen Erkenntnisse über die Fähigkeiten und das Verhalten der Beteiligten vorliegen</li> <li>• wenn keine historischen Erkenntnisse über die Art, Umfang und Technologien des Bauwerks vorliegen</li> <li>• durch eine hohe Nichtlinearität der Prozesse</li> <li>• durch begrenzte Wahrnehmungsfähigkeit der Vorgänge</li> <li>• durch eine hohe begrenzte Rationalität</li> <li>• durch hohe zeitliche Dauer von Phasen und Gesamtprojekt</li> <li>• durch geringe zeitliche Verfügbarkeit von Ressourcen in hierarchischer Abhängigkeit</li> <li>• wenn kein geeignetes Steuerungsinstrument (z.B. systemische Managementmethoden) eingesetzt werden</li> </ul>
Überlebensicherung, Rückkopplungen, Selbstorganisation, Selbstreferenz, Emergenz, Autopoiese	VERHALTEN	Parameter und Messgrößen (z.B.):  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Risiken und Chancen, u.a. (Höhe, Grad)</li> <li>• Anzahl und Varietät der Fachbereiche und Gewerke (Höhe, Grad)</li> <li>• Vernetzungen der Beteiligten (Grad)</li> <li>• Schnittstellenmanagement (Grad)</li> <li>• Transparenz und Umfang der Strukturen (Grad)</li> <li>• Sicherungsbedürfnis der Teilsysteme (Grad)</li> <li>• Regulierungsdichte (Höhe, Grad)</li> <li>• Größe und Freiräume der Teams (Grad)</li> <li>• Informationsfluss über die Hierarchieebenen (Grad)</li> <li>• Stakeholdermanagement (Ja/Teilweise/Nein)</li> <li>• Wahrnehmungsfähigkeit für Kritik oder Verbesserungsvorschläge (Ja/Teilweise/Nein)</li> <li>• geregelte Rückkopplung über systemische Steuerungsmodelle, u.a. (Ja/Teilweise/Nein)</li> <li>• Agiles Projektmanagement (Ja/Teilweise/Nein)</li> <li>• Risikomanagementsystem, u.a. (Ja/Teilweise/Nein)</li> <li>• Teams mit Fähigkeit und Freiräumen zur Selbstorganisation (Ja/Teilweise/Nein)</li> <li>• Win-Win-Situation für die Beteiligten (Ja/Teilweise/Nein)</li> <li>• Informationsfluss über die Hierarchieebenen (Grad)</li> <li>• Vertragsgestaltung unter Berücksichtigung von Interessenlagen und Flexibilität, u.a. (Ja/Teilweise/Nein)</li> <li>• Anreizsysteme (gute Chancen, weniger Risiken - Bonus/Malus-Regelungen) als Attraktoren (Ja/Teilweise/Nein)</li> <li>• zeitliche Abfolge des Gesamtprojektes (Kurz/Mittel/Lang)</li> </ul>	Die Komplexität eines Systems steigt:  <ul style="list-style-type: none"> <li>• wenn für die beteiligten Systemkreise hohe Risiken und/oder geringe Chancen vorhanden sind, die das Überleben der beteiligten Teilsysteme gefährden</li> <li>• wenn Rückkopplungen nicht ausreichend erkannt werden</li> <li>• wenn keine Ausgewogenheit zwischen positiven und negativen Rückkopplungen vorliegt</li> <li>• wenn kein geeignetes Steuerungsinstrument (z.B. systemische Managementmethoden) eingesetzt werden</li> <li>• wenn zu hohe Freiheitsgrade das System an den Rand des Chaos führen</li> <li>• wenn keine Ausgewogenheit zwischen positiven und negativen Rückkopplungen vorliegt</li> <li>• wenn kein geeignetes Steuerungsinstrument (z.B. systemische Managementmethoden) eingesetzt werden</li> <li>• wenn Selbstreferenz auf Gewinnmaximierung ausgerichtet ist und keine Win-Win-Situationen ermöglicht werden</li> <li>• wenn Selbstreferenz ohne geeignetes Steuerungsinstrument (z.B. systemische Managementmethoden) ein Projekt zum Rand des Chaos führt</li> <li>• wenn emergentes Verhalten ausschließlich auf Basis zufälliger Entwicklungen entsteht und somit Steuerungsmöglichkeiten begrenzt oder unmöglich werden</li> <li>• wenn die Fähigkeit zur Autopoiese durch zu geringe Freiheitsgrade begrenzt oder unmöglich gemacht wird</li> </ul>
Offenheit	UMWELT	Parameter und Messgrößen (z.B.):  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Art und Größe des Bauvorhabens (Höhe, Grad)</li> <li>• Bedeutung und öffentliches Interesse (Grad)</li> <li>• Risiko der politischen Einflussnahme (Höhe, Grad)</li> <li>• strukturellen Vorgaben und Methoden, u.a. (Höhe, Grad)</li> <li>• Einsatz eines Stakeholdermanagements (Ja/Teilweise/Nein)</li> <li>• formelle und informelle Systemgrenzen, u.a. (Höhe, Grad)</li> </ul>	Die Komplexität eines Systems steigt:  <ul style="list-style-type: none"> <li>• durch eine hohe Offenheit der Systemgrenzen</li> <li>• durch hohe informelle Begrenzungen</li> </ul>

Tab. 18: Merkmale der Komplexität in Bauvorhaben

## 5.2 Spezifische Indikatoren der Subsysteme in Bauvorhaben

Ausgehend von den in Kapitel 4.1 beschriebenen Teilsystemen eines Bauvorhabens: Ziele, Bauwerk und Projektorganisation, unterteilt Kochendörfer<sup>766</sup> die Projektorganisation in das Handlungs- und Handlungsträgersystem, wobei das Bauwerk als Produktsystem verstanden wird. Im Scoring-System nach Patzak<sup>767</sup> (vgl. Kap. 4.3.1) werden diese Teilbereiche ergänzt um das Umsystem. Das Umsystem berücksichtigt alle relevanten Größen, die nicht Bestandteile des betrachteten Systems sind, jedoch in Wechselwirkung mit dem System stehen. Somit ergeben sich für die Charakterisierung von Bauvorhaben fünf Subsysteme:

- Zielsystem
- Produktsystem
- Handlungssystem
- Handlungsträgersystem
- Umsystem

Auf Basis dieser fünf charakterisierenden Subsysteme in Bauvorhaben wird der Versuch der Ermittlung wesentlicher Indikatoren unternommen, auf deren Grundlage eine allgemeine Bewertung ermöglicht werden kann. Die für die weitergehenden Untersuchungen definierten Subsysteme bilden den Systemkreis von Bauvorhaben gemäß nachfolgender Abbildung:

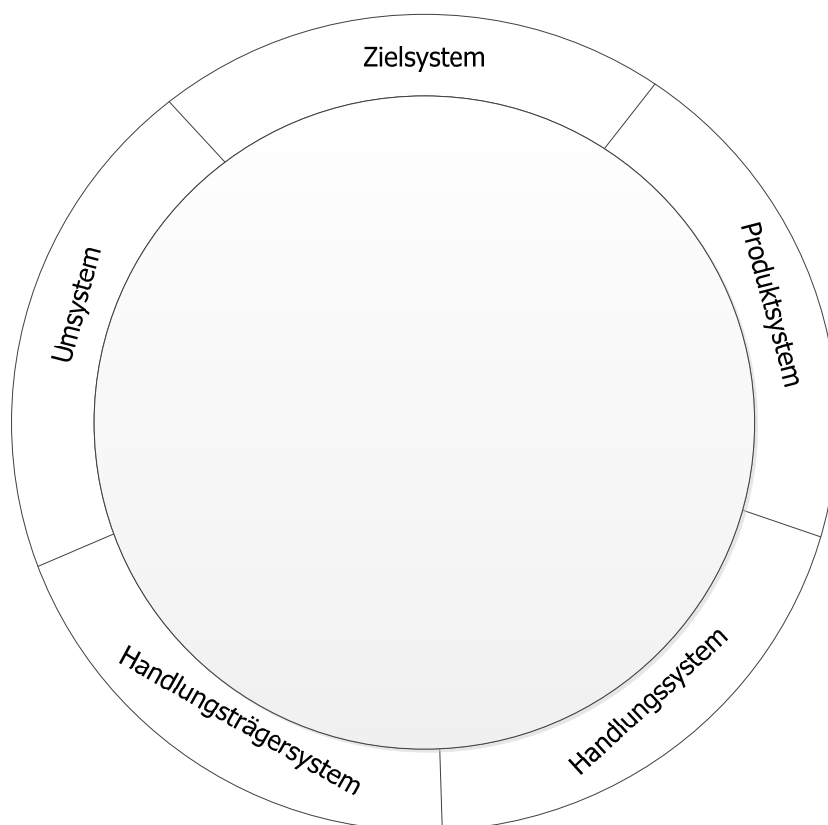


Abb. 60: Systemkreis der Subsysteme in Bauvorhaben

<sup>766</sup> Vgl. Kochendörfer, B., et al. (2008), S. 17

<sup>767</sup> Vgl. Patzak, G. (2009)

In Kapitel 4.3 wurden fünf Bewertungsverfahren untersucht, die verschiedene Aspekte als Grundlage verwenden. Im Rahmen der durchgeführten Expertenbefragung (vgl. Kap. 4.2) ergeben sich weitere Ansätze, die im Folgenden berücksichtigt werden.

Vergleicht man die Aspekte der einzelnen Verfahren, werden Überschneidungen bzw. Dopplungen deutlich. Unter Berücksichtigung der Erkenntnisse aus Kap. 4 lassen sich die Aspekte auf zehn spezifische Indikatoren konzentrieren:

1. Ziele
2. Objekt
3. Neuartigkeit
4. Projekt
5. Methodik
6. Organisation
7. Ressourcen
8. Kultur
9. Chancen (Risiken)
10. Umfeld

Die zehn spezifischen Indikatoren lassen sich als „Indikatorenkreis“ nachfolgend darstellen:

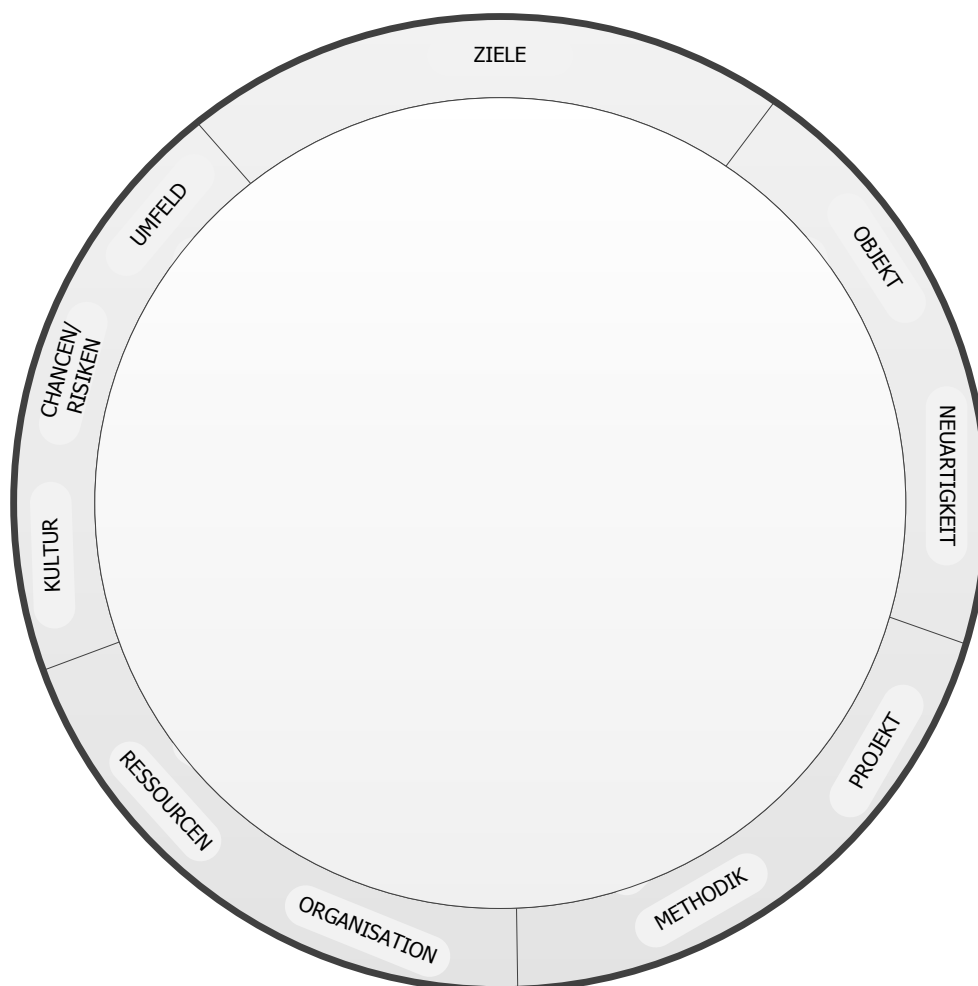


Abb. 61: Systemkreis der Indikatoren von Bauvorhaben

Projektziele stellen die Erwartungen und damit die Erfüllung der Bedürfnisse des Bauherrn nach Fertigstellung eines Projektes dar. Die Frage: „Was soll mit dem Projekt erreicht werden?“ wird über das Zielsystem vermittelt. In der Betrachtung gehen die Oberziele Termine, Kosten und Qualität/Quantität neben der Verfügbarkeit von Bedarfsplanung und klarer Projektdefinition mit ein. Somit erfolgt für die Modellbildung eine Zuordnung des Indikators „ZIELE“ zum ZIELSYSTEM.

Der Indikator „OBJEKT“ beinhaltet den Leistungsumfang eines fertigen Produktes. In die Betrachtung gehen alle objektbezogenen Teilaspekte wie Objektart, Grundstück, Nutzung, Art der Fertigung, Technisierungsgrad u. a. ein. Die „NEUARTIGKEIT“ eines Produktes, sowohl in der Einmaligkeit, dem Innovationsgrad oder Freiheit der Kreativität u. a., gehen in die Betrachtung des Produktes mit ein. Das Endprodukt eines Bauvorhabens ist das Objekt. Die Indikatoren Objekt und Neuartigkeit werden für die Modellbildung dem PRODUKTSYSTEM zugeordnet.

Im HANDLUNGSSYSTEM erfolgt die Erledigung der Aufgaben zur Umsetzung des Projektes und somit die Antwort auf die Frage: „Was soll getan werden?“. Diesem System werden die Indikatoren „PROJEKT“ und „METHODIK“ zugeordnet. Der Indikator PROJEKT umfasst Inhalte wie Genehmigungsverfahren, Vertragsmodelle, Reporting u. a. und konzentriert sich auf den Projekteinhalt außerhalb organisatorischer Strukturen. Der Fokus liegt auf dem „Was ist zu tun?“ und wird ergänzt mit dem „Wie wird es getan?“. Hierzu werden Führungs- und Managementmethoden über den Indikator METHODIK in die Betrachtung dieses Subsystems aufgenommen.

Die Indikatoren „ORGANISATION“ und „RESSOURCEN“ stellen die organisatorischen und personellen Belange eines Projektes dar und beantworten im HANDLUNGSTRÄGERSYSTEM die Frage „Wer tut was?“. In der Detailuntersuchung der Organisation gehen Beteiligte, Rollen, Beziehungen u. a. mit ein, die gemeinsam mit der Verfügbarkeit, den Begrenzungen und Energieflüssen im Bereich der Ressourcen und Kapazitäten betrachtet werden.

In der Projektumfeldbetrachtung, verbunden mit der Frage: „Welche Einflüsse erfolgen von außen?“ wird das fünfte Projekt-Subsystem, das „JMSYSTEM“ betrachtet. Diesem Subsystem werden die Indikatoren „KULTUR“, „CHANCEN/RISIKEN“ und „UMFELD“ zugeordnet. In die kulturelle Betrachtung fließen Teilaspekte wie externe Kulturaspekte durch länderübergreifende Zusammenarbeit und interne Kulturaspekte wie Kooperation und die Kultur der Zusammenarbeit ein. Chancen und Risiken können eine politische und strategische Bedeutung für die Beteiligten annehmen und ggfs. existenziell sein. Im Projektumfeld werden Einflussnahmen aus verschiedenen Stakeholderbereichen betrachtet und nicht steuerbare Rahmenbedingungen mit einbezogen.

Die Zuordnung der spezifischen Indikatoren zur Betrachtung der Subsysteme in Bauvorhaben ist in nachfolgender Abbildung zusammenfassend dargestellt:



		SYSTEME				
		1	2	3	4	5
		<b>ZIELSYSTEM</b>  Bedürfnisse (Was soll erreicht werden?)	<b>PRODUKTSYSTEM</b>  Produkte (Was ist der Leistungsinhalt?)	<b>HANDLUNGSSYSTEM</b>  Aufgaben (Was soll getan werden?)	<b>HANDLUNGS-TRÄGERSYSTEM</b>  Organisation (Wer tut etwas?)	<b>UMSYSTEM</b>  Umfeld (Welche Einflüsse erfolgen von außen?)
<b>INDIKATOR</b>	1	<b>ZIELE</b>				
	2	<b>OBJEKT</b>				
	3	<b>NEUARTIGKEIT</b>				
	4	<b>PROJEKT</b>				
	5	<b>METHODIK</b>				
	6	<b>ORGANISATION</b>				
	7	<b>RESSOURCEN</b>				
	8	<b>KULTUR</b>				
	9	<b>CHANCEN/RISIKEN</b>				
	10	<b>UMFELD</b>				

Tab. 19: Zuordnung spezifischer Indikatoren zu Subsystemen von Bauvorhaben

Die zehn spezifischen Indikatoren bilden mit den fünf Subsystemen den Projektsystemkreis für Bauvorhaben gemäß nachfolgender Abbildung:

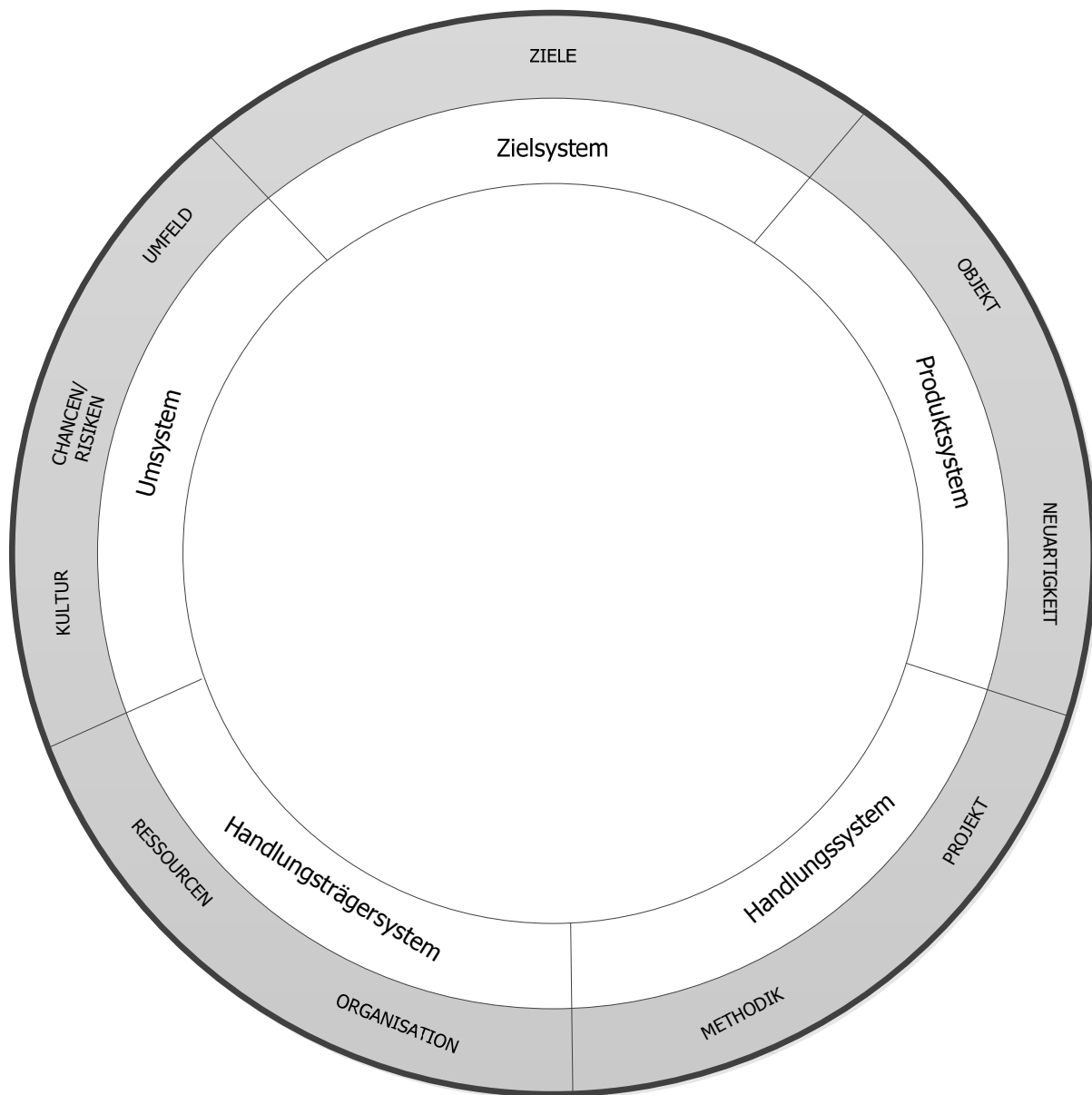


Abb. 62: Projektsystemkreis von Bauvorhaben

### 5.3 Modell zur Analyse und Bewertung der Komplexität in Bauvorhaben

Aus den Erkenntnissen nach Kapitel 5.1 bildet der Komplexitätskreis von Bauvorhaben nach Abb. 59 den Kern des Modells. Dieser berücksichtigt die Eigenschaften und Merkmale systemischer Komplexität. Die hier zugrundeliegende Beschreibung von Komplexität findet sich in allen fünf Subsystemen von Bauvorhaben wieder und somit auch in den zehn spezifischen Indikatoren großer Bauprojekte (vgl. Kap. 5.2).

Der Versuch zur Integration von Komplexitätskreis und Projektsystemkreis von Bauvorhaben führt zur nachfolgenden Darstellung:

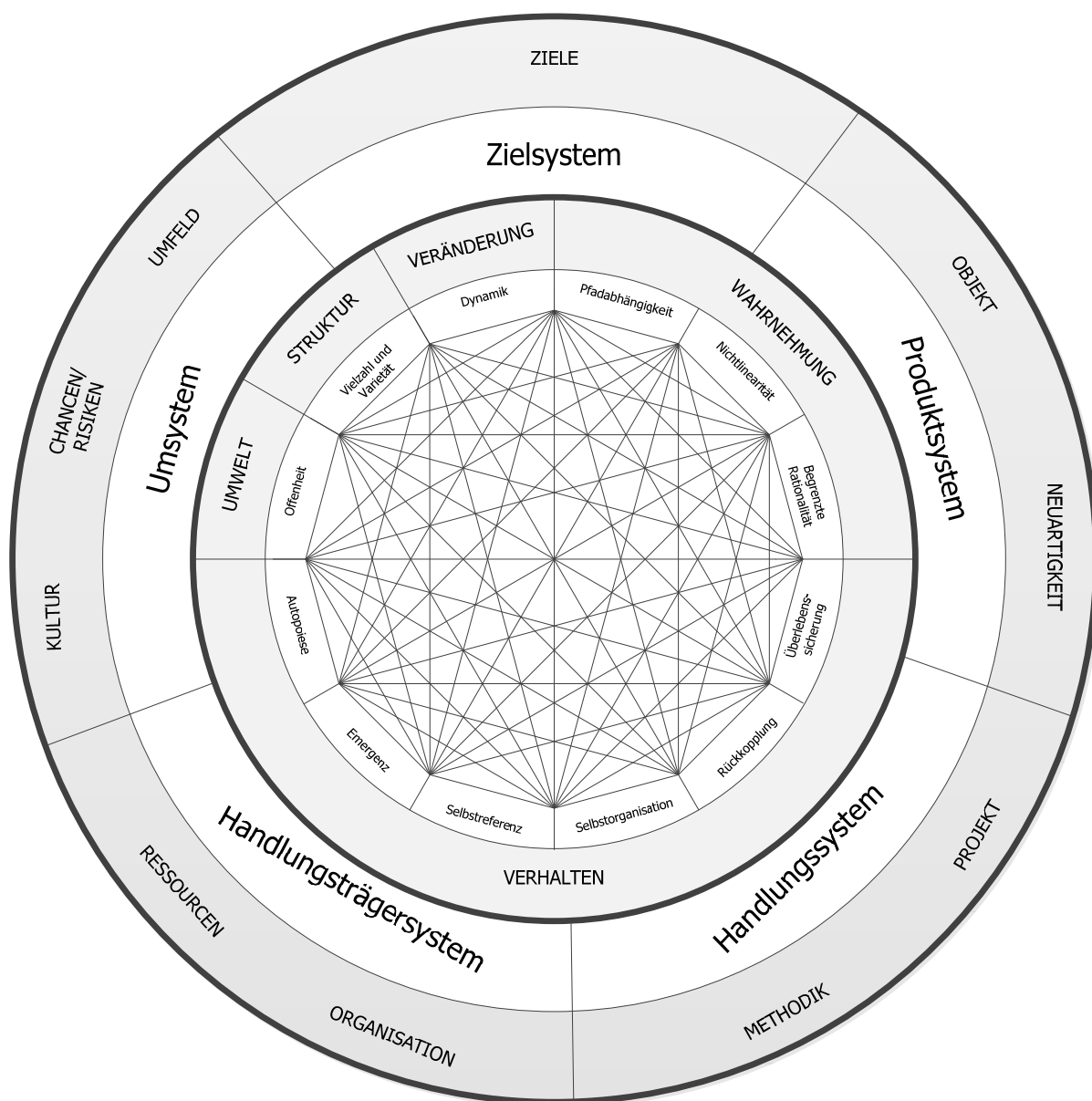


Abb. 63: Modell Komplexitäts- und Projektsystemkreis

Die zwölf Eigenschaften komplexer adaptiver Systeme (vgl. Kap. 3.3.1): Vielzahl und Varietät, Dynamik, Überlebenssicherung, Pfadabhängigkeit, Rückkopplungen, Nichtlinearität, Offenheit, begrenzte Rationalität, Selbstorganisation, Selbstreferenz, Emergenz und Autopoiese bilden die fünf Komplexitätsmerkmale: Struktur, Veränderung, Wahrnehmung, Verhalten und Umwelt (vgl. Kap. 5.1.6).

Systemische Komplexität wirkt in den fünf Subsystemen von Bauvorhaben: Ziele, Produkte, Handlungen, Handlungsträger und Umsystem. Wesentliche Indikatoren zur Darstellung der Wirkung von Komplexität in den Systemkreisen werden durch die zehn Indikatoren: Ziele, Objekt, Neuartigkeit, Projekt, Methodik, Organisation, Ressourcen, Kultur, Chancen/Risiken und das Umfeld ausgedrückt.

Der Projektsystemkreis überlagert den Komplexitätskreis, dessen Merkmale die einzelnen Indikatoren beeinflussen. Das Modell unternimmt den Versuch, durch Verschiebung der beiden Systemkreise gegeneinander eine Aussage zu Auswirkungen der Komplexität je Indikator zu treffen und einer Bewertung zuzuführen.

Die Verschiebung von Projektsystemkreis und Komplexitätskreis ist in nachfolgender Abbildung schematisch dargestellt:

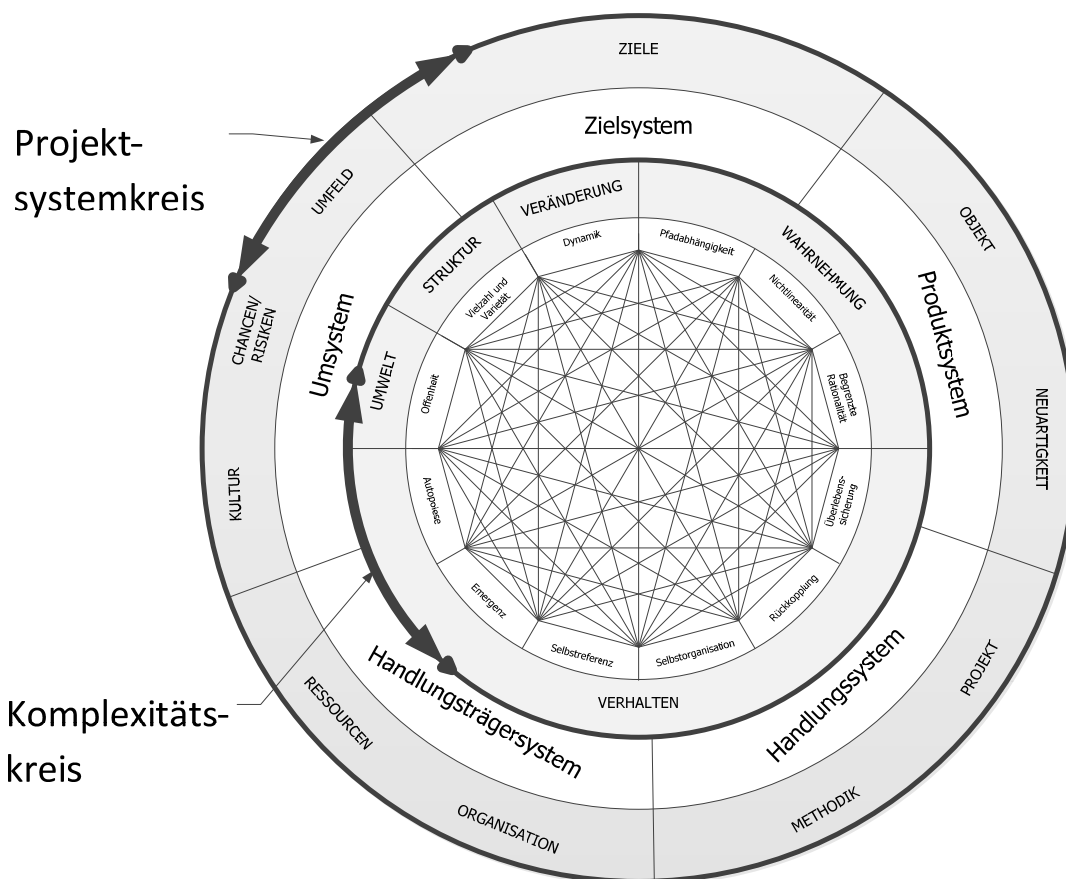


Abb. 64: Überlagerung Komplexitäts- und Projektsystemkreis

Der Versuch, Komplexität einer Bewertung zu unterziehen, basiert auf den Erkenntnissen der Systemtheorie aus den Kapiteln 2.4 und 3.3.

Einfache Systeme sind durch wenige Elemente, Relationen und Veränderungen gekennzeichnet, äußerst komplexe Systeme durch sehr viele Elemente und Relationen sowie sehr hohe Veränderungen in Verhalten und Abläufen. Die Komplexität steigt unter diesen Parametern bis zur Erreichung eines Grenzwertes (Rand des Chaos), bei dem keine Vorhersagen eines möglichen Verlaufs mehr möglich sind, da alle Prozesse ausschließlich dem Zufallsprinzip unterliegen.

Aus den möglichen Verläufen der Steigerung von Komplexität lässt sich folgender Bewertungsmaßstab darstellen:

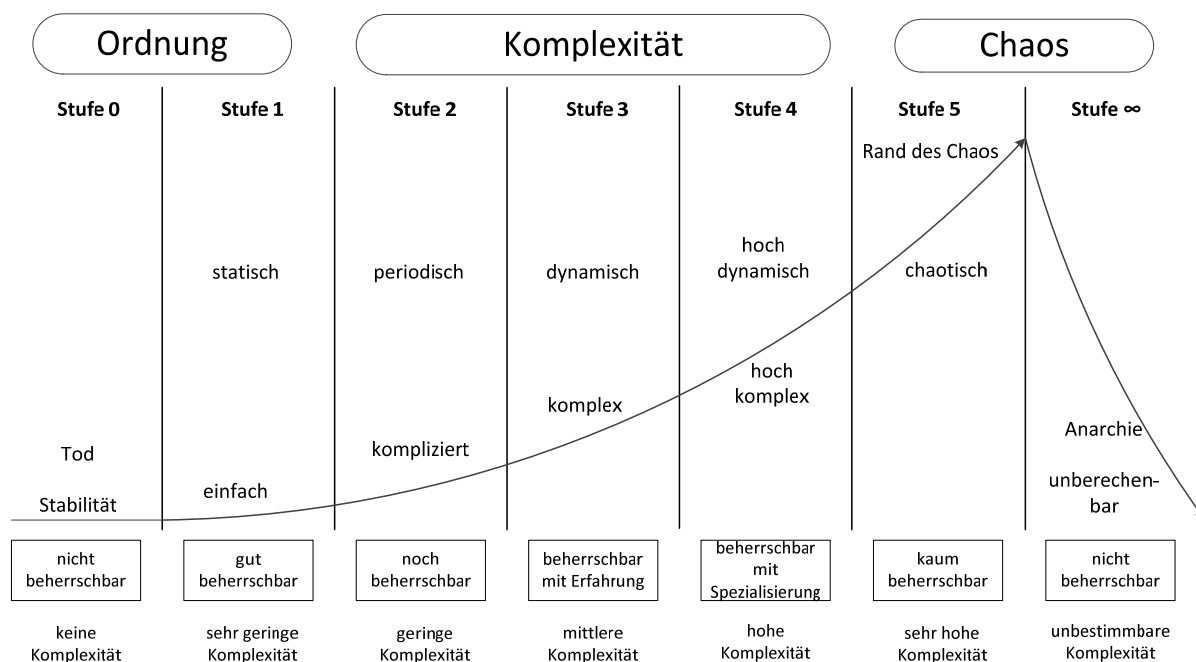


Abb. 65: Bewertungsmaßstab für Komplexität in Bauvorhaben

**Stufe 0:** Das System befindet sich in absoluter Starre. Es finden keine Veränderungen, somit auch keine Entwicklung, mehr statt. Es gibt daher keine Komplexität, jedoch auch keine Bewegung mehr. Das System ist tot und somit nicht beherrschbar.

**Stufe 1:** Es handelt sich hier um ein einfaches, statisches System. Es ist gut überschaubar, da nur geringe Veränderungen stattfinden. Die Komplexität ist nur sehr gering und das System gut beherrschbar.

**Stufe 2:** Die Anzahl der Elemente und Varietäten steigt und führt zu einer Kompliziertheit des Systems. Periodisch treten Veränderungen auf, die jedoch überschaubar bleiben und eine geringe Komplexität auslösen. Das System ist noch beherrschbar.

**Stufe 3:** Elemente und Varietäten steigen, die Relationen und Veränderungen nehmen zu und werden dynamischer in zeitlich kürzeren Abständen. Betrachter mit Erfahrung sind noch in der Lage, dieses System zu beherrschen. Stufe 3 drückt die mittlere Komplexität eines Systems aus.

**Stufe 4:** Elemente, Varietäten und Relationen haben eine hohe Entität im System erreicht. Die zeitlichen Abstände und die Anzahl der Veränderungen nehmen zu. Zur Beherrschung dieser Stufe werden erfahrene Spezialisten benötigt. Die Einstufung erfolgt als hohe Komplexität.

**Stufe 5:** Das System hat die höchste Entität erreicht. Veränderungen erfolgen immer schneller und sind kaum vorhersehbar. Die eintretenden chaotischen Verhältnisse sind kaum beherrschbar, je weiter sie an den Rand des Chaos geraten. Diese Stufe stellt die höchste Bewertung mit sehr hoher Komplexität dar.

**Stufe∞:** Das System hat den Rand des Chaos überschritten. Alle Abläufe und Vorgänge sind nur noch dem Zufallsprinzip unterworfen. Eine Aussage über den Zustand des Systems ist nicht mehr möglich, da es unberechenbar geworden ist. Im System herrscht Anarchie. Es liegt eine unbestimmbare Komplexität vor.

Aufbauend auf diese Erkenntnisse wird für die Modellierung folgender Bewertungsmaßstab der Komplexität festgelegt:

Grad	Eigenschaft	Umgang	Komplexität
1	einfach, statisch	gut beherrschbar	sehr gering
2	kompliziert, periodisch	noch beherrschbar	gering
3	komplex, dynamisch	beherrschbar mit Erfahrung	mittel
4	hoch komplex und dynamisch	beherrschbar mit Spezialisierung	hoch
5	chaotisch dynamisch	kaum beherrschbar	sehr hoch

Tab. 20: Bewertungsmaßstab für den Grad der Komplexität

Die zehn Indikatoren von Bauvorhaben werden in der weiteren Modellierung einer Analyse unterzogen und mit einem Bewertungsansatz den fünf Merkmalen der Komplexität gegenübergestellt. Die Eigenart der Systemkomplexität lässt lediglich eine quantifizierte Bewertung im Bereich der strukturellen Komplexität zu (vgl. Kap. 3.1). Die Bereiche Veränderung, Wahrnehmung, Verhalten und Umwelt ermöglichen lediglich eine relative Bewertung. Eine eindeutige Definition ist aufgrund mangelnder Erkenntnis und Wahrnehmung nicht möglich.

### 5.3.1 ZIELE

Der Indikator „Ziele“ gehört zum Systemkreis des Zielsystems und befasst sich mit den Bedürfnissen des Bauvorhabens hinsichtlich dessen „Was soll getan werden?“. Es ist zu unterscheiden nach

- Zielarten (z. B. Oberziele, Einzelziele, Prozessziele, Leistungsziele, ökologische Ziele, Finanzziele, Sozialziele u. a.)
- Zielrelationen (z. B. Prioritäten, Gewichtung, Zielkonkurrenz und Optimierungskriterien, Antinomie, K.o.-Kriterien, Transparenz von Auftrag und Zielen u. a.)
- Veränderungspotenzial aus Einflussfaktoren (vgl. Kap. 4.17, Rahmenbedingungen, Standort, Raumprogramm, Ausstattung u. a.)
- Teilziele der Beteiligten wie: Auftraggeber, Planer, Unternehmen, Kapitalgeber, Lieferanten, Behörden, Träger öffentlicher Belange, u. a.<sup>768</sup>

Ein bedeutendes Kriterium ist das Vorhandensein einer eindeutigen und klaren Projektdefinition, die im Rahmen einer vorgelagerten Bedarfsplanung erfolgte und eine fundierte Ziel- und Leistungsdefinition ermöglicht.

Unter Würdigung der Erkenntnisse aus Kapitel 4.2, 4.3 und 5.1 wird zur Bewertung der Komplexität des Indikators „Ziele“ folgende Festlegung zur Modellbildung getroffen:

#### STRUKTUREN

Das Komplexitätsmerkmal „Strukturen“ berücksichtigt die Vielzahl und Varietät der Projektziele. Die Bewertung umfasst die Anzahl und Unterschiedlichkeit der Zielkategorien und der Einzelziele unter Berücksichtigung der Klarheit der Zielsetzung, der Messbarkeit, der Priorisierung und ihrer Erfassbarkeit auf Basis des in Tab. 20 definierten Komplexitätsgrades mit folgender Einstufung:

- 1 sehr wenige Ziele, eindeutig messbar ( $\leq 3$  Oberziele,  $\leq 1$  Unterziele je Oberziel)
- 2 wenige Ziele, definiert, ohne Priorität ( $\leq 3$  Oberziele,  $\leq 3$  Unterziele je Oberziel)
- 3 mehrere Ziele, verschiedenartig, mit Priorisierung ( $\leq 5$  Oberziele,  $\leq 3$  Unterziele je Oberziel)
- 4 viele Ziele, sehr unterschiedlich, hohe Priorisierung ( $\leq 5$  Oberziele,  $\leq 5$  Unterziele je Oberziel)
- 5 unzählige Ziele, unklar definiert, unklare Priorisierung, schwer erfassbar ( $\geq 5$  Oberziele,  $\geq 5$  Unterziele je Oberziel)

#### VERÄNDERUNGEN

Das Komplexitätsmerkmal „Veränderungen“ berücksichtigt die Wahrscheinlichkeit von Veränderungen aus der Zielstruktur, der Bekanntheit und Verschiedenartigkeit der Ziele sowie das Risikopotenzial, unter Berücksichtigung möglicher Eigendynamik und Beeinflussungen durch die Umwelt. Auf Basis des definierten Komplexitätsgrades wird folgende Einstufung vorgenommen:

- 1 keine Veränderungen sind zu erwarten, Ober- und Teilziele verändern sich nicht
- 2 wenige Veränderungen sind wahrscheinlich, Oberziele bleiben konstant und Teilziele können sich in geringem Umfang verändern

---

<sup>768</sup> Vgl. Kochendörfer, B., et al. (2008), S. 18

- 3 Veränderungen sind wahrscheinlich und verschiedenartig, Oberziele und Teilziele können sich verändern
- 4 viele Veränderungen und sehr unterschiedlich, Oberziele oder Teilziele verändern sich in hohem Umfang
- 5 unzählige Veränderungen und sehr schwer erfassbar, Oberziele und Teilzeile verändern sich chaotisch

#### WAHRNEHMUNG

Das Komplexitätsmerkmal „Wahrnehmung“ berücksichtigt die Pfadabhängigkeit, Nichtlinearität und begrenzte Rationalität der Projektziele. In die Bewertung fließen historische Erkenntnisse über die Art und Inhalte der Projektziele, die Nichtlinearität der Zielrelationen, Umfang des Informationsbedarfs zur Zielerreichung und die Wahrnehmungsfähigkeit von Zieldivergenzen und Steuerbarkeit mit ein. Auf Basis des definierten Komplexitätsgrades ergibt sich folgende Einstufung:

- 1 bekannte Ziele, aufeinander aufbauend und geringer Informationsbedarf
- 2 teilweise bekannte Ziele, teilweise aufbauend und wenig Informationsbedarf
- 3 wenig bekannte Ziele, vereinzelt aufbauend und geregelter Informationsfluss
- 4 überwiegend neue Ziele, verknüpft mit hohem Informationsbedarf
- 5 vollständig neue Ziele mit starker Verknüpfung und sehr hohem Informationsbedarf

#### VERHALTEN

Das Komplexitätsmerkmal „Verhalten“ berücksichtigt die Überlebenssicherung, Rückkopplung, Selbstorganisation, Selbstreferenzialität, Emergenz und Autopoiese der Projektziele. Die Bewertung umfasst die Risiken der Zielerreichung, die Ausgewogenheit der Rückkopplungen und Freiheitsgrade zur Zielumsetzung sowie die Wahrscheinlichkeit einer geregelten Eigensteuerung der Zielverfolgung. Auf Basis des definierten Komplexitätsgrades ergibt sich folgende Einstufung:

- 1 sehr geringe oder ausgewogene Risiken, sehr hohe und ausgewogene Rückkopplungen, sehr viele Freiheitsgrade, sehr großes Vertrauen, sehr hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung der Zielerreichung, kaum Konflikte zu erwarten
- 2 geringe oder ausgewogene Risiken, hohe und ausgewogene Rückkopplungen, viele Freiheitsgrade, großes Vertrauen, hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung der Zielerreichung, geringes Konfliktpotenzial
- 3 ausgewogene Risiken und ausgewogene Rückkopplungen, teilweise Freiheitsgrade, mittleres Vertrauen, geregelte Eigensteuerung von Teilen der Zielerreichung wahrscheinlich, Konflikte sind wahrscheinlich
- 4 viele einseitige Risiken, wenig ausgewogene Rückkopplungen oder hohe einseitige Rückkopplungen, geringe Freiheitsgrade, geringes Vertrauen, geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung von Teilen der Zielerreichung, hohes Konfliktpotenzial
- 5 sehr viele einseitige Risiken, sehr wenig ausgewogene oder sehr hohe einseitige Rückkopplungen, sehr geringe Freiheitsgrade, sehr geringes Vertrauen, sehr geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung von Teilen der Zielerreichung, sehr hohes Konfliktpotenzial



### UMWELT

Das Komplexitätsmerkmal „Umwelt“ berücksichtigt die Offenheit der Projektziele hinsichtlich eines externen Einflusses. Die Bewertung umfasst die Wahrscheinlichkeit der Beeinflussung der Projektziele durch nicht steuerbare Umweltbeeinflussungen. Auf Basis des definierten Komplexitätsgrades ergibt sich folgende Einstufung:

- 1 sehr geringer Einfluss der Projektumwelt auf die Ziele, ohne Wechselwirkungen
- 2 wenig Einfluss der Projektumwelt auf die Ziele, geringe Wechselwirkungen
- 3 Projektumwelt nimmt Einfluss auf die Ziele, Wechselwirkungen sind wahrscheinlich
- 4 Projektumwelt nimmt einen hohen Einfluss auf die Ziele, hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich
- 5 Projektumwelt nimmt einen sehr hohen Einfluss auf die Ziele, sehr hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich

Die Ergebnisse der Bewertung des Indikators „Ziele“ sind in nachfolgender Tabelle zusammengefasst. Die Tabelle dient gleichzeitig zur Berechnung eines indikatorbezogenen Mittelwertes der Komplexität der Ziele.

ZIELE	Spezifischer Komplexitätsgrad (Indikator) ( $K_I$ )					0,0
	1	2	3	4	5	
<b>KOMPLEXITÄT</b>						<b>SUMME</b>
<b>MERKMALE</b>	<b>sehr gering</b>	<b>gering</b>	<b>mittel</b>	<b>hoch</b>	<b>sehr hoch</b>	
<b>STRUKTUREN</b>	sehr wenige Ziele, eindeutig messbar ( $\leq 3$ Oberziele, $\leq 1$ Unterziele je Oberziel)	wenige Ziele, definiert, ohne Priorität ( $\leq 3$ Oberziele, $\leq 3$ Unterziele je Oberziel)	mehrere Ziele, verschiedenartig, mit Priorisierung ( $\leq 5$ Oberziele, $\leq 3$ Unterziele je Oberziel)	viele Ziele, sehr unterschiedlich, hohe Priorisierung ( $\leq 5$ Oberziele, $\leq 5$ Unterziele je Oberziel)	unzählige Ziele, unklar definiert, unklare Priorisierung, schwer erfassbar ( $\geq 5$ Oberziele, $\geq 5$ Unterziele je Oberziel)	0,0
<b>VERÄNDERUNGEN</b>	keine Veränderungen sind zu erwarten, Ober- und Teilziele verändern sich nicht	wenige Veränderungen sind wahrscheinlich, Oberziele bleiben konstant und Teilziele können sich in geringem Umfang verändern	Veränderungen sind wahrscheinlich und verschiedenartig, Oberziele und Teilziele können sich verändern	viele Veränderungen und sehr unterschiedlich, Oberziele oder Teilziele verändern sich in hohem Umfang	unzählige Veränderungen und sehr schwer erfassbar, Oberziele und Teilziele verändern sich chaotisch	0,0
<b>WAHRNEHMUNG</b>	bekannte Ziele, aufeinander aufbauend und geringer Informationsbedarf	teilweise bekannte Ziele, teilweise aufbauend und wenig Informationsbedarf	wenig bekannte Ziele, vereinzelt aufbauend und geregelter Informationsfluss	überwiegend neue Ziele, verknüpft mit hohem Informationsbedarf	vollständig neue Ziele mit starker Verknüpfung und sehr hohem Informationsbedarf	0,0
<b>VERHALTEN</b>	sehr geringe oder ausgewogene Risiken, sehr hohe und ausgewogene Rückkopplungen, sehr viele Freiheitsgrade, sehr großes Vertrauen, sehr hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung von Teilen der Zielerreichung, kaum Konflikte zu erwarten	geringe oder ausgewogene Risiken, hohe und ausgewogene Rückkopplungen, viele Freiheitsgrade, großes Vertrauen, hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung von Teilen der Zielerreichung, geringes Konfliktpotenzial	ausgewogene Risiken und ausgewogene Rückkopplungen, teilweise Freiheitsgrade, mittleres Vertrauen, geregelte Eigensteuerung von Teilen der Zielerreichung wahrscheinlich, Konflikte sind wahrscheinlich	viele einseitige Risiken, wenig ausgewogene Rückkopplungen oder hohe einseitige Rückkopplungen, geringe Freiheitsgrade, geringes Vertrauen, geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung von Teilen der Zielerreichung, hohes Konfliktpotenzial	sehr viele einseitige Risiken, sehr wenig ausgewogene oder sehr hohe einseitige Rückkopplungen, sehr geringe Freiheitsgrade, sehr geringes Vertrauen, sehr geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung von Teilen der Zielerreichung, sehr hohes Konfliktpotenzial	0,0
<b>UMWELT</b>	sehr geringer Einfluss der Projektumwelt auf die Ziele, ohne Wechselwirkungen	wenig Einfluss der Projektumwelt auf die Ziele, geringe Wechselwirkungen	Projektumwelt nimmt Einfluss auf die Ziele, Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Projektumwelt nimmt einen hohen Einfluss auf die Ziele, hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Projektumwelt nimmt einen sehr hohen Einfluss auf die Ziele, sehr hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	0,0

Tab. 21: Komplexitätsgrad „ZIELE“

### 5.3.2 OBJEKT

Der Indikator „Objekt“ gehört zum Systemkreis des Produktsystems und befasst sich mit den zu erbringenden Leistungsinhalten. Im Bereich von Bauvorhaben ist das zu erstellende Objekt das Produkt. Es ist zu unterscheiden nach den Teilaspekten:

- Grundstück: freies Gelände, Innenstadtbereich, Kontamination (Schutzziele)
- Objektart (Neubau / Umbau / in Betrieb, u. a.)
- Nutzung (Wohnen, Arbeiten, Versorgung, Bildung, Erholung, Infrastruktur, Sozial, u. a.)
- Nutzungsdauer: temporär, kurzfristig, mittelfristig, langfristig, u. a.
- Funktionalität: Funktionsbereiche, Nutzungsmix, Nutzungsflexibilität, Ertrag<sup>769</sup>, u. a.
- Struktur: Raum, Gruppe, Etage, Abschnitt, Bauteil, Gebäude, Gliederung, Ordnungsbeziehungen, Konstruktion, u. a.
- Technisierungsgrad: Anteil der Gebäudetechnik, u. a.
- Fertigung: Einzel- oder Serienfertigung, u. a.
- Inbetriebnahme: Testbedingungen, Abnahmebedingungen, u. a.
- Qualität: Baustoffe, Bauteile, Elemente, u. a.
- Einflussnahmen: Intensität der Eingriffe, Interaktionen zum Umfeld, u. a.

Unter Würdigung der Erkenntnisse aus Kapitel 4.2, 4.3 und 5.1 wird zur Bewertung der Komplexität des Indikators „Objekt“ folgende Festlegung zur Modellbildung getroffen:

#### STRUKTUREN

Das Komplexitätsmerkmal „Strukturen“ berücksichtigt die Vielzahl und Varietät des oder der Objekte. Die Bewertung umfasst die Anzahl und Unterschiedlichkeit der o.g. Teilaspekte hinsichtlich Objektart, Nutzung, Funktionalität und Struktur. In die Betrachtung gehen mögliche Wechselwirkungen innerhalb der strukturellen Aspekte mit ein. Auf Basis des definierten Komplexitätsgrades erfolgt folgende Einstufung:

- 1 sehr wenige Objekte, Nutzungs- und Funktionsbereiche, einfache Grundstückssituation, Neubau, sehr einfache Strukturen, sehr geringe Wechselwirkungen (1 Objekt, 1 Nutzungsbereich/Funktion)
- 2 wenige Objekte, Nutzungs- und Funktionsbereiche, komplizierte Grundstückssituation, Neubau oder im Bestand, einfache Strukturen, geringe Wechselwirkungen ( $\leq 2$  Objekte,  $\leq 2$  Nutzungsbereiche je Objekt, Standardstrukturen)
- 3 mehrere Objekte, Nutzungs- und Funktionsbereiche, komplexe Grundstückssituation, Neubau / im Bestand / innerstädtisch, mittelschwierige Strukturen, mehrere Wechselwirkungen ( $\leq 4$  Objekte,  $\leq 4$  Nutzungsbereiche je Objekt, teilweise Standardstrukturen)
- 4 viele Objekte, viele unterschiedliche Nutzungs- und Funktionsbereiche, hoch komplexe Grundstückssituation, hoch komplexer Neubau / im Bestand / innerstädtisch / im Betrieb, schwierige

---

<sup>769</sup> Vgl. Kochendörfer, B., et al. (2008), S. 7

Strukturen, hohe Wechselwirkungen ( $\leq 8$  Objekte,  $\leq 8$  Nutzungsbereiche je Objekt, wenige Standardstrukturen)

- 5 sehr viele Objekte, sehr unterschiedliche Nutzungs- und Funktionsbereiche, sehr hoch komplexe Grundstückssituation, sehr hoch komplexer Neubau / im Bestand / innerstädtisch / im Betrieb, sehr schwierige Strukturen, sehr hohe Wechselwirkungen ( $\geq 9$  Objekte,  $\geq 9$  Nutzungsbereiche je Objekt, keine Standardstrukturen)

#### VERÄNDERUNGEN

Das Komplexitätsmerkmal „Veränderungen“ berücksichtigt die Wahrscheinlichkeit von Veränderungen aus den Objekt-Teilaspekten wie Bekanntheit und Verschiedenartigkeit der Objektinhalte sowie des Risikopotenzials. Es berücksichtigt die Entwicklung möglicher Eigendynamik und mögliche Beeinflussungen durch die Umwelt. Auf Basis des definierten Komplexitätsgrades wird folgende Einstufung vorgenommen:

- 1 keine Veränderungen der Objekt-Teilaspekte sind zu erwarten
- 2 wenige Veränderungen der Objekt-Teilaspekte sind wahrscheinlich
- 3 Veränderungen der Objekt-Teilaspekte sind wahrscheinlich, verschiedenartig
- 4 viele Veränderungen der Objekt-Teilaspekte sind wahrscheinlich, sehr unterschiedlich
- 5 unzählige Veränderungen der Objekt-Teilaspekte sind wahrscheinlich, schwer erfassbar

#### WAHRNEHMUNG

Das Komplexitätsmerkmal „Wahrnehmung“ berücksichtigt die Pfadabhängigkeit, Nichtlinearität und begrenzte Rationalität der Projektziele. In die Bewertung fließen historische Erkenntnisse über die Art und Inhalte der Objekt-Teilaspekte, die Nichtlinearität der Objektrelationen, Umfang des Informationsbedarfs zur Umsetzung und die Wahrnehmungsfähigkeit von Divergenzen bzw. der Steuerbarkeit mit ein. Auf Basis des definierten Komplexitätsgrades ergibt sich folgende Einstufung:

- 1 bekannte Objektinhalte, einfache Nutzung und Funktionalität, sehr einfacher Aufbau, sehr geringer Informationsbedarf
- 2 teilweise bekannte Objektinhalte, komplizierte Nutzung und Funktionalität, komplizierter Aufbau, geringer Informationsbedarf
- 3 wenig bekannte Objektinhalte, komplexer Nutzungsmix und Funktionalität, komplexer Aufbau, geregelter Informationsfluss
- 4 überwiegend neue Objektinhalte, hoher komplexer Nutzungsmix und Funktionalität, hoher komplexer Aufbau mit hohem Informationsbedarf
- 5 vollständig neue Objektinhalte, sehr komplexer Nutzungsmix und Funktionalität, sehr komplexer Aufbau mit sehr starken Verknüpfungen und sehr hohem Informationsbedarf

#### VERHALTEN

Das Komplexitätsmerkmal „Verhalten“ berücksichtigt die Überlebenssicherung, Rückkopplung, Selbstorganisation, Selbstreferenzialität, Emergenz und Autopoiesis der Objekt-Teilaspekte. Die Bewertung umfasst die Risiken der Objektvorgaben, die Ausgewogenheit der Rückkopplungen und Freiheitsgrade zur Umsetzung sowie die Wahrscheinlichkeit einer geregelten Eigensteuerung der Zielverfolgung. Auf Basis des definierten Komplexitätsgrades ergibt sich folgende Einstufung:

- 1 sehr geringe oder ausgewogene Risiken, sehr hohe und ausgewogene Rückkopplungen, sehr viele Freiheitsgrade, sehr großes Vertrauen, sehr hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung der Objektvorgaben, kaum Konflikte zu erwarten
- 2 geringe oder ausgewogene Risiken, hohe und ausgewogene Rückkopplungen, viele Freiheitsgrade, großes Vertrauen, hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung der Objektvorgaben, geringes Konfliktpotenzial
- 3 ausgewogene Risiken und ausgewogene Rückkopplungen, teilweise Freiheitsgrade, mittleres Vertrauen, geregelte Eigensteuerung von Teilen der Objektvorgaben wahrscheinlich, Konflikte sind wahrscheinlich
- 4 viele einseitige Risiken, wenig ausgewogene Rückkopplungen oder hohe einseitige Rückkopplungen, geringe Freiheitsgrade, geringes Vertrauen, geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung von Teilen der Objektvorgaben, hohes Konfliktpotenzial
- 5 sehr viele einseitige Risiken, sehr wenig ausgewogene oder sehr hohe einseitige Rückkopplungen, sehr geringe Freiheitsgrade, sehr geringes Vertrauen, sehr geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung von Teilen der Objektvorgaben, sehr hohes Konfliktpotenzial

#### UMWELT

Das Komplexitätsmerkmal „Umwelt“ berücksichtigt die Offenheit der Objekt-Teilaspekte hinsichtlich eines externen Einflusses. Die Bewertung umfasst die Wahrscheinlichkeit der Beeinflussung der Objektvorgaben durch nicht steuerbare Umweltbeeinflussungen. Auf Basis des definierten Komplexitätsgrades ergibt sich folgende Einstufung:

- 1 sehr geringer Einfluss der Projektumwelt auf die Objektvorgaben, ohne Wechselwirkungen
- 2 wenig Einfluss der Projektumwelt auf die Objektvorgaben, geringe Wechselwirkungen
- 3 Projektumwelt nimmt Einfluss auf die Objektvorgaben, Wechselwirkungen sind wahrscheinlich
- 4 Projektumwelt nimmt einen hohen Einfluss auf die Objektvorgaben, hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich
- 5 Projektumwelt nimmt einen sehr hohen Einfluss auf die Objektvorgaben, sehr hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich

Die Ergebnisse der Bewertung des Indikators „Objekt“ sind in nachfolgender Tabelle zusammengefasst. Die Tabelle dient gleichzeitig zur Berechnung eines indikatorbezogenen Mittelwertes der Komplexität des Objekts.

OBJEKT	Spezifischer Komplexitätsgrad (Indikator) ( $K_I$ )					SUMME
	1	2	3	4	5	
<b>KOMPLEXITÄTSGRAD</b>						<b>0,0</b>
<b>MERKMALE</b>	<b>sehr gering</b>	<b>gering</b>	<b>mittel</b>	<b>hoch</b>	<b>sehr hoch</b>	
<b>STRUKTUREN</b>	sehr wenige Objekte, Nutzungs- und Funktionsbereiche, einfache Grundstücksituation, Neubau, sehr einfache Strukturen, sehr geringe Wechselwirkungen (1 Objekt, 1 Nutzungsbereich/Funktion)	wenige Objekte, Nutzungs- und Funktionsbereiche, komplizierte Grundstücksituation, Neubau oder in Bestand, einfache Strukturen, geringe Wechselwirkungen ( $\leq 2$ Objekte, $\leq 2$ Nutzungsbereiche je Objekt, Standardstrukturen)	mehrere Objekte, Nutzungs- und Funktionsbereiche, komplexe Grundstücksituation, Neubau / in Bestand / innerstädtisch, mittelschwierige Strukturen, mehrere Wechselwirkungen ( $\leq 4$ Objekte, $\leq 4$ Nutzungsbereiche je Objekt, teilweise Standardstrukturen)	viele Objekte, viele unterschiedliche Nutzungs- und Funktionsbereiche, hoch komplexe Grundstücksituation, hoch komplexer Neubau / in Bestand / innerstädtisch / im Betrieb, sehr schwierige Strukturen, sehr hohe Wechselwirkungen ( $\geq 8$ Objekte, $\geq 8$ Nutzungsbereiche je Objekt, wenige Standardstrukturen)	sehr viele Objekte, sehr unterschiedliche Nutzungs- und Funktionsbereiche, sehr hoch komplexe Grundstücksituation, sehr hoch komplexer Neubau / in Bestand / innerstädtisch / im Betrieb, sehr schwierige Strukturen, sehr hohe Wechselwirkungen ( $\geq 9$ Objekte, $\geq 9$ Nutzungsbereiche je Objekt, keine Standardstrukturen)	0,0
<b>VERÄNDERUNGEN</b>	keine Veränderungen der Objekt-Teilaspekte sind zu erwarten	wenige Veränderungen der Objekt-Teilaspekte sind wahrscheinlich	Veränderungen der Objekt-Teilaspekte sind wahrscheinlich, verschiedenartig	viele Veränderungen der Objekt-Teilaspekte sind wahrscheinlich, sehr unterschiedlich	unzählige Veränderungen der Objekt-Teilaspekte sind wahrscheinlich, schwer erfassbar	0,0
<b>WAHRNEHMUNG</b>	bekannte Objektinhalte, einfache Nutzung und Funktionalität, sehr einfacher Aufbau, sehr geringer Informationsbedarf	teilweise bekannte Objektinhalte, komplizierte Nutzung und Funktionalität, komplizierter Aufbau, geringer Informationsbedarf	wenig bekannte Objektinhalte, komplexer Nutzungsmix und Funktionalität, komplexer Aufbau, geregelter Informationsfluss	überwiegend neue Objektinhalte, hoher komplexer Nutzungsmix und Funktionalität, sehr hoher komplexer Aufbau mit starkem Verknüpfungen und sehr hohem Informationsbedarf	vollständig neue Objektinhalte, sehr komplexer Nutzungsmix und Funktionalität, sehr komplexer Aufbau mit sehr starken Verknüpfungen und sehr hohem Informationsbedarf	0,0
<b>VERHALTEN</b>	sehr geringe oder ausgewogene Risiken, sehr hohe und ausgewogene Rückkopplungen, sehr viele Freiheitsgrade, sehr großes Vertrauen, sehr hohe Wahrscheinlichkeit zur gegelten Eigensteuerung von Teilen der Objektivorgaben, kaum Konflikte zu erwarten	geringe oder ausgewogene Risiken, hohe und ausgewogene Rückkopplungen, viele Freiheitsgrade, großes Vertrauen, hohe Wahrscheinlichkeit zur gegelten Eigensteuerung von Teilen der Objektivorgaben, geringes Konfliktpotenzial	ausgewogene Risiken und ausgewogene Rückkopplungen, teilweise Freiheitsgrade, mittleres Vertrauen, geregelte Eigensteuerung von Teilen der Objektivorgaben wahrscheinlich, Konflikte sind wahrscheinlich	viele einseitige Risiken, wenig ausgewogene Rückkopplungen oder hohe einseitige Rückkopplungen, geringe Freiheitsgrade, geringes Vertrauen, geringe Wahrscheinlichkeit zur gegelten Eigensteuerung von Teilen der Objektivorgaben, hohes Konfliktpotenzial	sehr viele einseitige Risiken, sehr wenig ausgewogene oder sehr hohe einseitige Rückkopplungen, sehr geringe Freiheitsgrade, sehr geringes Vertrauen, sehr geringe Wahrscheinlichkeit zur gegelten Eigensteuerung von Teilen der Objektivorgaben, sehr hohes Konfliktpotenzial	0,0
<b>UMWELT</b>	sehr geringer Einfluss der Projektumwelt auf die Ziele, ohne Wechselwirkungen	wenig Einfluss der Projektumwelt auf die Ziele, geringe Wechselwirkungen	Projektumwelt nimmt Einfluss auf die Ziele, Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Projektumwelt nimmt einen hohen Einfluss auf die Ziele, hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Projektumwelt nimmt einen sehr hohen Einfluss auf die Ziele, sehr hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	0,0

Tab. 22: Komplexitätsgrad „OBJEKT“

### 5.3.3 NEUARTIGKEIT

Der Indikator „Neuartigkeit“ beinhaltet Aspekte der Innovationskomplexität im Objekt und ist dem Produktsystem zugeordnet. Neuartigkeit beschreibt nicht oder nur zum Teil wiederholende Aufgaben, verbunden mit Unsicherheiten und hohem Risiko.<sup>770</sup>

Neuartigkeit bewirkt eine deutlich höhere Wahrscheinlichkeit des Scheiterns bei Routineaufgaben. Mit steigendem Neuheitsgrad nimmt das Risiko zu. Entscheidend für die relative Bewertung dieses Indikators ist der Referenzpunkt in der Beurteilung, der von den Erfahrungen des Betrachters abhängig ist. Zur Unterscheidung dient der Ansatz einer inkrementellen (schrittweisen, relativ sehr kleinen) versus einer radikalen (sprunghaft, relativ sehr großen, Quantensprung) Neuartigkeit. Der Innovationsgrad wirkt sich in allen Teilaspekten aus, vom Entwurf bis zur Wahl der Materialien.<sup>771</sup> (vgl. Kap. 4.1).

Die Betrachtung der Neuartigkeit kann in großen Bauprojekten nicht ohne die Berücksichtigung der Einmaligkeit erfolgen. Bauvorhaben gelten per Definition als Projekte und sind daher vom Grunde her einmalig in ihren Rahmenbedingungen zur Erstellung eines Objektes. Ein hohes Maß an Einmaligkeit begrenzt die Standardisierung von Prozessen und lässt nur eine geringe Serienfertigung zu.<sup>772</sup> Sehr hohe Neuartigkeit und Einmaligkeit sind häufig bei großen öffentlichen Bauvorhaben und Infrastrukturprojekten zu finden. Sie sind gekennzeichnet durch sehr lange Laufzeiten und bedürfen eines hohen Reifegrades der Beteiligten. Hierzu zählen einzigartige Bauwerke, überregionale Verkehrsanlagen (Straße, Schiene, Wasser, Luft) mit besonderer Bedeutung, aber auch einmalige Produktionsanlagen oder Offshore-Anlagen.

Im Bereich von Bauvorhaben unterscheiden wir die Neuartigkeit nach den Teilaspekten:

- Art der Innovation (inkrementell oder radikal)
- Einmaligkeit
- Erfahrung
- Standardisierung
- Technologien
- Produktionsprozess
- Marktgängigkeit
- Kapitalbedarf
- Kreativität
- Spielräume

Unter Würdigung der Erkenntnisse aus Kapitel 4.2, 4.3 und 5.1 wird zur Bewertung der Komplexität des Indikators „Neuartigkeit“ folgende Festlegung zur Modellbildung getroffen:

---

<sup>770</sup> Vgl. Patzak, G. & Rattay, G. (2009), S. 20

<sup>771</sup> Vgl. Gessler, M. (2012), S. 45

<sup>772</sup> Vgl. Gessler, M. (2012), S. 1132–1133

### STRUKTUREN

Das Komplexitätsmerkmal „Strukturen“ berücksichtigt die Vielzahl und Varietät der Neuartigkeit des Bauvorhabens. Die Bewertung umfasst die Anzahl und Unterschiedlichkeit der o.g. Teilaspekte hinsichtlich Art der Innovation (inkrementell oder radikal), Einmaligkeit, Standardisierung, Technologie, Produktionsprozess, Marktgängigkeit. In die Betrachtung gehen mögliche Wechselwirkungen innerhalb der strukturellen Aspekte mit ein. Auf Basis des definierten Komplexitätsgrades mit folgender Einstufung:

- 1 keine Innovationen, sehr hohe Standardisierung, ausschließlich bekannte Technologien, sehr hoher Vorfertigungsgrad, ausschließlich marktübliche Produkte und Verfahren, sehr geringe Wechselwirkungen
- 2 geringe Innovationen (inkrementell), hohe Standardisierung, Standardisierung, bekannte Technologien, hoher Vorfertigungsgrad, marktübliche Produkte und Verfahren, geringe Wechselwirkungen
- 3 mittlere Innovationen (inkrementell), teilweise Standardisierung, Standardisierung, überwiegend bekannte Technologien, geringer Vorfertigungsgrad, teilweise marktübliche Produkte und Verfahren, mehrere Wechselwirkungen
- 4 hoher Innovationsbedarf (teilweise inkrementell und radikal), geringe Standardisierung, viele neue Technologien, sehr geringer Vorfertigungsgrad, wenig marktübliche Produkte und Verfahren, hohe Wechselwirkungen
- 5 sehr hoher bis unüberschaubarer Innovationsbedarf (radikal), sehr geringe bis keine Standardisierung, überwiegend neue Technologien, kein Vorfertigungsgrad, sehr wenige marktübliche Produkte und Verfahren, sehr hohe Wechselwirkungen

### VERÄNDERUNGEN

Das Komplexitätsmerkmal „Veränderungen“ berücksichtigt die Wahrscheinlichkeit von Veränderungen aus den Teilaspekten wie Innovationsgrad, Einmaligkeit, Standardisierung, Technologie, Produktionsprozess, Kapitalbedarf und Marktgängigkeit. Weiterhin wird das sich hieraus ergebende Risikopotenzial unter Berücksichtigung möglicher Eigendynamik und Beeinflussungen durch die Umwelt betrachtet. Auf Basis des definierten Komplexitätsgrades wird folgende Einstufung vorgenommen:

- 1 keine Veränderungen aus den Teilaspekten der Neuartigkeit sind zu erwarten
- 2 wenige Veränderungen aus den Teilaspekten der Neuartigkeit sind wahrscheinlich
- 3 Veränderungen aus den Teilaspekten der Neuartigkeit sind wahrscheinlich, verschiedenartig
- 4 viele Veränderungen aus den Teilaspekten der Neuartigkeit sind wahrscheinlich, sehr unterschiedlich
- 5 unzählige Veränderungen aus den Teilaspekten der Neuartigkeit sind wahrscheinlich, schwer erfassbar

### WAHRNEHMUNG

Das Komplexitätsmerkmal „Wahrnehmung“ berücksichtigt die Pfadabhängigkeit, Nichtlinearität und begrenzte Rationalität der Neuartigkeit. In die Bewertung fließen historische Erkenntnisse über die Art und Inhalte der Objekt-Teilaspekte, die Nichtlinearität der Innovationsrelationen, Umfang des Informa-



tionsbedarfs zur Umsetzung und die Wahrnehmungsfähigkeit von Divergenzen bzw. der Steuerbarkeit mit ein. Auf Basis des definierten Komplexitätsgrades ergibt sich folgende Einstufung:

- 1 bekannte Objekthalte, geringe Innovationsanforderungen, sehr linearer Prozessablauf, sehr bekannte Produktionsabläufe, sehr geringe Vernetzung der Innovationen, sehr geringer Informationsbedarf
- 2 teilweise bekannte Objekthalte, Innovationsanforderungen vorhanden, linearer Prozessablauf, bekannte Produktionsabläufe, geringe Vernetzung der Innovationen, geringer Informationsbedarf
- 3 wenig bekannte Objekthalte, komplexe Innovationsanforderungen, teilweise parallele Prozessabläufe, teilweise bekannte Produktionsabläufe, Vernetzung der Innovationen vorhanden, geregelter Informationsbedarf erforderlich
- 4 überwiegend neue Objekthalte, hohe komplexe Innovationsanforderungen, parallele Prozessabläufe, viele unbekannte Produktionsabläufe, hohe Vernetzung der Innovationen vorhanden, hoher Informationsbedarf
- 5 vollständig neue Objekthalte, sehr komplexe Innovationsanforderungen, sprunghaft wechselnde Prozessabläufe, sehr viele unbekannte Produktionsabläufe, sehr hohe Vernetzung der Innovationen vorhanden, sehr hoher Informationsbedarf

#### VERHALTEN

Das Komplexitätsmerkmal „Verhalten“ berücksichtigt die Überlebenssicherung, Rückkopplung, Selbstorganisation, Selbstreferenzialität, Emergenz und Autopoiese der Teilaspekte der Neuartigkeit. Die Bewertung umfasst die Risiken der Innovationsvorgaben, die Ausgewogenheit der Rückkopplungen und Freiheitsgrade (Kreativität, Spielräume, Kapitalbedarf) zur Umsetzung sowie die Wahrscheinlichkeit einer geregelten Eigensteuerung der Zielverfolgung. Auf Basis des definierten Komplexitätsgrades ergibt sich folgende Einstufung:

- 1 sehr geringe oder ausgewogene Risiken, sehr hohe und ausgewogene Rückkopplungen, sehr viele Freiheitsgrade, sehr großes Vertrauen, sehr hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung der Objektvorgaben, sehr hohes Budget für Innovation, kaum Konflikte zu erwarten
- 2 geringe oder ausgewogene Risiken, hohe und ausgewogene Rückkopplungen, viele Freiheitsgrade, großes Vertrauen, hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung der Objektvorgaben, hohes Budget für Innovation, geringes Konfliktpotenzial
- 3 ausgewogene Risiken und ausgewogene Rückkopplungen, teilweise Freiheitsgrade, mittleres Vertrauen, geregelte Eigensteuerung von Teilen der Objektvorgaben wahrscheinlich, Innovationsbudget vorhanden, Konflikte sind wahrscheinlich
- 4 viele einseitige Risiken, wenig ausgewogene Rückkopplungen oder hohe einseitige Rückkopplungen, geringe Freiheitsgrade, geringes Vertrauen, geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung von Teilen der Objektvorgaben, geringes Budget für Innovation, hohes Konfliktpotenzial
- 5 sehr viele einseitige Risiken, sehr wenig ausgewogene oder sehr hohe einseitige Rückkopplungen, sehr geringe Freiheitsgrade, sehr geringes Vertrauen, sehr geringe Wahrscheinlichkeit

zur geregelten Eigensteuerung von Teilen der Objektvorgaben, kein Budget für Innovation, sehr hohes Konfliktpotenzial

#### UMWELT

Das Komplexitätsmerkmal „Umwelt“ berücksichtigt die Offenheit der Teilaspekte der Neuartigkeit hinsichtlich eines externen Einflusses. Die Bewertung umfasst die Wahrscheinlichkeit der Beeinflussung des Innovationsgrades durch nicht steuerbare Umweltbeeinflussungen. Auf Basis des definierten Komplexitätsgrades ergibt sich folgende Einstufung:

- 1 sehr geringer Einfluss der Umwelt auf die Innovationsfähigkeit (Kreativität, Spielräume, Kapitalbedarf), ohne Wechselwirkungen
- 2 wenig Einfluss der Umwelt auf die Innovationsfähigkeit (Kreativität, Spielräume, Kapitalbedarf), geringe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich
- 3 Die Umwelt nimmt Einfluss auf die Innovationsfähigkeit (Kreativität, Spielräume, Kapitalbedarf), Wechselwirkungen sind wahrscheinlich
- 4 Die Umwelt nimmt einen hohen Einfluss auf die Innovationsfähigkeit (Kreativität, Spielräume, Kapitalbedarf), hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich
- 5 Die Umwelt nimmt einen sehr hohen Einfluss auf die Innovationsfähigkeit (Kreativität, Spielräume, Kapitalbedarf), sehr hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich

Die Ergebnisse der Bewertung des Indikators „Neuartigkeit“ sind in nachfolgender Tabelle zusammengefasst. Die Tabelle dient gleichzeitig zur Berechnung eines indikatorbezogenen Mittelwertes der Komplexität für Neuartigkeit.

NEUARTIGKEIT		Spezifischer Komplexitätsgrad (Indikator) (K <sub>I</sub> )					0,0
		1	2	3	4	5	SUMME
<b>KOMPLEXITÄTSGRAD</b>		<b>sehr gering</b>	<b>gering</b>	<b>mittel</b>	<b>hoch</b>	<b>sehr hoch</b>	
<b>MERKMALE</b>		keine Innovationen, sehr hohe Standardisierung, ausschließlich bekannte Technologien, sehr hoher Vorfertigungsgrad, ausschließlich marktübliche Produkte und Verfahren, sehr geringe Wechselwirkungen	geringe Innovationen (inkrementell), hohe Standardisierung, bekannte Technologien, hoher Vorfertigungsgrad, marktübliche Produkte und Verfahren, geringe Wechselwirkungen	mittlere Innovationen (inkrementell), teilweise Standardisierung, überwiegend bekannte Technologien, geringer Vorfertigungsgrad, teilweise marktübliche Produkte und Verfahren, mehrere Wechselwirkungen	hoher Innovationsbedarf (teilweise inkrementell und radikal), geringe Standardisierung, viele neue Technologien, sehr geringer Vorfertigungsgrad, wenig marktübliche Produkte und Verfahren, hohe Wechselwirkungen	sehr hoher bis unüberschaubarer Innovationsbedarf (radikal), sehr geringe bis keine Standardisierung, überwiegend neue Technologien, kein Vorfertigungsgrad, sehr wenige marktübliche Produkte und Verfahren, sehr hohe Wechselwirkungen	
<b>STRUKTUREN</b>		keine Innovationen, sehr hohe Standardisierung, ausschließlich bekannte Technologien, sehr hoher Vorfertigungsgrad, ausschließlich marktübliche Produkte und Verfahren, sehr geringe Wechselwirkungen	geringe Innovationen (inkrementell), hohe Standardisierung, bekannte Technologien, hoher Vorfertigungsgrad, marktübliche Produkte und Verfahren, geringe Wechselwirkungen	mittlere Innovationen (inkrementell), teilweise Standardisierung, überwiegend bekannte Technologien, geringer Vorfertigungsgrad, teilweise marktübliche Produkte und Verfahren, mehrere Wechselwirkungen	hoher Innovationsbedarf (teilweise inkrementell und radikal), geringe Standardisierung, viele neue Technologien, sehr geringer Vorfertigungsgrad, wenig marktübliche Produkte und Verfahren, hohe Wechselwirkungen	sehr hoher bis unüberschaubarer Innovationsbedarf (radikal), sehr geringe bis keine Standardisierung, überwiegend neue Technologien, kein Vorfertigungsgrad, sehr wenige marktübliche Produkte und Verfahren, sehr hohe Wechselwirkungen	0,0
<b>VERÄNDERUNGEN</b>		keine Veränderungen aus den Telespekten der Neuartigkeit sind zu erwarten	wenige Veränderungen aus den Telespekten der Neuartigkeit sind wahrscheinlich	Veränderungen aus den Telespekten der Neuartigkeit sind wahrscheinlich, verschiedenartig	viele Veränderungen aus den Telespekten der Neuartigkeit sind wahrscheinlich, sehr unterschiedlich	unzählige Veränderungen aus den Telespekten der Neuartigkeit sind wahrscheinlich, schwer erfassbar	0,0
<b>WAHRNEHMUNG</b>		bekannte Objektinhalte, geringe Innovationsanforderungen, sehr linearer Prozessablauf, sehr bekannte Produktionsabläufe, sehr geringe Vernetzung der Innovationen, sehr geringer Informationsbedarf	teilweise bekannte Objektinhalte, Innovationsanforderungen vorhanden, linearer Prozessablauf, bekannte Produktionsabläufe, geringe Vernetzung der Innovationen, geringer Informationsbedarf	wenig bekannte Objektinhalte, komplexe Innovationsanforderungen, teilweise parallele Prozessabläufe, teilweise bekannte Produktionsabläufe, Vernetzung der Innovationen vorhanden, geregelter Informationsbedarf	überwiegend neue Objektinhalte, sehr komplexe Innovationsanforderungen, Sprunghaft wechselnde Prozessabläufe, sehr viele unbekannte Produktionsabläufe, hohe Vernetzung der Innovationen vorhanden, hoher Informationsbedarf	vollständig neue Objektinhalte, sehr komplexe Innovationsanforderungen, Sprunghaft wechselnde Prozessabläufe, sehr viele unbekannte Produktionsabläufe, sehr hohe Vernetzung der Innovationen vorhanden, sehr hoher Informationsbedarf	0,0
<b>VERHALTEN</b>		sehr geringe oder ausgewogene Risiken, sehr hohe und ausgewogene Rückkopplungen, sehr viele Freiheitsgrade, sehr großes Vertrauen, sehr hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung der Objektivorgaben, sehr hohes Budget für Innovation, kaum Konflikte zu erwarten	geringe oder ausgewogene Risiken, hohe und ausgewogene Rückkopplungen, viele Freiheitsgrade, großes Vertrauen, hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung der Objektivorgaben, hohes Budget für Innovation, geringes Konfliktpotenzial	ausgewogene Risiken und ausgewogene Rückkopplungen, teilweise Freiheitsgrade, mittleres Vertrauen, geregelte Eigensteuerung von Teilen der Objektivorgaben wahrscheinlich, Innovationsbudget vorhanden, Konflikte sind wahrscheinlich	viele einseitige Risiken, wenig ausgewogene Rückkopplungen oder hohe einseitige Rückkopplungen, geringe Freiheitsgrade, geringes Vertrauen, geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung von Teilen der Objektivorgaben, geringes Budget für Innovation, hohes Konfliktpotenzial	sehr viele einseitige Risiken, sehr wenig ausgewogene oder sehr hohe einseitige Rückkopplungen, sehr geringe Freiheitsgrade, sehr geringes Vertrauen, sehr geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung von Teilen der Objektivorgaben, kein Budget für Innovation, sehr hohes Konfliktpotenzial	0,0
<b>UMWELT</b>		sehr geringer Einfluss der Umwelt auf die Innovationsfähigkeit (Kreativität, Spielräume, Kapitalbedarf), ohne Wechselwirkungen	wenig Einfluss der Umwelt auf die Innovationsfähigkeit (Kreativität, Spielräume, Kapitalbedarf), geringe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt Einfluss auf die Innovationsfähigkeit (Kreativität, Spielräume, Kapitalbedarf), Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt einen hohen Einfluss auf die Innovationsfähigkeit (Kreativität, Spielräume, Kapitalbedarf), hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt einen sehr hohen Einfluss auf die Innovationsfähigkeit (Kreativität, Spielräume, Kapitalbedarf), sehr hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	0,0

Tab. 23: Komplexitätsgrad „NEUARTIGKEIT“

#### 5.3.4 PROJEKT

Der Indikator „Projekt“ beinhaltet Aspekte der rechtlichen Rahmenbedingungen, Vertragsmodelle, Ablaufstrukturen und deren Vernetzungen. Er ist dem Handlungssystem zugeordnet und befasst sich mit den Aufgaben innerhalb eines Bauvorhabens. Die Frage nach dem „Was soll getan werden“ findet sich in folgenden Teilaspekten wieder:

- Rechtliche Rahmenbedingungen (Bauplanungs-, Bauordnungs- und Baunebenrecht, Umfang der Genehmigungsverfahren u. a.)
- Vertragswesen (Wettbewerbsmodelle, Vergabestrukturen, Vertragsgestaltung, u. a.)
- Ablaufstrukturen (PSP, Phasen, Parallelität, Meilensteine, Leistung, Ort, Kosten, Mittel, Arbeitspakete, Vorgänge, Operationen, Koordination, Prüfprozesse, Freigaben, u. a.)
- Vernetzung (Reporting, Fuzzy Logic, Begleitvorgänge, Planhierarchien, Schnittstellen, Konfliktpotenzial, u. a.)

Unter Würdigung der Erkenntnisse aus Kapitel 4.2, 4.3 und 5.1 wird zur Bewertung der Komplexität des Indikators „Projekt“ folgende Festlegung zur Modellbildung getroffen:

#### STRUKTUREN

Das Komplexitätsmerkmal „Strukturen“ berücksichtigt die Vielzahl und Varietät der Aufgaben des Bauvorhabens. Die Bewertung umfasst die Anzahl und Unterschiedlichkeit der o.g. Teilaspekte. In die Betrachtung gehen mögliche Wechselwirkungen innerhalb der strukturellen Aspekte mit ein. Auf Basis des definierten Komplexitätsgrades erfolgt folgende Einstufung:

- 1 Einzelnes Genehmigungsverfahren mit vorhandenem B-Plan, sehr geringe Anzahl an Pauschalvergaben (1), standardisierte Vertragsmodalitäten, sehr geringe Anzahl an Planungs- und Ausführungsphasen ( $\leq 3$ ), sehr geringe Anzahl an Prüfprozessen und Freigaben ( $\leq 3$ ), sehr geringe Anzahl an Vernetzung mit sehr geringem Konfliktpotenzial
- 2 Einzelnes Genehmigungsverfahren mit vorhandenem B-Plan und einem ergänzenden baunebenrechtlichen Verfahren, geringe Anzahl an Pauschalvergaben (2) oder konventionelle Einzelvergaben mit standardisierten Leistungen ( $\leq 10$ ), geringe Anzahl an Planungs- und Ausführungsphasen ( $\leq 5$ ), geringe Anzahl an Prüfprozessen und Freigaben ( $\leq 5$ ), geringe Anzahl an Vernetzungen mit geringem Konfliktpotenzial
- 3 Einzelnes Genehmigungsverfahren mit vorhandenem B-Plan und mehreren baunebenrechtlichen Verfahren ( $\leq 3$ ) oder einzelne komplexe bauordnungsrechtliche Abstimmungen, mittlere Anzahl an Pauschalvergaben ( $\leq 5$ ) oder konventionelle Einzelvergaben mit standardisierten Leistungen ( $\leq 20$ ), mittlere Anzahl an Planungs- und Ausführungsphasen ( $\leq 10$ ), mittlere Anzahl an Prüfprozessen und Freigaben ( $\leq 10$ ), mittlere Anzahl an Vernetzungen mit Konfliktpotenzial
- 4 Einzelnes bauplanungsrechtliches Verfahren mit mehreren baunebenrechtlichen Verfahren ( $\leq 2$ ) oder mehrere komplexe bauordnungsrechtliche Abstimmungen ( $\leq 2$ ), hohe Anzahl an Pauschalvergaben ( $\leq 8$ ) oder hohe Anzahl an konventionellen Einzelvergaben mit standardisierten Leistungen ( $\leq 30$ ) oder einzelnes innovatives Vergabemodell (Kooperationsmodelle), hohe Anzahl an Planungs- und Ausführungsphasen ( $\leq 15$ ), hohe Anzahl an Prüfprozessen und Freigaben ( $\leq 15$ ), hohe Anzahl an Vernetzungen mit hohem Konfliktpotenzial

- 5 Einzelnes bauplanungsrechtliches Verfahren mit vielen baunebenrechtlichen Verfahren ( $\geq 2$ ) oder sehr viele komplexe bauordnungsrechtliche Abstimmungen ( $\geq 2$ ), sehr hohe Anzahl an Pauschalvergaben ( $\geq 8$ ) oder sehr hohe Anzahl an konventionellen Einzelvergaben mit standardisierten Leistungen ( $\geq 30$ ) oder einzelnes innovatives Vergabemodell (Kooperationsmodelle) mit nicht standardisierter Vertragsstruktur, hohe Anzahl an Planungs- und Ausführungsphasen ( $\geq 15$ ), sehr hohe Anzahl an Prüfprozessen und Freigaben ( $\geq 15$ ), sehr hohe Anzahl an Vernetzungen mit hohem Konfliktpotenzial

#### VERÄNDERUNGEN

Das Komplexitätsmerkmal „Veränderungen“ berücksichtigt die Wahrscheinlichkeit von Veränderungen aus den Teilaspekten der gestellten Projektaufgaben im Bereich rechtlicher Rahmenbedingungen, Vertragswesen, Ablaufstrukturen und Vernetzungen. Das Veränderungspotenzial wird auf Basis des definierten Komplexitätsgrades mit folgender Einstufung berücksichtigt:

- 1 keine Veränderungen aus den Teilaspekten der Projektaufgaben sind zu erwarten
- 2 wenige Veränderungen aus den Teilaspekten der Projektaufgaben sind wahrscheinlich
- 3 Veränderungen aus den Teilaspekten der Projektaufgaben sind wahrscheinlich, verschiedenartig
- 4 viele Veränderungen aus den Teilaspekten der Projektaufgaben sind wahrscheinlich, sehr unterschiedlich
- 5 unzählige Veränderungen aus den Teilaspekten der Projektaufgaben sind wahrscheinlich, schwer erfassbar

#### WAHRNEHMUNG

Das Komplexitätsmerkmal „Wahrnehmung“ berücksichtigt die Pfadabhängigkeit, Nichtlinearität und begrenzte Rationalität der Projektaufgaben. In die Bewertung fließen historische Erkenntnisse über die Art und Inhalte der Projekt-Teilaspekte, die Nichtlinearität der Aufgabenrelationen, Umfang des Informationsbedarfs zur Umsetzung und die Wahrnehmungsfähigkeit von Divergenzen bzw. der Steuerbarkeit mit ein. Auf Basis des definierten Komplexitätsgrades ergibt sich folgende Einstufung:

- 1 Einfaches Genehmigungsverfahren mit bekannten Inhalten, einfache und standardisierte Vertragsmodalitäten, einfache Planungs- und Ausführungsphasen mit bekannten Inhalten, einfache und bekannte Prüfprozesse und Freigaben, sehr transparente Vernetzungen mit sehr geringem Informationsbedarf
- 2 Einfache Genehmigungsverfahren mit komplizierten Inhalten, komplizierte standardisierte Vertragsmodalitäten, komplizierte Planungs- und Ausführungsphasen mit bekannten Inhalten, komplizierte bekannte Prüfprozesse und Freigaben, komplizierte Vernetzungen mit geringem Informationsbedarf
- 3 Genehmigungsverfahren mit mehreren komplexen Inhalten, komplexe standardisierte Vertragsmodalitäten, komplexe Planungs- und Ausführungsphasen, komplexe Prüfprozesse und Freigaben, komplexe Vernetzungen mit mittlerem Informationsbedarf
- 4 Genehmigungsverfahren mit hochkomplexen Inhalten, hochkomplexe Vertragsmodalitäten, hochkomplexe Planungs- und Ausführungsphasen, hochkomplexe Prüfprozesse und Freigaben, hochkomplexe Vernetzungen mit hohem Informationsbedarf

- 5 Genehmigungsverfahren mit sehr komplexen Inhalten, sehr komplexe Vertragsmodalitäten, sehr komplexe Planungs- und Ausführungsphasen, sehr komplexe Prüfprozesse und Freigaben, sehr komplexe Vernetzungen mit sehr hohem Informationsbedarf

#### VERHALTEN

Das Komplexitätsmerkmal „Verhalten“ berücksichtigt die Überlebenssicherung, Rückkopplung, Selbstorganisation, Selbstreferenzialität, Emergenz und Autopoiese der Projektaufgaben. Die Bewertung umfasst die Risiken der Aufgabenstellung, die Ausgewogenheit der Rückkopplungen und Freiheitsgrade (Kreativität bei der Aufgabenerledigung, Handlungsspielräume, Kapitalbedarf) zur Umsetzung sowie die Wahrscheinlichkeit einer geregelten Eigensteuerung der Aufgabenerledigung. Auf Basis des definierten Komplexitätsgrades ergibt sich folgende Einstufung:

- 1 sehr geringe und klare Aufgabenteilung, sehr geringer Koordinationsbedarf, sehr geringe Wechselwirkungen zwischen den Aufgaben, sehr geringe oder ausgewogene Risiken, sehr hohe und ausgewogene Rückkopplungen, sehr hohe Freiheitsgrade, sehr hohes Vertrauen, sehr hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, kaum Konflikte zu erwarten, Projektdauer  $\leq 2$  Jahre
- 2 komplizierte und bedingt klare Aufgabenteilung, geringer Koordinationsbedarf, geringe Wechselwirkungen zwischen den Aufgaben, geringe oder ausgewogene Risiken, hohe und ausgewogene Rückkopplungen, viele Freiheitsgrade, hohes Vertrauen, hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, geringes Konfliktpotenzial, Projektdauer  $\leq 3$  Jahre
- 3 komplexe und vernetzte Aufgabenteilung, mittlerer Koordinationsbedarf, mittlere Anzahl von Wechselwirkungen zwischen den Aufgaben, ausgewogene Risiken, ausgewogene Rückkopplungen, ausgewogene Freiheitsgrade, mittleres Vertrauen, hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, Konflikte sind wahrscheinlich, Projektdauer  $\leq 5$  Jahre
- 4 sehr komplexe und sehr vernetzte Aufgabenteilung, hoher Koordinationsbedarf, hohe Wechselwirkungen zwischen den Aufgaben, viele einseitige Risiken, wenig ausgewogene oder hohe einseitige Rückkopplungen, geringe Freiheitsgrade, geringes Vertrauen, geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, hohes Konfliktpotenzial, Projektdauer  $\leq 8$  Jahre
- 5 hoch komplexe und hoch vernetzte Aufgabenteilung, sehr hoher Koordinationsbedarf, sehr hohe Wechselwirkungen zwischen den Aufgaben, sehr viele einseitige Risiken, sehr wenig ausgewogene oder sehr hohe einseitige Rückkopplungen, sehr geringe Freiheitsgrade, sehr geringes Vertrauen, sehr geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, sehr hohes Konfliktpotenzial, Projektdauer  $\geq 9$  Jahre

#### UMWELT

Das Komplexitätsmerkmal „Umwelt“ berücksichtigt die Offenheit der Projektaufgaben hinsichtlich eines externen Einflusses. Die Bewertung umfasst die Wahrscheinlichkeit der Beeinflussung der Aufgabenrealisierung durch nicht steuerbare Umweltbeeinflussungen. Auf Basis des definierten Komplexitätsgrades ergibt sich folgende Einstufung:

- 1 sehr geringer Einfluss der Umwelt auf die rechtlichen Rahmenbedingungen, sehr geringer Einfluss der Umwelt auf die Vertragsgestaltung, sehr geringer Einfluss der Umwelt auf die Ablaufstrukturen, sehr geringer Einfluss der Umwelt auf die Vernetzung der Aufgabenstellung, sehr geringe Wechselwirkungen

- 2 geringer Einfluss der Umwelt auf die rechtlichen Rahmenbedingungen, geringer Einfluss der Umwelt auf die Vertragsgestaltung, geringer Einfluss der Umwelt auf die Ablaufstrukturen, geringer Einfluss der Umwelt auf die Vernetzung der Aufgabenstellung, geringe Wechselwirkungen
- 3 Einflussnahme der Umwelt auf die rechtlichen Rahmenbedingungen, Einflussnahme der Umwelt auf die Vertragsgestaltung, Einflussnahme der Umwelt auf die Ablaufstrukturen, Einflussnahme der Umwelt auf die Vernetzung der Aufgabenstellung, Wechselwirkungen sind wahrscheinlich
- 4 hohe Einflussnahme der Umwelt auf die rechtlichen Rahmenbedingungen, hohe Einflussnahme der Umwelt auf die Vertragsgestaltung, hohe Einflussnahme der Umwelt auf die Ablaufstrukturen, hohe Einflussnahme der Umwelt auf die Vernetzung der Aufgabenstellung, hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich
- 5 sehr hohe Einflussnahme der Umwelt auf die rechtlichen Rahmenbedingungen, sehr hohe Einflussnahme der Umwelt auf die Vertragsgestaltung, sehr hohe Einflussnahme der Umwelt auf die Ablaufstrukturen, sehr hohe Einflussnahme der Umwelt auf die Vernetzung der Aufgabenstellung, sehr hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich

Die Ergebnisse der Bewertung des Indikators „Projekt“ sind in nachfolgender Tabelle zusammengefasst. Die Tabelle dient gleichzeitig zur Berechnung eines indikatorbezogenen Mittelwertes der Komplexität der Projektaufgaben.

PROJEKT	Spezifischer Komplexitätsgrad (Indikator) (K <sub>I</sub> )					SUMME
	1	2	3	4	5	
<b>KOMPLEXITÄTSGRAD</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>0,0</b>
<b>MERKMALE</b>	<b>sehr gering</b>	<b>gering</b>	<b>mittel</b>	<b>hoch</b>	<b>sehr hoch</b>	
<b>STRUKTUREN</b>	Einzelnes Genehmigungsverfahren mit vorhandenem B-Plan, sehr geringe Anzahl an Pauschalvergaben (1), standardisierte Vertragsmodalitäten, sehr geringe Anzahl an Planungs- und Ausführungsphasen (≤ 3), sehr geringe Anzahl an Prüfprozessen und Freigaben (≤ 3), sehr geringe Anzahl an Vernetzung mit sehr geringem Konfliktpotenzial	Einzelnes Genehmigungsverfahren mit vorhandenem B-Plan und einem ergänzenden baubenehmrechtlichen Verfahren, geringe Anzahl an Pauschalvergaben (2) oder konventionelle Einzelvergaben mit standardisierten Leistungen (≤ 10), geringe Anzahl an Planungs- und Ausführungsphasen (≤ 5), geringe Anzahl an Prüfprozessen und Freigaben (≤ 5), geringe Anzahl an Vernetzungen mit geringem Konfliktpotenzial	Einzelnes Genehmigungsverfahren mit vorhandenem B-Plan und mehreren baubenehmrechtlichen Verfahren (≤ 3) oder einzelne komplexe baubenehmrechtliche Abstimmungen, mittlere Anzahl an Pauschalvergaben (2) oder konventionelle Einzelvergaben mit standardisierten Leistungen (≤ 5) oder konventionelle Planungs- und Ausführungsphasen (≤ 20), mittlere Anzahl an Planungs- und Ausführungsphasen (≤ 10), mittlere Anzahl an Prüfprozessen und Freigaben (≤ 10), mittlere Anzahl an Vernetzungen mit Konfliktpotenzial	Einzelnes bauplanungsrechtliches Verfahren mit mehreren baubenehmrechtlichen Verfahren (≤ 2) oder mehrere komplexe baubenehmrechtliche Abstimmungen (≥ 2), hohe Anzahl an Pauschalvergaben (≥ 8) oder hohe Anzahl an konventionellen Einzelvergaben mit standardisierten Leistungen (≥ 30) oder einzelnes innovatives Vergabemodell (Kooperationsmodelle) mit nicht standardisierter Vertragsstruktur, hohe Anzahl an Planungs- und Ausführungsphasen (≥ 15), hohe Anzahl an Prüfprozessen und Freigaben (≥ 15), hohe Anzahl an Vernetzungen mit hohem Konfliktpotenzial	Einzelnes bauplanungsrechtliches Verfahren mit vielen baubenehmrechtlichen Verfahren (≥ 2) oder sehr viele komplexe baubenehmrechtliche Abstimmungen (≥ 2), sehr hohe Anzahl an Pauschalvergaben (≥ 8) oder sehr hohe Anzahl an konventionellen Einzelvergaben mit standardisierten Leistungen (≥ 30) oder einzelnes innovatives Vergabemodell (Kooperationsmodelle) mit nicht standardisierter Vertragsstruktur, hohe Anzahl an Planungs- und Ausführungsphasen (≥ 15), sehr hohe Anzahl an Prüfprozessen und Freigaben (≥ 15), sehr hohe Anzahl an Vernetzungen mit hohem Konfliktpotenzial	0,0
<b>VERÄNDERUNGEN</b>	keine Veränderungen aus den Teilspekten der Projektaufgaben sind zu erwarten	wenige Veränderungen aus den Teilspekten der Projektaufgaben sind wahrscheinlich	Veränderungen aus den Teilspekten der Projektaufgaben sind wahrscheinlich, verschiedenartig	viele Veränderungen aus den Teilspekten der Projektaufgaben sind wahrscheinlich, sehr unterschiedlich	unzählige Veränderungen aus den Teilspekten der Projektaufgaben sind wahrscheinlich, schwer erfassbar	0,0
<b>WAHRNEHMUNG</b>	Einfaches Genehmigungsverfahren mit bekannten Inhalten, einfache und standardisierte Vertragsmodalitäten, einfache Planungs- und Ausführungsphasen mit bekannten Inhalten, einfache und bekannte Prüfprozesse und Freigaben, sehr transparente Vernetzungen mit sehr geringem Informationsbedarf	Einfache Genehmigungsverfahren mit komplizierten Inhalten, komplizierte standardisierte Vertragsmodalitäten, komplizierte Planungs- und Ausführungsphasen mit bekannten Inhalten, komplizierte bekannte Prüfprozesse und Freigaben, komplizierte Vernetzungen mit geringem Informationsbedarf	Genehmigungsverfahren mit mehreren komplexen Inhalten, komplexe standardisierte Vertragsmodalitäten, komplexe Planungs- und Ausführungsphasen, komplexe Prüfprozesse und Freigaben, komplexe Vernetzungen mit mittlerem Informationsbedarf	Genehmigungsverfahren mit hochkomplexen Inhalten, hochkomplexe Vertragsmodalitäten, hochkomplexe Planungs- und Ausführungsphasen, hochkomplexe Prüfprozesse und Freigaben, hochkomplexe Vernetzungen mit hohem Informationsbedarf	Genehmigungsverfahren mit sehr komplexen Inhalten, sehr komplexe Vertragsmodalitäten, sehr komplexe Planungs- und Ausführungsphasen, sehr komplexe Prüfprozesse und Freigaben, sehr komplexe Vernetzungen mit sehr hohem Informationsbedarf	0,0
<b>VERHALTEN</b>	sehr geringe und klare Aufgabenteilung, sehr geringer Koordinationsbedarf, sehr geringe Wechselwirkungen zwischen den Aufgaben, sehr geringe Risiken, sehr hohe und ausgewogene Rückkopplungen mit hohen Freiheitsgraden und sehr hohem Vertrauen sowie einer sehr hohen Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, kaum Konflikte zu erwarten, Projektdauer ≤ 2 Jahre	komplizierte und bedingt klare Aufgabenteilung, geringer Koordinationsbedarf, geringe Wechselwirkungen zwischen den Aufgaben, geringes Konfliktpotenzial, geringe Risiken, hohe ausgewogene Rückkopplungen mit vielen Freiheitsgraden und hohem Vertrauen sowie einer hohen Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, geringes Konfliktpotenzial, Projektdauer ≤ 3 Jahre	komplexe und vernetzte Aufgabenteilung, mittlerer Koordinationsbedarf, mittlere Anzahl von Wechselwirkungen zwischen den Aufgaben, ausgewogene Risiken, ausgewogene Rückkopplungen, mittleres Vertrauen, hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, Konflikte sind wahrscheinlich, Projektdauer ≤ 5 Jahre	sehr komplexe und sehr vernetzte Aufgabenteilung, hoher Koordinationsbedarf, hohe Wechselwirkungen zwischen den Aufgaben, hohes Konfliktpotenzial, viele Risiken, wenig Rückkopplungen mit geringen Freiheitsgraden und geringem Vertrauen sowie der geringen Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, hohes Konfliktpotenzial, Projektdauer ≤ 8 Jahre	hoch komplexe und hoch vernetzte Aufgabenteilung, sehr hoher Koordinationsbedarf, sehr hohe Wechselwirkungen zwischen den Aufgaben, sehr hohes Konfliktpotenzial, sehr viele Risiken, sehr wenig Rückkopplungen mit sehr geringen Freiheitsgraden und sehr geringem Vertrauen sowie einer sehr geringen Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, sehr hohes Konfliktpotenzial, Projektdauer ≥ 9 Jahre	0,0
<b>UMWELT</b>	sehr geringer Einfluss der Umwelt auf die rechtlichen Rahmenbedingungen, sehr geringer Einfluss der Umwelt auf die Vertragsgestaltung, sehr geringer Einfluss der Umwelt auf die Ablaufstrukturen, sehr geringe Vernetzung der Aufgabenstellung, sehr geringe Wechselwirkungen	geringer Einfluss der Umwelt auf die rechtlichen Rahmenbedingungen, geringer Einfluss der Umwelt auf die Vertragsgestaltung, geringer Einfluss der Umwelt auf die Ablaufstrukturen, geringer Einfluss der Umwelt auf die Vernetzung der Aufgabenstellung, geringe Wechselwirkungen	Einflussnahme der Umwelt auf die rechtlichen Rahmenbedingungen, Einflussnahme der Umwelt auf die Vertragsgestaltung, Einflussnahme der Umwelt auf die Ablaufstrukturen, Einflussnahme der Umwelt auf die Vernetzung der Aufgabenstellung, hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	hohe Einflussnahme der Umwelt auf die rechtlichen Rahmenbedingungen, hohe Einflussnahme der Umwelt auf die Vertragsgestaltung, hohe Einflussnahme der Umwelt auf die Ablaufstrukturen, hohe Einflussnahme der Umwelt auf die Vernetzung der Aufgabenstellung, hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	sehr hohe Einflussnahme der Umwelt auf die rechtlichen Rahmenbedingungen, sehr hohe Einflussnahme der Umwelt auf die Vertragsgestaltung, sehr hohe Einflussnahme der Umwelt auf die Ablaufstrukturen, sehr hohe Einflussnahme der Umwelt auf die Vernetzung der Aufgabenstellung, sehr hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	0,0

Tab. 24: Komplexitätsgrad „PROJEKT“



### 5.3.5 METHODIK

Der Indikator „Methodik“ gehört zum Systemkreis des Handlungssystems und befasst sich mit den Aufgaben in einem Bauvorhaben hinsichtlich dessen „Wie soll es getan werden?“. Es ist zu unterscheiden nach

- Führungsmethodik:
  - Führungsmodelle: linear, konstruktivistisch oder nichtlinear, kybernetisch
  - Führungsebenen: normativ, strategisch, operativ
  - Führungsstile: autoritär, patriarchisch, beratend, kooperativ, partizipativ, demokratisch
- Managementmethodik:
  - Managementmethoden
  - Managementwerkzeuge
  - Standards
- Managementteam:
  - Erfahrung
  - Verfügbarkeit
  - Risikobegegnung
  - Entscheidungsprozesse

Unter Würdigung der Erkenntnisse aus Kapitel 4.2, 4.3 und 5.1 wird zur Bewertung der Komplexität des Indikators „Methodik“ folgende Festlegung zur Modellbildung getroffen:

#### STRUKTUREN

Das Komplexitätsmerkmal „Strukturen“ berücksichtigt die Vielzahl und Varietät der Umsetzungsmethodik. Die Bewertung umfasst die Anzahl und Unterschiedlichkeit der Führungs- und Managementmethodik unter Berücksichtigung der Erfahrung, Verfügbarkeit und Risikobegegnung des eingesetzten Managementteams auf Basis des definierten Komplexitätsgrades mit folgender Einstufung:

- 1 sehr wenige homogene Führungsstile, sehr wenige Entscheidungsprozesse, sehr viele Methoden und Werkzeuge, sehr viele Standards, sehr hohe PM-Unterstützung
- 2 wenige homogene Führungsstile, wenige Entscheidungsprozesse, viele Methoden und Werkzeuge, viele Standards, hohe PM-Unterstützung
- 3 inhomogene Führungsstile, viele Entscheidungsprozesse, Methoden und Werkzeuge verfügbar, Standards verfügbar, PM-Unterstützung verfügbar
- 4 sehr inhomogene Führungsstile, sehr viele Entscheidungsprozesse, viele Methoden und Werkzeuge, geringe Anzahl von Standards, geringe PM-Unterstützung
- 5 sehr stark inhomogene Führungsstile, unüberschaubar viele Entscheidungsprozesse, sehr viele Methoden und Werkzeuge, kaum verfügbare Standards, sehr geringe PM-Unterstützung

#### VERÄNDERUNGEN

Das Komplexitätsmerkmal „Veränderungen“ berücksichtigt die Wahrscheinlichkeit von Veränderungen der Arbeitspakete wegen Abänderung der Methodik, Erfahrungsmangel der Beteiligten, Personalwechsel und der Risikobegegnung. In die Bewertung fließen die Methodikstrukturen, die Bekanntheit und Verschiedenartigkeit der Methodik sowie das Risikopotenzial, unter Berücksichtigung möglicher Eigen-

dynamik und Beeinflussungen durch die Umwelt ein. Auf Basis des definierten Komplexitätsgrades erfolgt folgende Einstufung:

- 1 keine Veränderungen der Führungsmethodik und der Werkzeuge sind zu erwarten
- 2 wenige Veränderungen der Führungsmethodik und der Werkzeuge sind wahrscheinlich
- 3 Veränderungen der Führungsmethodik und der Werkzeuge sind wahrscheinlich und verschiedenartig
- 4 viele Veränderungen der Führungsmethodik und der Werkzeuge sind wahrscheinlich, sehr unterschiedlich
- 5 sehr viele Veränderungen der Führungsmethodik und der Werkzeuge sind wahrscheinlich, schwer erfassbar

#### WAHRNEHMUNG

Das Komplexitätsmerkmal „Wahrnehmung“ berücksichtigt die Pfadabhängigkeit, Nichtlinearität und begrenzte Rationalität der Methodik. In die Bewertung fließen historische Erkenntnisse über die Art und Inhalte der Methodik, die Nichtlinearität der Zielrelationen, Umfang des Informationsbedarfs zur Zielerreichung und die Wahrnehmungsfähigkeit von Zieldivergenzen und Steuerbarkeit mit ein. Auf Basis des definierten Komplexitätsgrades ergibt sich folgende Einstufung:

- 1 bekannte Methodik, einfache und klare Aufgabenteilung mit sehr geringer Vernetzung, aufeinander aufbauend und mit geringem Informationsbedarf
- 2 teilweise bekannte Methodik, klare Aufgabenteilung mit geringer Vernetzung, teilweise aufbauend und wenig Informationsbedarf
- 3 wenig bekannte Methodik, vernetzte Aufgabenteilung, vereinzelt aufbauend und geregelter Informationsfluss
- 4 überwiegend neue Methodik, hoch vernetzte Aufgabenteilung, verknüpft mit hohem Informationsbedarf
- 5 vollständig neue Methodik mit sehr hoch vernetzter Aufgabenteilung und sehr hohem Informationsbedarf

#### VERHALTEN

Das Komplexitätsmerkmal „Verhalten“ berücksichtigt die Überlebenssicherung, Rückkopplung, Selbstorganisation, Selbstreferenzialität, Emergenz und Autopoiese der eingesetzten Methodik. Die Bewertung umfasst die Risiken der Zielerreichung, die Ausgewogenheit der Rückkopplungen und Freiheitsgrade zur Zielumsetzung sowie die Wahrscheinlichkeit einer geregelten Eigensteuerung der Zielverfolgung. Auf Basis des definierten Komplexitätsgrades ergibt sich folgende Einstufung:

- 1 sehr geringe oder ausgewogene Risiken durch die gewählte Methodik der Führung und der Werkzeuge sowie der Verfügbarkeit und Erfahrung, sehr hohe und ausgewogene Rückkopplungen, sehr viele Freiheitsgrade, sehr großes Vertrauen, sehr hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung der Methodik, statische Teams, kaum Konflikte zu erwarten
- 2 geringe oder ausgewogene Risiken durch die gewählte Methodik der Führung und der Werkzeuge sowie der Verfügbarkeit und Erfahrung, hohe und ausgewogene Rückkopplungen, viele

- Freiheitsgrade, großes Vertrauen, hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung der Methodik, periodisch dynamische Teams, geringes Konfliktpotenzial
- 3 ausgewogene Risiken durch die gewählte Methodik der Führung und der Werkzeuge sowie der Verfügbarkeit und Erfahrung, ausgewogene Rückkopplungen, teilweise Freiheitsgrade, mittleres Vertrauen, geregelte Eigensteuerung von Teilen der Methodik wahrscheinlich, dynamische Teams, Konflikte sind wahrscheinlich
  - 4 viele einseitige Risiken durch die gewählte Methodik der Führung und der Werkzeuge sowie der Verfügbarkeit und Erfahrung, wenig ausgewogene oder hohe einseitige Rückkopplungen, geringe Freiheitsgrade, geringes Vertrauen, geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung der Methodik, hochdynamische Teams, hohes Konfliktpotenzial
  - 5 sehr viele einseitige Risiken durch die gewählte Methodik der Führung und der Werkzeuge sowie der Verfügbarkeit und Erfahrung, sehr wenig ausgewogene oder sehr hohe einseitige Rückkopplungen, sehr geringe Freiheitsgrade, sehr geringes Vertrauen, sehr geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung der Methodik, chaotisch agierende Teams, sehr hohes Konfliktpotenzial

#### UMWELT

Das Komplexitätsmerkmal „Umwelt“ berücksichtigt die Offenheit der Methodik hinsichtlich eines externen Einflusses. Die Bewertung umfasst die Wahrscheinlichkeit der Beeinflussung der Methodik durch nicht steuerbare Umweltbeeinflussungen. Auf Basis des definierten Komplexitätsgrades ergibt sich folgende Einstufung:

- 1 sehr geringer Einfluss der Umwelt auf die Methodik der Führung und der Werkzeuge sowie der Verfügbarkeit, ohne Wechselwirkungen
- 2 wenig Einfluss der Umwelt auf die Methodik der Führung und der Werkzeuge sowie der Verfügbarkeit, geringe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich
- 3 Die Umwelt nimmt Einfluss auf die Methodik der Führung und der Werkzeuge sowie der Verfügbarkeit, Wechselwirkungen sind wahrscheinlich
- 4 Die Umwelt nimmt einen hohen Einfluss auf die Methodik der Führung und der Werkzeuge sowie der Verfügbarkeit, hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich
- 5 Die Umwelt nimmt einen sehr hohen Einfluss auf die Methodik der Führung und der Werkzeuge sowie der Verfügbarkeit, sehr hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich

Die Ergebnisse der Bewertung des Indikators „Methodik“ sind in nachfolgender Tabelle zusammengefasst. Die Tabelle dient gleichzeitig zur Berechnung eines indikatorbezogenen Mittelwertes der Komplexität der Methodik.

METHODIK		Spezifischer Komplexitätsgrad (Indikator) (K <sub>I</sub> )					0,0
		1	2	3	4	5	
<b>KOMPLEXITÄTSGRAD</b>							<b>SUMME</b>
<b>MERKMALE</b>		<b>sehr gering</b>	<b>gering</b>	<b>mittel</b>	<b>hoch</b>	<b>sehr hoch</b>	
<b>STRUKTUREN</b>	sehr wenige homogene Führungsstile, sehr wenige Entscheidungsprozesse, sehr viele Methoden und Werkzeuge, sehr viele Standards, sehr hohe PM-Unterstützung	wenige homogene Führungsstile, wenige Entscheidungsprozesse, viele Methoden und Werkzeuge, verfügbar, Standards, hohe PM-Unterstützung	inhomogene Führungsstile, viele Entscheidungsprozesse, Methoden und Werkzeuge verfügbar, Standards verfügbar, PM-Unterstützung verfügbar	sehr inhomogene Führungsstile, sehr viele Entscheidungsprozesse, viele Methoden und Werkzeuge, geringe Anzahl von Standards, geringe PM-Unterstützung	sehr stark inhomogene Führungsstile, unüberschaubar viele Entscheidungsprozesse, sehr viele Methoden und Werkzeuge, kaum verfügbare Standards, sehr geringe PM-Unterstützung		0,0
<b>VERÄNDERUNGEN</b>	keine Veränderungen der Führungsmethodik und der Werkzeuge sind zu erwarten	wenig Veränderungen der Führungsmethodik und der Werkzeuge sind wahrscheinlich	Veränderungen der Führungsmethodik und der Werkzeuge sind wahrscheinlich und verschiedenartig	viele Veränderungen der Führungsmethodik und der Werkzeuge sind wahrscheinlich, sehr unterschiedlich	sehr viele Veränderungen der Führungsmethodik und der Werkzeuge sind wahrscheinlich, schwer erfassbar		0,0
<b>WAHRNEHMUNG</b>	bekannte Methodik, einfache und klare Aufgabenteilung mit sehr geringer Vernetzung, aufeinander aufbauend und mit geringem Informationsbedarf	teilweise bekannte Methodik, klare Aufgabenteilung mit geringer Vernetzung, teilweise aufbauend und wenig Informationsbedarf	wenig bekannte Methodik, vernetzte Aufgabenteilung, vereinzelt aufbauend und geregelter Informationsfluss	überwiegend neue Methodik, hoch vernetzte Aufgabenteilung, verknüpft mit hohem Informationsbedarf	vollständig neue Methodik mit sehr hoch vernetzter Aufgabenteilung und sehr hohem Informationsbedarf		0,0
<b>VERHALTEN</b>	sehr geringe oder ausgewogene Risiken durch die gewählte Methodik der Führung und der Werkzeuge sowie der Verfügbarkeit und Erfahrung, sehr hohe und ausgewogene Rückkopplungen, sehr viele Freiheitsgrade, sehr hohes Vertrauen, sehr hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung der Methodik, statische Teams, kaum Konflikte zu erwarten	geringe oder ausgewogene Risiken durch die gewählte Methodik der Führung und der Werkzeuge sowie der Verfügbarkeit und Erfahrung, hohe und ausgewogene Rückkopplungen, viele Freiheitsgrade, großes Vertrauen, hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung der Methodik, perbodisch dynamische Teams, geringes Konfliktpotenzial	ausgewogene Risiken durch die gewählte Methodik der Führung und der Werkzeuge sowie der Verfügbarkeit und Erfahrung, ausgewogene Rückkopplungen, teilweise Freiheitsgrade, Eigensteuerung von Teilen der Methodik wahrscheinlich, dynamische Teams, Konflikte sind wahrscheinlich	viele einseitige Risiken durch die gewählte Methodik der Führung und der Werkzeuge sowie der Verfügbarkeit und Erfahrung, wenig ausgewogene oder hohe einseitige Rückkopplungen, geringe Freiheitsgrade, geringes Vertrauen, geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung der Methodik, hoch dynamische Teams, hohes Konfliktpotenzial	sehr viele einseitige Risiken durch die gewählte Methodik der Führung und der Werkzeuge sowie der Verfügbarkeit und Erfahrung, sehr wenig ausgewogene oder sehr hohe einseitige Rückkopplungen, sehr geringe Freiheitsgrade, sehr geringes Vertrauen, sehr geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung der Methodik, chaotisch agierende Teams, sehr hohes Konfliktpotenzial		0,0
<b>UMWELT</b>	sehr geringer Einfluss der Umwelt auf die Methodik der Führung und der Werkzeuge sowie der Verfügbarkeit, ohne Wechselwirkungen	wenig Einfluss der Umwelt auf die Methodik der Führung und der Werkzeuge sowie der Verfügbarkeit, geringe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt Einfluss auf die Methodik der Führung und der Werkzeuge sowie der Verfügbarkeit, Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt einen hohen Einfluss auf die Methodik der Führung und der Werkzeuge sowie der Verfügbarkeit, hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt einen sehr hohen Einfluss auf die Methodik der Führung und der Werkzeuge sowie der Verfügbarkeit, sehr hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich		0,0

Tab. 25: Komplexitätsgrad „METHODIK“

### 5.3.6 ORGANISATION

Der Indikator „Organisation“ gehört zum Systemkreis des Handlungsträgersystems und befasst sich mit den Beteiligten, Rollen und Beziehungen in Beantwortung der Frage: „Wer tut was?“. Große Bauvorhaben werden von einer Vielzahl an Beteiligten interdisziplinär durchgeführt. Nach folgenden Teilaspekten kann unterschieden werden:

- Beteiligte: Auftraggeber, Lenkungskreis, Gremien, Mitarbeiter, Vertreter, Planungsfelder, Fachbereiche, Unternehmen, Kapitalgeber, Lieferanten, Behörden, Träger öffentlicher Belange, u. a.<sup>773</sup>
- Organisationsart: Linie, Stab, Matrix, reine Projektorganisation, in den Ebenen informell, prozessual, Hierarchie und regional, Raum, Zeit und Menge, Störungsanfälligkeit
- Elemente und Dimensionen: Projektgröße, Aufgabenverteilung, Aufgabenträger, Sachmittel, Rollendefinition, Organigramm, Prozessdarstellung, Projektregeln, Aufgabenverteilung, Schnittstellenmatrix, Informationsmanagement, Berichtswesen, Änderungsmanagement
- Beziehungen: Hierarchien, Arbeitsverträge, formelle und informelle Kommunikation, Vertreterregelungen, Berichtswege, Kongruenz zwischen Aufgabe und Entscheidung, örtliche Verteilung, Kulturunterschiede, Motivation, Fluktuation

Wird die Bewertung der Organisation zu einem sehr frühen Zeitpunkt durchgeführt, können in Ermangelung messbarer Zahl der Beteiligten hilfsweise die Projektgröße auf Basis der Projektkosten oder die Projektdauer dienen.

Für die Bewertung der Projektkosten und der Projektdauer werden die Ergebnisse der fünf analysierten Bewertungssysteme aus Kap. 4.3 herangezogen und um Erfahrungswerte aus der Literaturrecherche ergänzt.

Die Laufzeit und die Größe der Bauvorhaben lassen auf die Komplexität des Projektes schließen. Spezielle Projektarten und Projekte mit besonderer Komplexität benötigen spezielle Methoden. Zu diesen Projektarten gehören z. B.:

1. komplexe Großprojekte mit interdisziplinärem Charakter (z. B. Raumfahrt u. a.)
2. Projekte in fremden Ländern (z. B. Zusammenarbeit mit örtlichen Projektteams u. a.)
3. Subprojekte als abgeschlossener Teil eines Projektes (z. B. Teile einer Anlagenplanung u. a.)<sup>774</sup>

In Anlehnung an Jakoby<sup>775</sup> werden folgende Bewertungsvergleiche für Baumaßnahmen festgelegt: sehr klein  $\leq 2$  Jahre, klein  $\leq 4$  Jahre, mittel  $\leq 6$  Jahre, groß  $\leq 8$  Jahre, sehr groß  $\geq 8$  Jahre.

Für die Vergleichsbemessung nach Projektkosten werden in Anlehnung an Lechner<sup>776</sup> folgende Bewertungsvergleiche für Baumaßnahmen festgelegt: sehr klein  $\leq 3,5$  Mio. €, klein  $\leq 15$  Mio. €, mittel  $\leq 50$  Mio. € mit Kostenobergrenze, groß  $\leq 100$  Mio. € mit enger Kostenobergrenze  $\leq 5$  Jahre, sehr groß  $\geq 100$  Mio. € mit sehr enger Kostenobergrenze.

<sup>773</sup> Vgl. Kochendörfer, B., et al. (2008), S. 18

<sup>774</sup> Vgl. Aggteleky, B. & Bajna, N. (1992), S. 109–110

<sup>775</sup> Vgl. Jakoby, W. (2013), S. 12

<sup>776</sup> Vgl. Lechner, H. (2015): "Vorschlag zur Einführung von Projektklassen", <http://www.pmttools.eu/download/Projektklassen.pdf> [zuletzt geprüft am: 17.02.2017]

Unter Würdigung der vorgenannten Definition und der Erkenntnisse aus Kapitel 4.2, 4.3 und 5.1 wird zur Bewertung der Komplexität des Indikators „Organisation“ folgende Festlegung zur Modellbildung getroffen:

#### STRUKTUREN

Das Komplexitätsmerkmal „Strukturen“ berücksichtigt die Vielzahl und Varietät des oder der Organisation. Die Bewertung umfasst die Anzahl und Unterschiedlichkeit der o.g. Teilaspekte hinsichtlich Anzahl und Unterschiedlichkeit der im Projekt unmittelbar Mitwirkenden (Auftraggeber, Lenkungskreis, Mitarbeiter, Subs), Schnittstellen, Projektdauer und Projektkosten. In die Betrachtung gehen mögliche Wechselwirkungen innerhalb der strukturellen Aspekte mit ein. Auf Basis des definierten Komplexitätsgrades erfolgt folgende Einstufung:

- 1 sehr wenige Schnittstellen, sehr wenige Hierarchieebenen, ( $\leq 4$  Planerfelder,  $\leq 10$  Firmen oder Gewerke, 1 Entscheider, kein Gremium, Projektdauer  $\leq 2$  Jahre, Projektkosten  $\leq 3,5$  Mio. €)
- 2 wenige Schnittstellen, wenige Hierarchieebenen, ( $\leq 8$  Planerfelder,  $\leq 20$  Firmen oder Gewerke, 2 Entscheider, 1 Gremium, Projektdauer  $\leq 4$  Jahre, Projektkosten  $\leq 15$  Mio. €)
- 3 mittlere Anzahl von Schnittstellen, mehrere Hierarchieebenen, ( $\leq 12$  Planerfelder,  $\leq 40$  Firmen oder Gewerke, 3 Entscheider, 2 Gremien, Projektdauer  $\leq 6$  Jahre, Projektkosten  $\leq 50$  Mio. €)
- 4 hohe Anzahl von Schnittstellen, viele Hierarchieebenen, ( $\leq 18$  Planerfelder,  $\leq 70$  Firmen oder Gewerke, 4 Entscheider, 3 Gremien, Projektdauer  $\leq 8$  Jahre, Projektkosten  $< 100$  Mio. €)
- 5 sehr hohe Anzahl von Schnittstellen, sehr viele Hierarchieebenen, ( $\geq 18$  Planerfelder,  $\geq 70$  Firmen oder Gewerke,  $\geq 5$  Entscheider,  $\geq 4$  Gremien, Projektdauer  $\geq 9$  Jahre, Projektkosten  $\geq 100$  Mio. €)

#### VERÄNDERUNGEN

Das Komplexitätsmerkmal „Veränderungen“ berücksichtigt die Wahrscheinlichkeit von Veränderungen in der Organisation wie Bekanntheit und Verschiedenartigkeit der Beteiligten sowie das Risikopotenzial, unter Berücksichtigung möglicher Eigendynamik und Beeinflussungen durch die Umwelt. Auf Basis des definierten Komplexitätsgrades wird folgende Einstufung vorgenommen:

- 1 keine Veränderungen der Beteiligten sind zu erwarten
- 2 wenige Veränderungen der Beteiligten sind wahrscheinlich
- 3 Veränderungen der Beteiligten sind wahrscheinlich, verschiedenartig
- 4 viele Veränderungen der Beteiligten sind wahrscheinlich, sehr unterschiedlich
- 5 unzählige Veränderungen der Beteiligten sind wahrscheinlich, schwer erfassbar

#### WAHRNEHMUNG

Das Komplexitätsmerkmal „Wahrnehmung“ berücksichtigt die Pfadabhängigkeit, Nichtlinearität und begrenzte Rationalität der Organisation. In die Bewertung fließen historische Erkenntnisse über die bisherige Zusammenarbeit der Beteiligten, die Nichtlinearität der Verknüpfungen der Organisationsbeteiligten, Umfang des Informationsbedarfs zur Umsetzung und die Wahrnehmungsfähigkeit von Divergenzen bzw. der Steuerbarkeit mit ein. Auf Basis des definierten Komplexitätsgrades ergibt sich folgende Einstufung:

- 1 untereinander bekannte Beteiligte, keine Freelancer, klare Aufgabenteilung, sehr einfache Aufbaustruktur, sehr geringer Informationsbedarf
- 2 teilweise untereinander bekannte Beteiligte, keine Freelancer, Aufgabenverteilung definiert aber kompliziert, einfache Aufbaustruktur, geringer Informationsbedarf
- 3 mittlere Anzahl untereinander bekannte Beteiligte, teilweise Freelancer, Aufgabenverteilung nicht eindeutig definiert oder komplex, komplexe Aufbaustruktur, geregelter Informationsfluss
- 4 viele unbekannte Beteiligte, mehrere Freelancer, Aufgabenverteilung nicht eindeutig definiert oder hoch komplex oder nicht verstanden, hohe Komplexität der Aufbaustruktur mit hohem Informationsbedarf
- 5 sehr viele unbekannte Beteiligte, viele Freelancer, Aufgabenverteilung sehr unbestimmt und häufig wechselnd, sehr hoch komplexe Aufbaustruktur mit sehr starken Verknüpfungen und sehr hohem Informationsbedarf

#### VERHALTEN

Das Komplexitätsmerkmal „Verhalten“ berücksichtigt die Überlebenssicherung, Rückkopplung, Selbstorganisation, Selbstreferenzialität, Emergenz und Autopoiese der Organisation. Die Bewertung umfasst die Risiken der Organisationsentwicklung, die Ausgewogenheit der Rückkopplungen und Freiheitsgrade zur Umsetzung sowie die Wahrscheinlichkeit einer geregelten Eigensteuerung der Zielverfolgung. Auf Basis des definierten Komplexitätsgrades ergibt sich folgende Einstufung:

- 1 sehr geringe oder ausgewogene Risiken, sehr hohe und ausgewogene Rückkopplungen, sehr viele Freiheitsgrade, sehr großes Vertrauen, sehr hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung von Teilen der Organisationsbereiche, kaum Konflikte zu erwarten
- 2 geringe oder ausgewogene Risiken, hohe und ausgewogene Rückkopplungen, viele Freiheitsgrade, großes Vertrauen, hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung von Teilen der Organisationsbereiche, geringes Konfliktpotenzial
- 3 ausgewogene Risiken und ausgewogene Rückkopplungen, teilweise Freiheitsgrade, mittleres Vertrauen, geregelte Eigensteuerung von Teilen der Organisationsbereiche wahrscheinlich, Konflikte sind wahrscheinlich
- 4 viele einseitige Risiken, wenig ausgewogene Rückkopplungen oder hohe einseitige Rückkopplungen, geringe Freiheitsgrade, geringes Vertrauen, geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung von Teilen der Organisationsbereiche, hohes Konfliktpotenzial
- 5 sehr viele einseitige Risiken, sehr wenig ausgewogene oder sehr hohe einseitige Rückkopplungen, sehr geringe Freiheitsgrade, sehr geringes Vertrauen, sehr geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung von Teilen der Organisationsbereiche, sehr hohes Konfliktpotenzial

#### UMWELT

Das Komplexitätsmerkmal „Umwelt“ berücksichtigt die Offenheit der Organisationsstruktur hinsichtlich eines externen Einflusses. Die Bewertung umfasst die Wahrscheinlichkeit der Beeinflussung der Organisation durch nicht steuerbare Umweltbeeinflussungen. Auf Basis des definierten Komplexitätsgrades ergibt sich folgende Einstufung:

- 1 sehr geringer Einfluss der Umwelt auf die Organisationsstruktur, ohne Wechselwirkungen

- 2 wenig Einfluss der Umwelt auf die Objektvorgaben, geringe Wechselwirkungen wahrscheinlich
- 3 Die Umwelt nimmt Einfluss auf die Organisationsstruktur, Wechselwirkungen sind wahrscheinlich
- 4 Die Umwelt nimmt einen hohen Einfluss auf die Organisationsstruktur, hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich
- 5 Die Umwelt nimmt einen sehr hohen Einfluss auf die Organisationsstruktur, sehr hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich

Die Ergebnisse der Bewertung des Indikators „Organisation“ sind in nachfolgender Tabelle zusammengefasst. Die Tabelle dient gleichzeitig zur Berechnung eines indikatorbezogenen Mittelwertes der Komplexität der Organisation.



ORGANISATION		Spezifischer Komplexitätsgrad (Indikator) (K <sub>I</sub> )					0,0
		1	2	3	4	5	
KOMPLEXITÄTSGRAD		sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch	SUMME
MERKMALE		sehr wenige Schnittstellen, sehr wenige Hierarchieebenen, (≤ 4 Planerfelder, ≤ 10 Firmen oder Gewerke, 1 Entscheider, kein Gremium, Projektdauer ≤ 2 Jahre, Projektkosten ≤ 3,5 Mio. €)	wenige Schnittstellen, wenige Hierarchieebenen, (≤ 8 Planerfelder, ≤ 20 Firmen oder Gewerke, 2 Entscheider, 1 Gremium, Projektdauer ≤ 4 Jahre, Projektkosten ≤ 15 Mio. €)	mittlere Anzahl von Schnittstellen, mehrere Hierarchieebenen, (≤ 12 Planerfelder, ≤ 40 Firmen oder Gewerke, 3 Entscheider, 2 Gremien, Projektdauer ≤ 6 Jahre, Projektkosten ≤ 50 Mio. €)	hohe Anzahl von Schnittstellen, viele Hierarchieebenen, (≤ 18 Planerfelder, ≤ 70 Firmen oder Gewerke, 4 Entscheider, 3 Gremien, Projektdauer ≤ 8 Jahre, Projektkosten < 100 Mio. €)	sehr hohe Anzahl von Schnittstellen, sehr viele Hierarchieebenen, (≥ 18 Planerfelder, ≥ 70 Firmen oder Gewerke, ≥ 5 Entscheider, ≥ 4 Gremien, Projektdauer ≥ 9 Jahre, Projektkosten ≥ 100 Mio. €)	0,0
STRUKTUREN		sehr wenige Schnittstellen, sehr wenige Hierarchieebenen, (≤ 4 Planerfelder, ≤ 10 Firmen oder Gewerke, 1 Entscheider, kein Gremium, Projektdauer ≤ 2 Jahre, Projektkosten ≤ 3,5 Mio. €)	wenige Schnittstellen, wenige Hierarchieebenen, (≤ 8 Planerfelder, ≤ 20 Firmen oder Gewerke, 2 Entscheider, 1 Gremium, Projektdauer ≤ 4 Jahre, Projektkosten ≤ 15 Mio. €)	mittlere Anzahl von Schnittstellen, mehrere Hierarchieebenen, (≤ 12 Planerfelder, ≤ 40 Firmen oder Gewerke, 3 Entscheider, 2 Gremien, Projektdauer ≤ 6 Jahre, Projektkosten ≤ 50 Mio. €)	hohe Anzahl von Schnittstellen, viele Hierarchieebenen, (≤ 18 Planerfelder, ≤ 70 Firmen oder Gewerke, 4 Entscheider, 3 Gremien, Projektdauer ≤ 8 Jahre, Projektkosten < 100 Mio. €)	sehr hohe Anzahl von Schnittstellen, sehr viele Hierarchieebenen, (≥ 18 Planerfelder, ≥ 70 Firmen oder Gewerke, ≥ 5 Entscheider, ≥ 4 Gremien, Projektdauer ≥ 9 Jahre, Projektkosten ≥ 100 Mio. €)	0,0
VERÄNDERUNGEN		keine Veränderungen der Beteiligten sind zu erwarten	wenige Veränderungen der Beteiligten sind wahrscheinlich	Veränderungen der Beteiligten sind wahrscheinlich, verschiedenartig	viele Veränderungen der Beteiligten sind wahrscheinlich, sehr unterschiedlich	unzählige Veränderungen der Beteiligten sind wahrscheinlich, schwer erfassbar	0,0
WAHRNEHMUNG		untereinander bekannte Beteiligte, keine Freelancer, klare Aufgabenteilung, sehr einfache Aufbaustruktur, sehr geringer Informationsbedarf	teilweise untereinander bekannte Beteiligte, keine Freelancer, Aufgabenteilung definiert aber kompliziert, einfache Aufbaustruktur, geringer Informationsbedarf	mittlere Anzahl untereinander bekannte Beteiligte, teilweise Freelancer, Aufgabenteilung nicht eindeutig definiert oder komplex, komplexe Aufbaustruktur, geregelter Informationsfluss	viele unbekannte Beteiligte, mehrere Freelancer, Aufgabenteilung eindeutig definiert oder hoch komplex oder nicht verstanden, hohe Komplexität der Aufbaustruktur mit hohem Informationsbedarf	sehr viele unbekannte Beteiligte, viele Freelancer, Aufgabenteilung sehr unbestimmt und häufig wechselnd, sehr hoch komplexe Aufbaustruktur mit sehr starken Verknüpfungen und sehr hohem Informationsbedarf	0,0
VERHALTEN		sehr geringe oder ausgewogene Risiken, sehr hohe und ausgewogene Rückkopplungen, sehr viele Freiheitsgrade, sehr großes Vertrauen, sehr hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung von Teilen der Organisationsbereiche, kaum Konflikte zu erwarten	geringe oder ausgewogene Risiken, hohe und ausgewogene Rückkopplungen, viele Freiheitsgrade, großes Vertrauen, hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung von Teilen der Organisationsbereiche, geringes Konfliktpotenzial	ausgewogene Risiken und ausgewogene Rückkopplungen, teilweise Freiheitsgrade, mittleres Vertrauen, geregelte Eigensteuerung von Teilen der Organisationsbereiche wahrscheinlich	viele einseitige Risiken, wenig ausgewogene Rückkopplungen oder hohe einseitige Rückkopplungen, geringe Freiheitsgrade, geringes Vertrauen, geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung von Teilen der Organisationsbereiche, hohes Konfliktpotenzial	sehr viele einseitige Risiken, sehr wenig ausgewogene oder sehr hohe einseitige Rückkopplungen, sehr geringe Freiheitsgrade, sehr geringes Vertrauen, sehr geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung von Teilen der Organisationsbereiche, sehr hohes Konfliktpotenzial	0,0
UMWELT		sehr geringer Einfluss der Umwelt auf die Organisationsstruktur, ohne Wechselwirkungen	wenig Einfluss der Umwelt auf die Objektivgaben, geringe Wechselwirkungen wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt Einfluss auf die Organisationsstruktur, Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt einen hohen Einfluss auf die Organisationsstruktur, hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt einen sehr hohen Einfluss auf die Organisationsstruktur, sehr hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	0,0

Tab. 26: Komplexitätsgrad „ORGANISATION“

### 5.3.7 RESSOURCEN

Der Indikator „Ressourcen“ gehört zum Systemkreis des Handlungsträgersystems und befasst sich mit den Teamzusammensetzungen, Begrenzungen sowie Team- und Individualabhängigkeiten in Beantwortung der Frage: „Wie tut wer was und warum?“ Dieser Indikator ergänzt den unter 5.3.6 beschriebenen Indikator der Organisation. Der Indikator Ressourcen wird nach folgenden Teilaspekten unterschieden:

- Projektteam: Zusammensetzung des Projektteams, Teamorganisation, Besprechungsmanagement, Konfliktmanagement<sup>777</sup>
- Begrenzungen: Zeit, Finanzen, Ressourcen, Qualifikationen, Kompetenzen, Erfahrungen, Hierarchien, Energieflüsse, Materieflüsse, Informationsflüsse, Ordnungsbeziehungen
- Team- und Individualabhängigkeiten<sup>778</sup>:
  - Chancen: Einkommen, Arbeitsklima, Entwicklung, Anerkennung, Selbstverwirklichung, Qualifizierungen, Zufriedenheit
  - Risiken: Arbeitsbelastung, Druck, Stress, Konflikte, Unsicherheiten, Maslow'sche Bedürfnispyramide<sup>779 780</sup>
  - Beziehungen: Unterstellungen, Berichtswege, formelle und informelle Kommunikationsbeziehungen, Arten des Zusammenwirkens, Vertretungsregelungen, Arbeitsverträge, Relationenanalyse (evtl. Sensitivitätsanalyse)

Unter Würdigung der vorgenannten Definition und der Erkenntnisse aus Kapitel 4.2, 4.3 und 5.1 wird zur Bewertung der Komplexität des Indikators „Ressourcen“ folgende Festlegung zur Modellbildung getroffen:

#### STRUKTUREN

Das Komplexitätsmerkmal „Strukturen“ berücksichtigt die Vielzahl und Varietät des oder der Ressourcen. Die Bewertung umfasst die Anzahl und Unterschiedlichkeit der o.g. Teilaspekte hinsichtlich Anzahl und Unterschiedlichkeit der im Projekt unmittelbar eingesetzten Teams, der Begrenzungen und Abhängigkeiten. In die Betrachtung gehen mögliche Wechselwirkungen innerhalb der strukturellen Aspekte mit ein. Auf Basis des definierten Komplexitätsgrades erfolgt folgende Einstufung:

- 1 sehr wenige unterschiedliche Teams, klare und sehr einfache Teamorganisation, sehr einfaches und sehr strukturiertes Besprechungsmanagement, sehr wenige Finanzierungsquellen (z. B. Investoren = 1) und sehr einfache Finanzmittelbereitstellung, sehr hohe Verfügbarkeit der personellen Ressourcen, sehr hohe Qualität und Kompetenz der Beteiligten, sehr viele und sehr gute Kommunikationsbeziehungen, sehr hohe Identifikation der Beteiligten mit dem Projekt

<sup>777</sup> Vgl. Görres, L. (2016): "Projekt-Management von Großprojekten in der Vorvertragsphase", 1. Auflage, S. 440–443

<sup>778</sup> Vgl. Patzak, G. & Rattay, G. (2009), S. 101

<sup>779</sup> Vgl. Gawlick, R. (2017): "Bedürfnispyramide nach Maslow", <http://www.abraham-maslow.de/beduerfnispyramide.shtml>  
[zuletzt geprüft am: 12.07.2017]

<sup>780</sup> Anm. d. Verf.: Die Bedürfnispyramide nach Maslow bildet ein fünf-Stufenmodell der menschlichen Motivationen ab (Grundbedürfnisse, Sicherheitsbedürfnisse, soziale Bedürfnisse, Anerkennung und Selbstverwirklichung). Je niedriger die Stufe, umso bedeutender das Bedürfnis zum Überleben. Die jeweils nächste Stufe tritt erst nach Erfüllung der vorhergehenden Stufe in Erscheinung.

- 2 wenige unterschiedliche Teams, einfache Teamorganisation, einfaches und strukturiertes Besprechungsmanagement, wenige Finanzierungsquellen (z. B. Investoren = 2) und einfache Finanzmittelbereitstellung, hohe Verfügbarkeit der personellen Ressourcen, hohe Qualität und Kompetenz der Beteiligten, viele und gute Kommunikationsbeziehungen, hohe Identifikation der Beteiligten mit dem Projekt
- 3 unterschiedliche Teams, komplizierte und diverse Teamorganisationen, kompliziertes aber strukturiertes Besprechungsmanagement, mehrere Finanzierungsquellen (z. B. Investoren = 3) und komplizierte Finanzmittelbereitstellung, mittlere Verfügbarkeit der personellen Ressourcen, mittlere Qualität und Kompetenz der Beteiligten, komplizierte aber strukturierte Kommunikationsbeziehungen, mittlere Identifikation der Beteiligten mit dem Projekt
- 4 sehr unterschiedliche Teams, komplexe und diverse Teamorganisationen, komplexes und bedingt strukturiertes Besprechungsmanagement, viele Finanzierungsquellen (z. B. Investoren = 4-5) und komplexe Finanzmittelbereitstellung, geringe Verfügbarkeit der personellen Ressourcen, geringe Qualität und Kompetenz der Beteiligten, komplexe oder teilweise strukturierte Kommunikationsbeziehungen, geringe Identifikation der Beteiligten mit dem Projekt
- 5 sehr viele unterschiedliche Teams, sehr komplexe und sehr diverse Teamorganisationen, sehr komplexes und unstrukturiertes Besprechungsmanagement, sehr viele Finanzierungsquellen (z. B. Investoren > 5) und sehr komplexe Finanzmittelbereitstellung, sehr geringe Verfügbarkeit der personellen Ressourcen, sehr geringe Qualität und Kompetenz der Beteiligten, sehr komplexe oder unstrukturierte Kommunikationsbeziehungen, sehr geringe Identifikation der Beteiligten mit dem Projekt

#### VERÄNDERUNGEN

Das Komplexitätsmerkmal „Veränderungen“ berücksichtigt die Wahrscheinlichkeit von Veränderungen in den Ressourcen (z. B. Fluktuation u. a.), den Begrenzungen (z. B. Energieflüsse u. a.) und den Teamabhängigkeiten (z. B. Konflikte u. a.) sowie deren Eintrittswahrscheinlichkeiten, unter Berücksichtigung möglicher Eigendynamik und Beeinflussungen durch die Umwelt. Auf Basis des definierten Komplexitätsgrades wird folgende Einstufung vorgenommen:

- 1 keine Veränderungen von Ressourcen, Begrenzungen oder Teamabhängigkeiten sind zu erwarten
- 2 wenige Veränderungen der Ressourcen, Begrenzungen oder Teamabhängigkeiten sind wahrscheinlich
- 3 Veränderungen der Ressourcen, Begrenzungen oder Teamabhängigkeiten sind wahrscheinlich, verschiedenartig
- 4 viele Veränderungen der Ressourcen, Begrenzungen oder Teamabhängigkeiten sind wahrscheinlich, sehr unterschiedlich
- 5 unzählige Veränderungen der Ressourcen, Begrenzungen oder Teamabhängigkeiten sind wahrscheinlich, schwer erfassbar

#### WAHRNEHMUNG

Das Komplexitätsmerkmal „Wahrnehmung“ berücksichtigt die Pfadabhängigkeit, Nichtlinearität und begrenzte Rationalität der Ressourcen. In die Bewertung fließen historische Erkenntnisse über die bisherige Zusammenarbeit der Teams, die Nichtlinearität der Verknüpfungen der Beteiligten, Umfang

des Informationsbedarfs zur Umsetzung und die Wahrnehmungsfähigkeit von Divergenzen bzw. der Steuerbarkeit mit ein. Auf Basis des definierten Komplexitätsgrades ergibt sich folgende Einstufung:

- 1 Teams untereinander bekannt und sehr transparenter Umgang oder Sensitivitätsanalyse durchgeführt und die Erkenntnisse in die Führung der Teams umgesetzt, Besprechungsmanagement eindeutig definiert und vollständig umgesetzt oder nicht erforderlich, Konfliktmanagement eindeutig definiert und vollständig umgesetzt oder nicht erforderlich, sehr guter Informationsfluss, sehr hohe Transparenz, sehr hohe Zufriedenheit oder sehr geringer Stress innerhalb der Teams erkennbar oder zu erwarten, sehr vertrauensvolle Zusammenarbeit erkennbar oder zu erwarten
- 2 Teams teilweise untereinander bekannt und transparenter Umgang oder Sensitivitätsanalyse durchgeführt und die Erkenntnisse in den Teams kommuniziert, Besprechungsmanagement definiert und umgesetzt, Konfliktmanagement definiert und umgesetzt, guter Informationsfluss, hohe Transparenz, hohe Zufriedenheit oder geringer Stress innerhalb der Teams erkennbar oder zu erwarten, vertrauensvolle Zusammenarbeit erkennbar oder zu erwarten
- 3 Teams geringfügig untereinander bekannt und teilweise transparenter Umgang oder teilweise Sensitivitätsanalyse durchgeführt ohne Kommunikation der Ergebnisse, Besprechungsmanagement teilweise definiert und teilweise umgesetzt, Konfliktmanagement teilweise definiert und teilweise umgesetzt, teilweiser Informationsfluss, mittlere Transparenz, mittlere Zufriedenheit oder Stress innerhalb der Teams erkennbar oder zu erwarten, mittlere vertrauensvolle Zusammenarbeit erkennbar oder zu erwarten
- 4 Teams untereinander unbekannt und geringer transparenter Umgang oder keine Sensitivitätsanalyse durchgeführt, Besprechungsmanagement nicht eindeutig definiert und dynamisch wechselnd, Konfliktmanagement nicht eindeutig definiert und dynamisch situativ wechselnd, geringer Informationsfluss, geringe Transparenz, geringe Zufriedenheit oder hoher Stress innerhalb der Teams erkennbar oder zu erwarten, geringe vertrauensvolle Zusammenarbeit erkennbar oder zu erwarten
- 5 Teams untereinander unbekannt und sehr geringer transparenter Umgang oder keine Sensitivitätsanalyse durchgeführt oder beabsichtigt, Besprechungsmanagement nicht eindeutig definiert mit chaotischen Abläufen, Konfliktmanagement nicht eindeutig definiert mit chaotischen Ergebnissen oder nicht vorhanden, geringer Informationsfluss, sehr geringe Transparenz, sehr geringe Zufriedenheit oder sehr hoher Stress innerhalb der Teams erkennbar oder zu erwarten, sehr geringe vertrauensvolle Zusammenarbeit erkennbar oder zu erwarten

#### VERHALTEN

Das Komplexitätsmerkmal „Verhalten“ berücksichtigt die Überlebenssicherung, Rückkopplung, Selbstorganisation, Selbstreferenzialität, Emergenz und Autopoiese der Ressourcen. Die Bewertung umfasst die Risiken der Ressourcenrelationen, die Ausgewogenheit der Rückkopplungen und Freiheitsgrade zur Umsetzung sowie die Wahrscheinlichkeit einer geregelten Eigensteuerung der Zielverfolgung. Auf Basis des definierten Komplexitätsgrades ergibt sich folgende Einstufung:

- 1 sehr geringe oder ausgewogene Risiken der Ressourcenrelationen, sehr hohe und ausgewogene Rückkopplungen, sehr viele Freiheitsgrade, sehr großes Vertrauen, sehr hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung der Ressourcen, kaum Konflikte zu erwarten

- 2 geringe oder ausgewogene Risiken der Ressourcenrelationen, hohe und ausgewogene Rückkopplungen, viele Freiheitsgrade, großes Vertrauen, hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung der Ressourcen, geringes Konfliktpotenzial
- 3 ausgewogene Risiken der Ressourcenrelationen, ausgewogene Rückkopplungen, teilweise Freiheitsgrade, mittleres Vertrauen, geregelte Eigensteuerung der Ressourcen wahrscheinlich, Konflikte sind möglich
- 4 viele einseitige Risiken der Ressourcenrelationen, wenig ausgewogene Rückkopplungen oder hohe einseitige Rückkopplungen, geringe Freiheitsgrade, geringes Vertrauen, geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung der Ressourcen, hohes Konfliktpotenzial
- 5 sehr viele einseitige Risiken der Ressourcenrelationen, sehr wenig ausgewogene Rückkopplungen oder sehr hohe einseitige Rückkopplungen, sehr geringe Freiheitsgrade, sehr geringes Vertrauen, sehr geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung der Ressourcen, sehr hohes Konfliktpotenzial

#### UMWELT

Das Komplexitätsmerkmal „Umwelt“ berücksichtigt die Offenheit der Ressourcen hinsichtlich eines externen Einflusses. Die Bewertung umfasst die Wahrscheinlichkeit der Beeinflussung der Ressourcen durch nicht steuerbare Umweltbeeinflussungen. Auf Basis des definierten Komplexitätsgrades ergibt sich folgende Einstufung:

- 1 sehr geringer Einfluss der Umwelt auf die Ressourcen, ohne Wechselwirkungen
- 2 wenig Einfluss der Umwelt auf die Ressourcen, geringe Wechselwirkungen wahrscheinlich
- 3 Die Umwelt nimmt Einfluss auf die Ressourcen, Wechselwirkungen sind wahrscheinlich
- 4 Die Umwelt nimmt einen hohen Einfluss auf die Ressourcen, hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich
- 5 Die Umwelt nimmt einen sehr hohen Einfluss auf die Ressourcen, sehr hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich

Die Ergebnisse der Bewertung des Indikators „Ressourcen“ sind in nachfolgender Tabelle zusammengefasst. Die Tabelle dient gleichzeitig zur Berechnung eines indikatorbezogenen Mittelwertes der Komplexität der Ressourcen.

RESSOURCEN	Spezifischer Komplexitätsgrad (Indikator) (K <sub>I</sub> )					SUMME	
	1	2	3	4	5		
<b>KOMPLEXITÄTSGRAD</b>						0,0	
<b>MERKMALE</b>	<b>sehr gering</b>	<b>gering</b>	<b>mittel</b>	<b>hoch</b>	<b>sehr hoch</b>		
<b>STRUKTUREN</b>	sehr wenige unterschiedliche Teams, klare und sehr einfache Teamorganisation, sehr einfaches und sehr strukturiertes Besprechungsmanagement, sehr wenige Finanzierungsquellen (z.B. Investoren = 1) und sehr einfache Finanzmittelbereitstellung, sehr hohe Verfügbarkeit der personellen Ressourcen, sehr hohe Qualität und Kompetenz der Beteiligten, sehr viele und sehr gute Kommunikationsbeziehungen, sehr hohe Identifikation der Beteiligten mit dem Projekt	wenige unterschiedliche Teams, einfache Teamorganisation, einfaches und strukturiertes Besprechungsmanagement, wenige Finanzierungsquellen (z.B. Investoren = 2) und einfache Finanzmittelbereitstellung, hohe Verfügbarkeit der personellen Ressourcen, hohe Qualität und Kompetenz der Beteiligten, viele und gute Kommunikationsbeziehungen, hohe Identifikation der Beteiligten mit dem Projekt	unterschiedliche Teams, komplizierte und diverse Teamorganisationen, kompliziertes aber strukturiertes Besprechungsmanagement, mehrere Finanzierungsquellen (z.B. Investoren = 3) und komplizierte Finanzmittelbereitstellung, mittlere Verfügbarkeit der personellen Ressourcen, mittlere Qualität und Kompetenz der Beteiligten, komplizierte Kommunikationsbeziehungen, mittlere Identifikation der Beteiligten mit dem Projekt	sehr unterschiedliche Teams, komplexe und diverse Teamorganisationen, komplexes und bedingt strukturiertes Besprechungsmanagement, viele Finanzierungsquellen (z.B. Investoren = 4 bis 5) und komplexe Finanzmittelbereitstellung, geringe Verfügbarkeit der personellen Ressourcen, geringe Qualität und Kompetenz der Beteiligten, komplexe oder teilweise strukturierte Kommunikationsbeziehungen, geringe Identifikation der Beteiligten mit dem Projekt	sehr viele unterschiedliche Teams, sehr komplexe und sehr diverse Teamorganisationen, sehr komplexes und unstrukturiertes Besprechungsmanagement, sehr viele Finanzierungsquellen (z.B. Investoren > 5) und sehr komplexe Finanzmittelbereitstellung, sehr geringe Verfügbarkeit der personellen Ressourcen, sehr geringe Qualität und Kompetenz der Beteiligten, sehr komplexe oder unstrukturierte Kommunikationsbeziehungen, sehr geringe Identifikation der Beteiligten mit dem Projekt		0,0
<b>VERÄNDERUNGEN</b>	keine Veränderungen von Ressourcen, Begrenzungen oder Teamabhängigkeiten sind zu erwarten	wenige Veränderungen der Ressourcen, Begrenzungen oder Teamabhängigkeiten sind wahrscheinlich	Veränderungen der Ressourcen, Begrenzungen oder Teamabhängigkeiten sind wahrscheinlich, verscheidenartig	viele Veränderungen der Ressourcen, Begrenzungen oder Teamabhängigkeiten sind wahrscheinlich, sehr unterschiedlich	unzählige Veränderungen der Ressourcen, Begrenzungen oder Teamabhängigkeiten sind wahrscheinlich, schwer erfassbar	0,0	
<b>WAHRNEHMUNG</b>	Teams untereinander bekannt und sehr transparenter Umgang oder Sensitivitätsanalyse durchgeführt und die Erkenntnisse in die Führung der Teams umgesetzt, Besprechungsmanagement eindeutig definiert und vollständig umgesetzt oder nicht erforderlich, sehr gute Informationsfluss, sehr hohe Transparenz, sehr hohe Zufriedenheit oder sehr geringerer Stress innerhalb der Teams erkennbar oder zu erwarten, sehr vertrauensvolle Zusammenarbeit erkennbar oder zu erwarten	Teams teilweise untereinander bekannt und transparenter Umgang oder Sensitivitätsanalyse durchgeführt und die Erkenntnisse in den Teams kommuniziert, Besprechungsmanagement definiert und umgesetzt, Konfliktmanagement definiert und umgesetzt, guter Informationsfluss, hohe Transparenz, hohe Zufriedenheit oder geringerer Stress innerhalb der Teams erkennbar oder zu erwarten, vertrauensvolle Zusammenarbeit erkennbar oder zu erwarten	Teams geringfügig untereinander bekannt und teilweise transparenter Umgang oder ohne Kommunikation der Ergebnisse, Besprechungsmanagement teilweise definiert und teilweise umgesetzt, Konfliktmanagement teilweise definiert und teilweise umgesetzt, mittlerer Informationsfluss, mittlere Transparenz, mittlere Zufriedenheit oder Stress innerhalb der Teams erkennbar oder zu erwarten, mittlere vertrauensvolle Zusammenarbeit erkennbar oder zu erwarten	Teams untereinander unbekannt und geringer transparenter Umgang oder keine Sensitivitätsanalyse durchgeführt, Besprechungsmanagement nicht eindeutig definiert und dynamisch wechselnd, Konfliktmanagement nicht eindeutig definiert mit chaotischen Ergebnissen oder nicht vorhanden, geringer Informationsfluss, sehr geringe Transparenz, sehr geringe Zufriedenheit oder sehr hoher Stress innerhalb der Teams erkennbar oder zu erwarten, sehr geringe vertrauensvolle Zusammenarbeit erkennbar oder zu erwarten	Teams untereinander unbekannt und sehr geringer transparenter Umgang oder keine Sensitivitätsanalyse durchgeführt oder beabsichtigt, Besprechungsmanagement nicht eindeutig definiert mit chaotischen Abläufen, Konfliktmanagement nicht eindeutig definiert mit chaotischen Ergebnissen oder nicht vorhanden, geringer Informationsfluss, sehr geringe Transparenz, sehr geringe Zufriedenheit oder sehr hoher Stress innerhalb der Teams erkennbar oder zu erwarten, sehr geringe vertrauensvolle Zusammenarbeit erkennbar oder zu erwarten	0,0	
<b>VERHALTEN</b>	sehr geringe oder ausgewogene Risiken der Ressourcenrelationen, sehr hohe und ausgewogene Rückkopplungen, sehr viele Freiheitsgrade, sehr großes Vertrauen, sehr hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung der Ressourcen, kaum Konflikte zu erwarten	geringe oder ausgewogene Risiken der Ressourcenrelationen, hohe und ausgewogene Rückkopplungen, viele Freiheitsgrade, großes Vertrauen, hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung der Ressourcen, geringes Konfliktpotenzial	ausgewogene Risiken der Ressourcenrelationen, ausgewogene Rückkopplungen, teilweise Freiheitsgrade, mittleres Vertrauen, geregelte Eigensteuerung der Ressourcen wahrscheinlich, Konflikte sind möglich	viele einseitige Risiken der Ressourcenrelationen, wenig ausgewogene Rückkopplungen oder hohe einseitige Rückkopplungen, geringe Freiheitsgrade, geringes Vertrauen, geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung der Ressourcen, hohes Konfliktpotenzial	sehr viele einseitige Risiken der Ressourcenrelationen, sehr wenig ausgewogene Rückkopplungen oder sehr hohe einseitige Rückkopplungen, sehr geringes Freiheitsgrade, sehr geringes Vertrauen, sehr geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung der Ressourcen, sehr hohes Konfliktpotenzial	0,0	
<b>UMWELT</b>	sehr geringer Einfluss der Umwelt auf die Ressourcen, ohne Wechselwirkungen	wenig Einfluss der Umwelt auf die Ressourcen, geringe Wechselwirkungen	Die Umwelt nimmt Einfluss auf die Ressourcen, Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt einen hohen Einfluss auf die Ressourcen, hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt einen sehr hohen Einfluss auf die Ressourcen, sehr hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	0,0	

Tab. 27: Komplexitätsgrad „RESSOURCEN“

### 5.3.8 KULTUR

Der Indikator „Kultur“ gehört zum Systemkreis des Umsystems und befasst sich mit den externen kulturellen Beziehungen in Beantwortung der Frage: „Welche Einflüsse erfolgen von außen?“ Kulturelle Abhängigkeiten können durch unterschiedlichen sozialen Kontext einen Einfluss auf die Steuerbarkeit von Bauvorhaben nehmen. Gleichmaßen nimmt die interne Projektkultur im Rahmen einer Kooperationsbereitschaft<sup>781</sup> einen weiteren Einfluss auf den Projektverlauf und wird daher als mögliche äußere Wirkung der Stammorganisation auf die Projektorganisation mit in die Betrachtung einbezogen. Die interne Projektkultur wird geprägt durch das „Klima der Zusammenarbeit“ und lässt sich durch den Einsatz systemischer Managementmodelle (vgl. Kap. 2.3) positiv beeinflussen. Es wird nach folgenden Teilaspekten unterschieden:

- externe Kulturaspekte (kulturübergreifend, z. B. Länder, Staaten, Europa, Welt u. a.)
- interne Kulturaspekte (Kultur der Zusammenarbeit im Projekt, Kooperation u. a.)

Unter Würdigung der vorgenannten Definition und der Erkenntnisse aus Kapitel 4.2, 4.3 und 5.1 wird zur Bewertung der Komplexität des Indikators „Kultur“ folgende Festlegung zur Modellbildung getroffen:

#### STRUKTUREN

Das Komplexitätsmerkmal „Strukturen“ berücksichtigt die Vielzahl und Varietät der vorhandenen kulturellen Unterschiede. Die Bewertung umfasst die Anzahl und Unterschiedlichkeit der o.g. Teilaspekte hinsichtlich Anzahl und Unterschiedlichkeit der im Projekt unmittelbar mitwirkenden Länder und Kulturkreise im Bereich der Beteiligten (Auftraggeber, Lenkungskreis, Mitarbeiter, Subs u. a.), deren Diversität und geografische Distanzen.

In die Betrachtung gehen mögliche Wechselwirkungen innerhalb der strukturellen Aspekte mit ein. Auf Basis des definierten Komplexitätsgrades erfolgt folgende Einstufung:

- 1 sehr wenige beteiligte Länder (1) und sehr gleichförmige beteiligte Kulturen (1), sehr einfaches Beziehungsgefüge mit sehr geringen Wechselwirkungen zwischen den beteiligten Kulturen, sehr geringe geografische Distanzen ( $\leq 1000$  km) zwischen den Beteiligten
- 2 wenige beteiligte Länder ( $\leq 2$ ) und gleichförmige beteiligte Kulturen ( $\leq 2$ ), einfaches Beziehungsgefüge mit geringen Wechselwirkungen zwischen den beteiligten Kulturen, geringe geografische Distanzen ( $\leq 2500$  km) zwischen den Beteiligten
- 3 mittlere Anzahl beteiligter Länder ( $\leq 3$ ) und teilweise gleichförmige beteiligte Kulturen ( $\leq 3$ ), mittelschwieriges Beziehungsgefüge mit mittleren Wechselwirkungen zwischen den beteiligten Kulturen, mittlere geografische Distanzen ( $\leq 5000$  km) zwischen den Beteiligten
- 4 viele beteiligte Länder ( $\leq 5$ ) oder ungleichförmige beteiligte Kulturen ( $\geq 2$ ), schwieriges Beziehungsgefüge mit hohen Wechselwirkungen zwischen den beteiligten Kulturen, hohe geografische Distanzen ( $\leq 10000$  km) zwischen den Beteiligten
- 5 sehr viele beteiligte Länder ( $> 5$ ) oder viele ungleichförmige beteiligte Kulturen ( $> 2$ ), sehr schwieriges Beziehungsgefüge mit sehr hohen Wechselwirkungen zwischen den beteiligten Kulturen, sehr hohe geografische Distanzen ( $> 10000$  km) zwischen den Beteiligten

---

<sup>781</sup> Vgl. Görres, L. (2016), S. 440–443

### VERÄNDERUNGEN

Das Komplexitätsmerkmal „Veränderungen“ berücksichtigt die Wahrscheinlichkeit von Veränderungen in den kulturellen Abhängigkeiten wie Bekanntheit und Verschiedenartigkeit der Beteiligten sowie das Risikopotenzial, unter Berücksichtigung möglicher Eigendynamik und Beeinflussungen durch die Umwelt. Auf Basis des definierten Komplexitätsgrades wird folgende Einstufung vorgenommen:

- 1 keine Veränderungen der kulturellen Teilaspekte sind zu erwarten
- 2 wenige Veränderungen der kulturellen Teilaspekte sind wahrscheinlich
- 3 Veränderungen der kulturellen Teilaspekte sind wahrscheinlich, verschiedenartig
- 4 viele Veränderungen der kulturellen Teilaspekte sind wahrscheinlich, sehr unterschiedlich
- 5 unzählige Veränderungen der kulturellen Teilaspekte sind wahrscheinlich, schwer erfassbar

### WAHRNEHMUNG

Das Komplexitätsmerkmal „Wahrnehmung“ berücksichtigt die Pfadabhängigkeit, Nichtlinearität und begrenzte Rationalität der kulturellen Teilaspekte. In die Bewertung fließen historische Erkenntnisse über die bisherige Zusammenarbeit der Beteiligten, die Erfahrungen der Beteiligten in multikulturellen Projekten, die Nichtlinearität der Verknüpfungen der Organisationsbeteiligten, Umfang des Informationsbedarfs zur Umsetzung und die Wahrnehmungsfähigkeit von Divergenzen bzw. der Steuerbarkeit mit ein. Auf Basis des definierten Komplexitätsgrades ergibt sich folgende Einstufung:

- 1 Teams untereinander bekannt, sehr transparenter Umgang, Sensitivitätsanalyse durchgeführt und die Erkenntnisse in die Führung der Teams umgesetzt, sehr umfangreiche mediale Kommunikationstechnik vorhanden oder nicht erforderlich, sehr hohe Erfahrung der Teams mit multikulturellen Projekten, sehr vertrauensvolle Zusammenarbeit erkennbar oder zu erwarten
- 2 Teams untereinander teilweise bekannt, transparenter Umgang, Sensitivitätsanalyse durchgeführt und die Erkenntnisse teilweise in die Führung der Teams umgesetzt, umfangreiche mediale Kommunikationstechnik vorhanden, hohe Erfahrung der Teams mit multikulturellen Projekten, vertrauensvolle Zusammenarbeit erkennbar oder zu erwarten
- 3 Teams untereinander geringfügig bekannt, teilweise transparenter Umgang, Sensitivitätsanalyse durchgeführt ohne Umsetzung in die Führung der Teams, mediale Kommunikationstechnik vorhanden, Erfahrung der Teams mit multikulturellen Projekten teilweise vorhanden, vertrauensvolle Zusammenarbeit teilweise erkennbar oder zu erwarten
- 4 Teams untereinander unbekannt, geringer transparenter Umgang, keine Sensitivitätsanalyse durchgeführt aber teilweise vorgesehen, geringe mediale Kommunikationstechnik vorhanden, geringe Erfahrung der Teams mit multikulturellen Projekten, geringe vertrauensvolle Zusammenarbeit teilweise erkennbar oder zu erwarten
- 5 Teams untereinander unbekannt, sehr geringer transparenter Umgang, keine Sensitivitätsanalyse durchgeführt oder beabsichtigt, sehr geringe oder keine mediale Kommunikationstechnik vorhanden, sehr geringe oder keine Erfahrung der Teams mit multikulturellen Projekten, sehr geringe vertrauensvolle Zusammenarbeit teilweise erkennbar oder zu erwarten

### VERHALTEN

Das Komplexitätsmerkmal „Verhalten“ berücksichtigt die Überlebenssicherung, Rückkopplung, Selbstorganisation, Selbstreferenzialität, Emergenz und Autopoiese der beteiligten Kulturen. Die Bewertung umfasst die Risiken der Organisationsentwicklung, die Ausgewogenheit der Rückkopplungen und Freiheitsgrade zur Umsetzung sowie die Wahrscheinlichkeit einer geregelten Eigensteuerung der Zielver-



folgung. Es gehen die Unterschiedlichkeiten möglicher Wechselwirkungen durch formelle und informelle Kommunikationsbeziehung und die Arten des Zusammenwirkens in die Betrachtung mit ein. Auf Basis des definierten Komplexitätsgrades ergibt sich folgende Einstufung:

- 1 sehr geringe oder ausgewogene Risiken der kulturellen Relationen, sehr hohe und ausgewogene Rückkopplungen, sehr viele Freiheitsgrade, sehr großes Vertrauen, sehr hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, kaum Konflikte zu erwarten, die Verhaltenssteuerung wird in hohem Maße durch ein systemisches Managementsystem unterstützt
- 2 geringe oder ausgewogene Risiken der kulturellen Relationen, hohe und ausgewogene Rückkopplungen, viele Freiheitsgrade, großes Vertrauen, hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, geringes Konfliktpotenzial, die Verhaltenssteuerung wird in geringem Maße durch ein systemisches Managementsystem unterstützt
- 3 ausgewogene Risiken der kulturellen Relationen, ausgewogene Rückkopplungen, teilweise Freiheitsgrade, mittleres Vertrauen, geregelte Eigensteuerung wahrscheinlich, Konflikte sind möglich, die Verhaltenssteuerung wird in sehr geringem Maße durch ein systemisches Managementsystem unterstützt (Beteiligte haben nur teilweise Erfahrungen)
- 4 viele einseitige Risiken der kulturellen Relationen, wenig ausgewogene Rückkopplungen oder hohe einseitige Rückkopplungen, geringe Freiheitsgrade, geringes Vertrauen, geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, hohes Konfliktpotenzial, die Verhaltenssteuerung wird nicht durch ein systemisches Managementsystem unterstützt (nur einzelne Beteiligte haben einschlägige Erfahrungen)
- 5 sehr viele einseitige Risiken der kulturellen Relationen, sehr wenig ausgewogene Rückkopplungen oder sehr hohe einseitige Rückkopplungen, sehr geringe Freiheitsgrade, sehr geringes Vertrauen, sehr geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, sehr hohes Konfliktpotenzial, die Verhaltenssteuerung wird nicht durch ein systemisches Managementsystem unterstützt (keiner der Beteiligten hat einschlägige Erfahrungen)

#### UMWELT

Das Komplexitätsmerkmal „Umwelt“ berücksichtigt die Offenheit der kulturellen Aspekte hinsichtlich eines externen Einflusses. Die Bewertung umfasst die Wahrscheinlichkeit der Beeinflussung der einzelnen Kulturen durch nicht steuerbare Umweltbeeinflussungen. Auf Basis des definierten Komplexitätsgrades ergibt sich folgende Einstufung:

- 1 sehr geringer Einfluss der Umwelt auf die kulturellen Aspekte, ohne Wechselwirkungen
- 2 wenig Einfluss der Umwelt auf die kulturellen Aspekte, geringe Wechselwirkungen wahrscheinlich
- 3 Die Umwelt nimmt Einfluss auf die kulturellen Aspekte, Wechselwirkungen sind wahrscheinlich
- 4 Die Umwelt nimmt einen hohen Einfluss auf die kulturellen Aspekte, hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich
- 5 Die Umwelt nimmt einen sehr hohen Einfluss auf die kulturellen Aspekte, sehr hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich

Die Ergebnisse der Bewertung des Indikators „Kultur“ sind in nachfolgender Tabelle zusammengefasst. Die Tabelle dient gleichzeitig zur Berechnung eines indikatorbezogenen Mittelwertes der Komplexität der kulturellen Abhängigkeiten.

KULTUR		Spezifischer Komplexitätsgrad (Indikator) (K <sub>I</sub> )					0,0
		1	2	3	4	5	
<b>KOMPLEXITÄTSGRAD</b>							<b>SUMME</b>
<b>MERKMALE</b>		<b>sehr gering</b>	<b>gering</b>	<b>mittel</b>	<b>hoch</b>	<b>sehr hoch</b>	
<b>STRUKTUREN</b>	sehr wenige beteiligte Länder (1) und sehr gleichförmige beteiligte Kulturen (≤ 1), sehr einfaches Beziehungsgefüge mit sehr geringen Wechselwirkungen zwischen den beteiligten Kulturen, sehr geringe geografische Distanzen (≤ 1000 km) zwischen den Beteiligten	wenige beteiligte Länder (≤ 2) und gleichförmige beteiligte Kulturen (≤ 2), einfaches Beziehungsgefüge mit geringen Wechselwirkungen zwischen den beteiligten Kulturen, geringe geografische Distanzen (≤ 2500 km) zwischen den Beteiligten	mittlere Anzahl beteiligter Länder (≤ 3) und teilweise gleichförmige beteiligte Kulturen (≤ 3), mittelschweres Beziehungsgefüge mit mittleren Wechselwirkungen zwischen den beteiligten Kulturen, mittlere geografische Distanzen (≤ 5000 km) zwischen den Beteiligten	viele beteiligte Länder (≤ 5) oder ungleichförmige beteiligte Kulturen (> 2), sehr schwieriges Beziehungsgefüge mit sehr hohen Wechselwirkungen zwischen den beteiligten Kulturen, sehr hohe geografische Distanzen (> 10000 km) zwischen den Beteiligten	sehr viele beteiligte Länder (> 5) oder viele ungleichförmige beteiligte Kulturen (> 2), sehr schwieriges Beziehungsgefüge mit sehr hohen Wechselwirkungen zwischen den beteiligten Kulturen, sehr hohe geografische Distanzen (> 10000 km) zwischen den Beteiligten		0,0
<b>VERÄNDERUNGEN</b>	keine Veränderungen der kulturellen Teilaspekte sind zu erwarten	wenige Veränderungen der kulturellen Teilaspekte sind wahrscheinlich	Veränderungen der kulturellen Teilaspekte sind wahrscheinlich, verschiedenartig	viele Veränderungen der kulturellen Teilaspekte sind wahrscheinlich, sehr unterschiedlich	unzählige Veränderungen der kulturellen Teilaspekte sind wahrscheinlich, schwer erfassbar	0,0	
<b>WAHRNEHMUNG</b>	Teams untereinander bekannt, sehr transparenter Umgang, Sensitivitätsanalyse durchgeführt und die Erkenntnisse teilweise in die Führung der Teams umgesetzt, sehr umfangreiche mediale Kommunikationstechnik vorhanden oder nicht erforderlich, sehr hohe Erfahrung der Teams mit multikulturellen Projekten, sehr vertrauensvolle Zusammenarbeit erkennbar oder zu erwarten	Teams untereinander teilweise bekannt, transparenter Umgang, Sensitivitätsanalyse durchgeführt und die Erkenntnisse teilweise in die Führung der Teams umgesetzt, umfangreiche mediale Kommunikationstechnik vorhanden, hohe Erfahrung der Teams mit multikulturellen Projekten, vertrauensvolle Zusammenarbeit erkennbar oder zu erwarten	Teams untereinander geringfügig bekannt, teilweise transparenter Umgang, Sensitivitätsanalyse durchgeführt ohne Umsetzung in die Führung der Teams, mediale Kommunikationstechnik vorhanden, Erfahrung der Teams mit multikulturellen Projekten teilweise vorhanden, vertrauensvolle Zusammenarbeit teilweise erkennbar oder zu erwarten	Teams untereinander unbekannt, transparenter Umgang, keine teilweise vorgesehene, geringe mediale Kommunikationstechnik vorhanden, geringe Erfahrung der Teams mit multikulturellen Projekten, geringe vertrauensvolle Zusammenarbeit teilweise erkennbar oder zu erwarten	Teams untereinander unbekannt, sehr geringer transparenter Umgang, keine Sensitivitätsanalyse durchgeführt oder beabsichtigt, sehr geringe oder keine mediale Kommunikationstechnik vorhanden, sehr geringe oder keine Erfahrung der Teams mit multikulturellen Projekten, sehr geringe vertrauensvolle Zusammenarbeit teilweise erkennbar oder zu erwarten	0,0	
<b>VERHALTEN</b>	sehr geringe oder ausgewogene Risiken der kulturellen Relationen, sehr hohe und ausgewogene Rückkopplungen, sehr viele Freiheitsgrade, sehr großes Vertrauen, sehr hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, kaum Konflikte zu erwarten, die Verhaltenssteuerung wird in hohem Maße durch ein systemisches Managementsystem unterstützt	geringe oder ausgewogene Risiken der kulturellen Relationen, hohe und ausgewogene Rückkopplungen, viele Freiheitsgrade, großes Vertrauen, hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, geringes Konfliktpotenzial, die Verhaltenssteuerung wird in geringem Maße durch ein systemisches Managementsystem unterstützt	ausgewogene Risiken der kulturellen Relationen, ausgewogene Rückkopplungen, teilweise Freiheitsgrade, mittleres Vertrauen, geregelte Eigensteuerung wahrscheinlich, Konflikte sind möglich, die Verhaltenssteuerung wird in sehr geringem Maße durch ein systemisches Managementsystem unterstützt (Beteiligte haben nur teilweise Erfahrungen)	viele einseitige Risiken der kulturellen Relationen, wenig ausgewogene Rückkopplungen oder hohe einseitige Vertrauen, geringe Freiheitsgrade, geringes Vertrauen, geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, hohes Konfliktpotenzial, die Verhaltenssteuerung wird nicht durch ein systemisches Managementsystem unterstützt (nur einzelne Beteiligte haben einschlägige Erfahrungen)	sehr viele einseitige Risiken der kulturellen Relationen, sehr wenig ausgewogene Rückkopplungen oder sehr hohe einseitige Freiheitsgrade, sehr geringes Vertrauen, sehr geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, sehr hohes Konfliktpotenzial, die Verhaltenssteuerung wird nicht durch ein systemisches Managementsystem unterstützt (keiner der Beteiligten hat einschlägige Erfahrungen)	0,0	
<b>UMWELT</b>	sehr geringer Einfluss der Umwelt auf die kulturellen Aspekte, ohne Wechselwirkungen	wenig Einfluss der Umwelt auf die kulturellen Aspekte, geringe Wechselwirkungen wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt Einfluss auf die kulturellen Aspekte, Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt einen hohen Einfluss auf die kulturellen Aspekte, hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt einen sehr hohen Einfluss auf die kulturellen Aspekte, sehr hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	0,0	

Tab. 28: Komplexitätsgrad „KULTUR“

### 5.3.9 CHANCEN/RISIKEN

Der Indikator „Chancen/Risiken“ gehört zum Systemkreis des Umsystems. Risiken und Chancen können Auswirkungen auf die Steuerbarkeit von Bauvorhaben haben, da diese sich besonders in der Kooperation der Beteiligten bemerkbar machen und somit das Verhalten beeinflussen. Es wird nach folgenden Teilaspekten unterschieden:

- strategische Bedeutung: Art der Auftraggeber: Investor, Gesellschaften, Öffentliche Hand u. a.
- politische Bedeutung: Aufträge der Öffentlichen Hand, Baumaßnahmen die der Landesverteidigung oder der Infrastruktur dienen, interkulturell – außenpolitische Bauvorhaben u. a.
- Win-Win-Modelle (vgl. 4.2 und 5.1): Umfang der möglichen Chancen durch Art der Vertragsmodelle: Verträge nach üblichen Standards (HOAI, VOB, u. a.), frei formulierte Verträge ohne Standards, Einheitspreisverträge, Pauschalverträge, kombinierte Planungs- und Ausführungsmodelle, Konsequenzen, Pönalfunktionen u. a.
- Risikomanagement<sup>782</sup>: Art und Umfang der Schadensarten, des Risikomanagementsystems, der Risikoklassen, der Schadenshöhe sowie der Eintrittswahrscheinlichkeit u. a.

In die Bewertung der Chancen und Risiken sind weitere Abhängigkeiten wie das Vorhandensein und die Umsetzung eines Entscheidungsmanagements und die Qualifikation der Bauherrenorganisation einzubeziehen.

Mit "strategischer Bedeutung" kann der Einfluss eines Bauvorhabens auf den Erfüllungsgrad der Unternehmensziele beschrieben werden. Als Maßstab hierfür kann der relative Anteil eines Bauvorhabens am Gesamtprojektvolumen eines Unternehmens dienen. Das Projekt besitzt somit eine größere "Gewichtung".<sup>783</sup> Einzelinvestoren bieten eine weitaus größere Chance bei geringerem Risiko eines schlanken und zielorientierten Entscheidungsmanagements, als dies im Bereich diverser Gesellschafterformen oder der Öffentlichen Hand zu erwarten ist (vgl. Kap. 4.2). Es besteht eher das Risiko einer Inkongruenz von Aufgabenerledigung und Verantwortung.<sup>784</sup>

Projekte mit politischer Bedeutung sind überwiegend Aufträge der Öffentlichen Hand, die aufgrund möglicher Einflussnahme politischer Zielsetzung mit den Projektzielen konkurrieren. Politisch motivierte Projekte sind dem Betrachtungshorizont der Politik unterworfen, deren Zielsetzungen zeitlich auf Wahl- und Legislaturperioden ausgerichtet sind.<sup>785</sup>

Sogenannte „Win-Win-Modelle“ verlassen oftmals die klassischen Planungs-, Vertrags- und Ausführungsstrukturen, indem sie die Beteiligten frühzeitig in die Planungsphase integrieren und kooperative Geschäftsmodelle ermöglichen. Frühzeitige Transparenz durch Integration der am Projekt beteiligten Unternehmen und Organisationen ermöglichen den Beteiligten eine verlässliche Kalkulation und die Erstellung realisierbarer Planungsinhalte. Durch Risikovermeidung bzw. –Abwägung ergeben sich somit maximale Chancen bei kalkulierbaren Risiken. Weitere Chancen ergeben sich oftmals auf Seite der Auftraggeber durch das Erreichen weicher Ziele wie Einzigartigkeit, Imagesteigerung, Profilierung u. a.<sup>786</sup>

---

<sup>782</sup> Vgl. Hoffmann, W. (2015)

<sup>783</sup> Vgl. Steinbuch, P. A. (2000), S. 24

<sup>784</sup> Vgl. Bech, J. (2014), S. 9

<sup>785</sup> Vgl. Pfarr, K. (1983): "Geschichte der Bauwirtschaft", Dt. Consulting-Verl, Essen, S. 145

<sup>786</sup> Vgl. Görres, L. (2016), S. 440-

Risiken beschreiben die Höhe eines Schadens, der durch Nichterreichung einer Zielsetzung eintritt. Schaden kann durch Verlust von Investitionen oder Vertragsstrafen auftreten oder als Imageschaden zum Verlust einer Markt- oder politischen Position führen.<sup>787</sup> Risiken können im technischen Bereich, finanziellen Bereich oder im sonstigen Umfeld auftreten. Alfen<sup>788</sup> nennt für große Bauvorhaben folgende 27 Risikoklassen:

Standortrisiken, Bedarfsrisiken, Baugrundrisiken, Bausubstanzrisiken, Ausschreibungs- und Vergaberisiken, Beschwerde- und Protestrisiken, Planungsrisiken, Vertragsrisiken, Genehmigungsrisiken, Inputrisiken, Schnittstellenrisiken, Managementrisiken, Technische Ausführungsrisiken, Technologierisiken, Betriebsrisiken, Leistungsänderungsrisiken, Instandhaltungsrisiken, Vandalismusrisiken, Finanzierungsrisiken (inkl. Zinsänderungen), Inflationsrisiken, Steuerrisiken, Einnahmerisiken, Risiko der Zahlungsunfähigkeit des Auftraggebers, Insolvenzrisiken der Auftragnehmer, Gesetzes- und Normenänderungsrisiken, Höhere Gewalt und das Verwertungsrisiko. Diese Aufzählung ist sicherlich nicht als abschließend zu betrachten.

Die Eintrittswahrscheinlichkeit wird von Patzak<sup>789</sup> wie folgt quantifiziert:

fast immer (mehr als jedes zweite Mal) = 0,5; häufig (bei jedem 2. bis 5. Fall) = 0,5-0,2; manchmal (bei jedem 5. bis 10. Fall) = 0,2-0,1; selten (bei jedem 10. bis 25. Fall) = 0,1-0,04 und fast nie (weniger als viermal in 100 Fällen) = 0,04.

Unter Würdigung der vorgenannten Definition und der Erkenntnisse aus Kapitel 4.2, 4.3 und 5.1 wird zur Bewertung der Komplexität des Indikators „Chancen/Risiken“ folgende Festlegung zur Modellbildung getroffen:

#### STRUKTUREN

Das Komplexitätsmerkmal „Strukturen“ berücksichtigt die Vielzahl und Varietät der vorhandenen Chancen und Risiken. Die Bewertung umfasst die Anzahl und Unterschiedlichkeit der o.g. Teilaspekte hinsichtlich Anzahl und Unterschiedlichkeit der im Projekt möglichen Chancen und Risiken sowie der möglichen Vertragsgestaltung. Auf Basis des definierten Komplexitätsgrades erfolgt folgende Einstufung:

- 1 sehr wenige überschaubare und vergleichbare Risiken in sehr wenigen Risikoklassen ( $\leq 5$ ), sehr wenige überschaubare Verträge und Vereinbarungen ( $\leq 5$ ), keine pönalen Elemente, sehr viele erreichbare Chancen ( $\geq 5$ )
- 2 wenige überschaubare und wenig vergleichbare Risiken in wenigen Risikoklassen ( $\leq 10$ ), wenige überschaubare Verträge und Vereinbarungen ( $\leq 10$ ), wenige pönale Elemente, viele erreichbare Chancen ( $< 5$ )
- 3 überschaubare und teilweise vergleichbare Risiken in mittlerer Anzahl von Risikoklassen ( $\leq 15$ ), mittlere Anzahl an teilweise überschaubaren Verträgen und Vereinbarungen ( $\leq 15$ ), pönale Elemente werden generell eingesetzt, einige erreichbare Chancen ( $< 4$ )
- 4 viele und gering überschaubare Risiken in vielen Risikoklassen ( $\leq 20$ ), viele und gering überschaubare Verträge und Vereinbarungen ( $\leq 20$ ), viele pönale Elemente, wenige erreichbare Chancen ( $< 3$ )

<sup>787</sup> Vgl. Dreger, W. (1975), S. 8

<sup>788</sup> Vgl. Alfen, H. W., et al. (2010): "Lebenszyklusorientiertes Risikomanagement für PPP-Projekte im öffentlichen Hochbau", Verlag der Bauhaus-Universität Weimar, Weimar, S. CDLXXVI–CDLXXVIII

<sup>789</sup> Vgl. Patzak, G. & Rattay, G. (2009), S. 322

- 5 sehr viele kaum überschaubare und unterschiedliche Risiken in sehr vielen Risikoklassen (> 20), sehr viele kaum überschaubare und unterschiedliche Verträge und Vereinbarungen (> 20), sehr viele pönale Elemente, sehr wenige erreichbare Chancen (< 2)

#### VERÄNDERUNGEN

Das Komplexitätsmerkmal „Veränderungen“ berücksichtigt die Wahrscheinlichkeit von Veränderungen in den Chancen und Risiken sowie das Potenzial möglicher Eigendynamik und Beeinflussungen durch die Umwelt. Auf Basis des definierten Komplexitätsgrades wird folgende Einstufung vorgenommen:

- 1 sehr geringe Wechselwirkungen zwischen den Chancen und Risiken wahrscheinlich, sehr geringe Veränderungen von Eintrittswahrscheinlichkeiten der Chancen und Risiken aus projektinternen, -externen oder sachlich-inhaltlichen Teilaspekten, sehr geringe Unsicherheiten mit sehr geringen Eintrittswahrscheinlichkeiten sind zu erwarten
- 2 geringe Wechselwirkungen zwischen den Chancen und Risiken wahrscheinlich, geringe Veränderungen von Eintrittswahrscheinlichkeiten der Chancen und Risiken aus projektinternen, -externen oder sachlich-inhaltlichen Teilaspekten, sehr geringe Unsicherheiten mit geringen Eintrittswahrscheinlichkeiten sind zu erwarten
- 3 Wechselwirkungen zwischen den Chancen und Risiken wahrscheinlich, Veränderungen von Eintrittswahrscheinlichkeiten der Chancen und Risiken aus projektinternen, -externen oder sachlich-inhaltlichen Teilaspekten sowie Unsicherheiten und Eintrittswahrscheinlichkeiten sind erkennbar und zu erwarten
- 4 hohe Wechselwirkungen zwischen den Chancen und Risiken wahrscheinlich, hohe Veränderungen von Eintrittswahrscheinlichkeiten der Chancen und Risiken aus projektinternen, -externen oder sachlich-inhaltlichen Teilaspekten, hohe Unsicherheiten mit hohen Eintrittswahrscheinlichkeiten sind zu erwarten
- 5 sehr hohe Wechselwirkungen zwischen den Chancen und Risiken wahrscheinlich, sehr hohe Veränderungen von Eintrittswahrscheinlichkeiten der Chancen und Risiken aus projektinternen, -externen oder sachlich-inhaltlichen Teilaspekten, sehr hohe Unsicherheiten mit hohen Eintrittswahrscheinlichkeiten sind zu erwarten

#### WAHRNEHMUNG

Das Komplexitätsmerkmal „Wahrnehmung“ berücksichtigt die Pfadabhängigkeit, Nichtlinearität und begrenzte Rationalität der Chancen und Risiken. In die Bewertung fließen historische Erkenntnisse über die bisherige Zusammenarbeit der Beteiligten, die Erfahrungen der Beteiligten in gleichartigen Projekten, die Nichtlinearität der Verknüpfungen der Chancen und Risiken, Umfang des Informationsbedarfs zur Umsetzung und die Wahrnehmungsfähigkeit von Divergenzen bzw. der Steuerbarkeit mit ein. Auf Basis des definierten Komplexitätsgrades ergibt sich folgende Einstufung:

- 1 sehr hoher transparenter Umgang mit Chancen und Risiken durch Einsatz eines qualifizierten Risikomanagementsystems, sehr hohe Wahrscheinlichkeit zur Durchführung kooperativer Lösungsansätze zur Risikovermeidung und Risikoallokation, sehr guter Informationsfluss und Kommunikationsfähigkeit, sehr hohe vertrauensvolle Zusammenarbeit erkennbar oder zu erwarten
- 2 hoher transparenter Umgang mit Chancen und Risiken durch Einsatz eines qualifizierten Risikomanagementsystems, hohe Wahrscheinlichkeit zur Durchführung kooperativer Lösungsansätze

- sätze zur Risikovermeidung und Risikoallokation, guter Informationsfluss und Kommunikationsfähigkeit, hohe vertrauensvolle Zusammenarbeit erkennbar oder zu erwarten
- 3 mittlerer transparenter Umgang mit Chancen und Risiken, Risikomanagementsystem vorhanden, mittlere Wahrscheinlichkeit zur Durchführung kooperativer Lösungsansätze zur Risikovermeidung und Risikoallokation, mittlerer Informationsfluss und Kommunikationsfähigkeit, vertrauensvolle Zusammenarbeit erkennbar oder zu erwarten
  - 4 geringer transparenter Umgang mit Chancen und Risiken, Risikomanagement findet nur teilweise statt, geringe Wahrscheinlichkeit zur Durchführung kooperativer Lösungsansätze zur Risikovermeidung und Risikoallokation, geringer Informationsfluss und Kommunikationsfähigkeit, geringe vertrauensvolle Zusammenarbeit erkennbar oder zu erwarten
  - 5 sehr geringer transparenter Umgang mit Chancen und Risiken, Risikomanagement nur im Ansatz erkennbar oder nicht vorhanden, sehr geringe Wahrscheinlichkeit zur Durchführung kooperativer Lösungsansätze zur Risikovermeidung und Risikoallokation, sehr geringer Informationsfluss und Kommunikationsfähigkeit, sehr geringe vertrauensvolle Zusammenarbeit erkennbar oder zu erwarten

#### VERHALTEN

Das Komplexitätsmerkmal „Verhalten“ berücksichtigt die Überlebenssicherung, Rückkopplung, Selbstorganisation, Selbstreferenzialität, Emergenz und Autopoiese der vorhandenen Chancen und Risiken. Die Bewertung umfasst Einflüsse auf die Teil-Aspekte aus Organisation, Ausgewogenheit der Rückkopplungen und Freiheitsgrade zur Umsetzung sowie die Wahrscheinlichkeit einer geregelten Eigensteuerung der Zielverfolgung. Es gehen die Unterschiedlichkeiten möglicher Wechselwirkungen durch formelle und informelle Kommunikationsbeziehung und die Arten des Zusammenwirkens in die Betrachtung mit ein. Auf Basis des definierten Komplexitätsgrades ergibt sich folgende Einstufung:

- 1 sehr hohe und ausgewogene Rückkopplungen, sehr viele Freiheitsgrade, sehr großes Vertrauen, sehr hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, kaum Konflikte zu erwarten, übliche Verträge (auf Basis von Standards), keine Risikoverschiebung, unkomplizierte Freigaben, sehr hohe qualifizierte Mitwirkung der Auftraggeber
- 2 hohe und ausgewogene Rückkopplungen, viele Freiheitsgrade, großes Vertrauen, hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, geringes Konfliktpotenzial, überwiegend übliche Verträge (auf Basis von Standards), geringe Risikoverschiebung, geregelte Freigaben, hoch qualifizierte Mitwirkung der Auftraggeber
- 3 ausgewogene Rückkopplungen, teilweise Freiheitsgrade, mittleres Vertrauen, geregelte Eigensteuerung wahrscheinlich, Konflikte sind möglich, teilweise übliche Vertragsgestaltung (nur teilweise Standards), teilweise Risikoverschiebung, komplexe Entscheidungsfindung, mittlere Qualifikation der Auftraggeber
- 4 wenig ausgewogene Rückkopplungen oder hohe einseitige Rückkopplungen, geringe Freiheitsgrade, geringes Vertrauen, geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, hohes Konfliktpotenzial, unübliche Vertragsgestaltung (geringe Anzahl von Standards), hohe Risikoverschiebung, schwierige Entscheidungsfindung, geringe Qualifikation der Auftraggeber
- 5 sehr wenig ausgewogene Rückkopplungen oder sehr hohe einseitige Rückkopplungen, sehr geringe Freiheitsgrade, sehr geringes Vertrauen, sehr geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, sehr hohes Konfliktpotenzial, eigene Vertragswelt (keine Standards), sehr

hohe Risikoverschiebung, sehr schwierige Entscheidungsfindung, sehr geringe Qualifikation der Auftraggeber

#### UMWELT

Das Komplexitätsmerkmal „Umwelt“ berücksichtigt die Offenheit von Chancen und Risiken hinsichtlich eines externen Einflusses. Die Bewertung umfasst die Wahrscheinlichkeit der Beeinflussung durch nicht steuerbare Umweltbeeinflussungen. Auf Basis des definierten Komplexitätsgrades ergibt sich folgende Einstufung:

- 1 sehr geringer Einfluss der Umwelt auf Chancen und Risiken, ohne Wechselwirkungen
- 2 wenig Einfluss der Umwelt auf Chancen und Risiken, geringe Wechselwirkungen wahrscheinlich
- 3 Die Umwelt nimmt Einfluss auf Chancen und Risiken, Wechselwirkungen sind wahrscheinlich
- 4 Die Umwelt nimmt einen hohen Einfluss auf Chancen und Risiken, hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich
- 5 Die Umwelt nimmt einen sehr hohen Einfluss auf Chancen und Risiken, sehr hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich

Die Ergebnisse der Bewertung des Indikators „Chancen/Risiken“ sind in nachfolgender Tabelle zusammengefasst. Die Tabelle dient gleichzeitig zur Berechnung eines indikatorbezogenen Mittelwertes der Komplexität der risikobezogenen Abhängigkeiten.



CHANCEN/RISIKEN		Spezifischer Komplexitätsgrad (Indikator)					0,0
KOMPLEXITÄTSGRAD		1	2	3	4	5	SUMME
MERKMALE		sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch	
<b>STRUKTUREN</b>	sehr wenige überschaubare und vergleichbare Risiken in sehr wenigen Risikoklassen (≤ 5), sehr wenige überschaubare Verträge und Vereinbarungen (≤ 5), keine pönale Elemente, sehr viele erreichbare Chancen (≥ 5)	wenige überschaubare und wenig vergleichbare Risiken in wenigen Risikoklassen (≤ 10), wenige überschaubare Verträge und Vereinbarungen (≤ 10), wenige pönale Elemente, viele erreichbare Chancen (< 5)	überschaubare und teilweise vergleichbare Risiken in mittlerer Anzahl von Risikoklassen (≤ 15), mittlere Anzahl an teilweise überschaubaren Verträgen und Vereinbarungen (≤ 15), pönale Elemente werden generell eingesetzt, einige erreichbare Chancen (< 4)	viele und gering überschaubare Risiken in vielen Risikoklassen (≤ 20), viele und gering überschaubare Verträge und Vereinbarungen (≤ 20), viele pönale Elemente, wenige erreichbare Chancen (< 3)	sehr viele kaum überschaubare und unterschiedliche Risiken in sehr vielen Risikoklassen (> 20), sehr viele kaum überschaubare und unterschiedliche Verträge und Vereinbarungen (> 20), sehr viele pönale Elemente, sehr wenige erreichbare Chancen (< 2)	0,0	
<b>VERÄNDERUNGEN</b>	sehr geringe Wechselwirkungen zwischen den Chancen und Risiken wahrscheinlich, sehr geringe Veränderungen von Eintrittswahrscheinlichkeiten der Chancen und Risiken aus projektinternen, -externen oder sachlich-inhaltlichen Teilspekten, sehr geringe Unsicherheiten mit sehr geringen Eintrittswahrscheinlichkeiten sind zu erwarten	geringe Wechselwirkungen zwischen den Chancen und Risiken wahrscheinlich, geringe Veränderungen von Eintrittswahrscheinlichkeiten der Chancen und Risiken aus projektinternen, -externen oder sachlich-inhaltlichen Teilspekten, sehr geringe Unsicherheiten mit geringen Eintrittswahrscheinlichkeiten sind zu erwarten	Wechselwirkungen zwischen den Chancen und Risiken wahrscheinlich, hohe Veränderungen von Eintrittswahrscheinlichkeiten der Chancen und Risiken aus projektinternen, -externen oder sachlich-inhaltlichen Teilspekten, hohe Unsicherheiten und Eintrittswahrscheinlichkeiten sind zu erwarten	hohe Wechselwirkungen zwischen den Chancen und Risiken wahrscheinlich, hohe Veränderungen von Eintrittswahrscheinlichkeiten der Chancen und Risiken aus projektinternen, -externen oder sachlich-inhaltlichen Teilspekten, hohe Unsicherheiten mit hohen Eintrittswahrscheinlichkeiten sind zu erwarten	sehr hohe Wechselwirkungen zwischen den Chancen und Risiken wahrscheinlich, sehr hohe Veränderungen von Eintrittswahrscheinlichkeiten der Chancen und Risiken aus projektinternen, -externen oder sachlich-inhaltlichen Teilspekten, sehr hohe Unsicherheiten mit hohen Eintrittswahrscheinlichkeiten sind zu erwarten	0,0	
<b>WAHRNEHMUNG</b>	sehr hoher transparenter Umgang mit Chancen und Risiken durch Einsatz eines qualifizierten Risikomanagementsystems, sehr hohe Wahrscheinlichkeit zur Durchführung kooperativer Lösungsansätze zur Risikovermeidung und Risikoalkotation, sehr guter Informationsfluss und Kommunikationsfähigkeit, sehr hohe vertrauensvolle Zusammenarbeit erkennbar oder zu erwarten	hoher transparenter Umgang mit Chancen und Risiken durch Einsatz eines qualifizierten Risikomanagementsystems, hohe Wahrscheinlichkeit zur Durchführung kooperativer Lösungsansätze zur Risikovermeidung und Risikoalkotation, guter Informationsfluss und Kommunikationsfähigkeit, hohe vertrauensvolle Zusammenarbeit erkennbar oder zu erwarten	mittlerer transparenter Umgang mit Chancen und Risiken, Risikomanagementsystem vorhanden, mittlere Wahrscheinlichkeit zur Durchführung kooperativer Lösungsansätze zur Risikovermeidung und Risikoalkotation, mittlerer Informationsfluss und Kommunikationsfähigkeit, vertrauensvolle Zusammenarbeit erkennbar oder zu erwarten	geringer transparenter Umgang mit Chancen und Risiken, Risikomanagement findet nur teilweise statt, geringe Wahrscheinlichkeit zur Durchführung kooperativer Lösungsansätze zur Risikovermeidung und Risikoalkotation, geringerer Informationsfluss und vertrauensvolle Zusammenarbeit erkennbar oder zu erwarten	sehr geringer transparenter Umgang mit Chancen und Risiken, Risikomanagement nur im Ansatz erkennbar oder nicht vorhanden, sehr geringe Wahrscheinlichkeit zur Durchführung kooperativer Lösungsansätze zur Risikovermeidung und Risikoalkotation, sehr geringer Informationsfluss und Kommunikationsfähigkeit, sehr geringe vertrauensvolle Zusammenarbeit erkennbar oder zu erwarten	0,0	
<b>VERHALTEN</b>	sehr hohe und ausgewogene Rückkopplungen, sehr viele Freiheitsgrade, sehr großes Vertrauen, sehr hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, kaum Konflikte zu erwarten, übliche Verträge (auf Basis von Standards), keine Risikoverschiebung, unkomplizierte Freigaben, sehr hohe qualifizierte Mitwirkung der Auftraggeber	hohe und ausgewogene Rückkopplungen, viele Freiheitsgrade, großes Vertrauen, hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, geringes Konfliktpotenzial, überwiegend übliche Verträge (auf Basis von Standards), geringe Risikoverschiebung, geregelte Freigaben, hoch qualifizierte Mitwirkung der Auftraggeber	ausgewogene Rückkopplungen, teilweise Freiheitsgrade, mittleres Vertrauen, geregelte Eigensteuerung wahrscheinlich, Konflikte sind möglich, teilweise übliche Standards, teilweise Risikoverschiebung, komplexe Entscheidungsfindung, mittlere Qualifikation der Auftraggeber	wenig ausgewogene Rückkopplungen oder hohe einseitige Rückkopplungen, geringes Vertrauen, Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, hohes Konfliktpotenzial, unübliche Vertragsgestaltung (geringe Anzahl von Standards), hohe Risikoverschiebung, schwierige Entscheidungsfindung, geringe Qualifikation der Auftraggeber	sehr wenig ausgewogene Rückkopplungen oder sehr hohe einseitige Rückkopplungen, sehr geringe Freiheitsgrade, sehr geringes Vertrauen, sehr geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, sehr hohes Konfliktpotenzial, eigene Vertragswet (keine Standards), sehr hohe Risikoverschiebung, sehr schwierige Entscheidungsfindung, sehr geringe Qualifikation der Auftraggeber	0,0	
<b>UMWELT</b>	sehr geringer Einfluss der Umwelt auf Chancen und Risiken, ohne Wechselwirkungen	wenig Einfluss der Umwelt auf Chancen und Risiken, geringe Wechselwirkungen wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt Einfluss auf Chancen und Risiken, Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt einen hohen Einfluss auf Chancen und Risiken, hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt einen sehr hohen Einfluss auf Chancen und Risiken, sehr hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	0,0	

Tab. 29: Komplexitätsgrad „CHANCEN/RISIKEN“

### 5.3.10 UMFELD

Der Indikator „Umfeld“ gehört zum Systemkreis des Umsystems und befasst sich mit möglichen externen Beeinflussungen in Beantwortung der Frage: „Welche Einflüsse erfolgen von außen?“ Umfeldabhängigkeiten können durch unterschiedlichen sozialen Kontext einen Einfluss auf die Steuerbarkeit von Bauvorhaben nehmen. Die Umfeldbetrachtung lässt sich nach folgenden mittelbar Beteiligten (Stakeholder) und Einflussgrößen<sup>790</sup> unterscheiden:

- mittelbare Stakeholder:
  - Kunden, Finanzgeber, Nutzer, Betreiber, Partner, Lieferanten, Konkurrenten, Behörden, Politiker, Medien, Nachbarn, Bürgerinitiativen, Umweltschutzgruppen u. a.
- Einflussgrößen aus politischen<sup>791</sup>, sachlichen, sozialen und medialen Bereichen wie:
  - Abgrenzung zu anderen Projekten, Anzahl gleichzeitiger Projekte, Zieldivergenzen, private/öffentliche Projekte, Umfang der Routineaufgaben, erforderliche Technologie, rechtliche Rahmenbedingungen, Qualifikationen, Marktbedingungen, Naturereignisse, höhere Gewalt, Kulturen, Entfernung, Motivation, Einstellung, Erwartungen, Befürchtungen, Macht, Erkennungswahrscheinlichkeit, Diversität, Arbeitsmarkt, unrealistische Forderungen, vorsätzliches Störverhalten u. a.

Unter Würdigung der vorgenannten Definition und der Erkenntnisse aus Kapitel 4.2, 4.3 und 5.1 wird zur Bewertung der Komplexität des Indikators „Umfeld“ folgende Festlegung zur Modellbildung getroffen:

#### STRUKTUREN

Das Komplexitätsmerkmal „Strukturen“ berücksichtigt die Vielzahl und Varietät der relevanten mittelbaren Stakeholder sowie der möglichen Einflussgrößen aus den verschiedenen Einflussbereichen. Auf Basis des definierten Komplexitätsgrades erfolgt folgende Einstufung:

- 1 sehr wenige überschaubare und vergleichbare Stakeholdergruppen ( $\leq 1$ ), sehr geringe Risiken durch Einflussnahme von außen, sehr überschaubares und transparentes Umfeld, sehr wenige und sehr überschaubare normative Rahmenbedingungen, sehr viele Routineaufgaben
- 2 wenige überschaubare und vergleichbare Stakeholdergruppen ( $\leq 2$ ), geringe Einflussnahme mit geringen Risiken, einfaches und transparentes Umfeld, wenige und überschaubare normative Rahmenbedingungen, viele Routineaufgaben
- 3 teilweise überschaubare aber unterschiedliche Stakeholdergruppen ( $\leq 2$ ), mittlere Einflussnahme mit mittleren Risiken, mittleres transparentes Umfeld, mittlere Anzahl überschaubarer normativer Rahmenbedingungen, teilweise Routineaufgaben
- 4 hohe Anzahl unterschiedlicher Stakeholdergruppen ( $\leq 5$ ), hohe Einflussnahme mit hohen Risiken, wenig transparentes Umfeld, viele normative Rahmenbedingungen, wenig Routineaufgaben

<sup>790</sup> Vgl. Patzak, G. & Rattay, G. (2009), S. 97

<sup>791</sup> Vgl. Lauber, J.: "LeanNash: Wer ist schuld, dass Bauprojekte bezüglich Kosten, Termin und Ergebnis gravierend daneben gehen? Was ist Abhilfe im Sinne der FM?" in: "Facilitymanagement 2014 - Messe und Kongress, Frankfurt am Main, 25. - 27.02.2014, Tagungsband": Mesago [Hrsg.], VDE VERLAG BERLIN, 86–89

- 5 sehr hohe Anzahl unterschiedlicher Stakeholdergruppen (> 5), sehr hohe Einflussnahme mit sehr hohen Risiken, sehr wenig transparentes bis chaotisches Umfeld, sehr viele unüberschaubare normative Rahmenbedingungen, sehr wenige Routineaufgaben

#### VERÄNDERUNGEN

Das Komplexitätsmerkmal „Veränderungen“ berücksichtigt die Wahrscheinlichkeit von Veränderungen der relevanten mittelbaren Stakeholder, der möglichen Einflussgrößen aus den verschiedenen Einflussbereichen sowie das hieraus erwachsende Potenzial möglicher Eigendynamik. Auf Basis des definierten Komplexitätsgrades wird folgende Einstufung vorgenommen:

- 1 sehr geringe Wechselwirkungen zwischen den Einflussgrößen wahrscheinlich, sehr geringe Veränderungen von Eintrittswahrscheinlichkeiten der mittelbaren Einflussgrößen, sehr geringe Unsicherheiten, sehr geringe Bedeutung des Projektes für das Umfeld, Änderungsmanagement eingeführt und umgesetzt oder nicht erforderlich
- 2 geringe Wechselwirkungen zwischen den Einflussgrößen wahrscheinlich, geringe Veränderungen von Eintrittswahrscheinlichkeiten der mittelbaren Einflussgrößen, geringe Unsicherheiten, geringe Bedeutung des Projektes für das Umfeld, Änderungsmanagement eingeführt und umgesetzt
- 3 Wechselwirkungen zwischen den Einflussgrößen wahrscheinlich, Veränderungen von Eintrittswahrscheinlichkeiten der Einflussgrößen erkennbar und wahrscheinlich, Unsicherheiten sind vorhanden, mittlere Bedeutung des Projektes für das Umfeld, Änderungsmanagement teilweise eingeführt und teilweise umgesetzt
- 4 hohe Wechselwirkungen zwischen den Einflussgrößen wahrscheinlich, hohe Veränderungen von Eintrittswahrscheinlichkeiten der Einflussgrößen, hohe Unsicherheiten, hohe Bedeutung des Projektes für das Umfeld, Änderungsmanagement teilweise eingeführt aber nicht umgesetzt
- 5 sehr hohe Wechselwirkungen zwischen den Einflussgrößen wahrscheinlich, sehr hohe Veränderungen von Eintrittswahrscheinlichkeiten der Einflussgrößen, sehr hohe Unsicherheiten, sehr hohe Bedeutung des Projektes für das Umfeld, kein Änderungsmanagement vorhanden

#### WAHRNEHMUNG

Das Komplexitätsmerkmal „Wahrnehmung“ berücksichtigt die Pfadabhängigkeit, Nichtlinearität und begrenzte Rationalität des Umfelds. In die Bewertung fließen historische Erkenntnisse über den bisherigen Verlauf gleichgearteter Projekte, die Nichtlinearität der Verknüpfungen der Einflussgrößen, der Umfang des Informationsbedarfs zur Umsetzung und die Wahrnehmungsfähigkeit von Divergenzen bzw. der Steuerbarkeit mit ein. Auf Basis des definierten Komplexitätsgrades ergibt sich folgende Einstufung:

- 1 sehr hoher transparenter Umgang mit Stakeholdern und Einflussgrößen durch Einsatz eines qualifizierten Stakeholdermanagementsystems oder nicht erforderlich, sehr guter Informationsfluss und Kommunikationsfähigkeit durch den Einsatz eines Projektmarketings oder nicht erforderlich
- 2 hoher transparenter Umgang mit Stakeholdern und Einflussgrößen durch Einsatz eines qualifizierten Stakeholdermanagementsystems oder nur teilweise erforderlich, guter Informations-

- fluss und Kommunikationsfähigkeit durch den Einsatz eines Projektmarketings oder nur teilweise erforderlich
- 3 mittlerer hoher transparenter Umgang mit Stakeholdern und Einflussgrößen, Stakeholdermanagementsystem vorhanden, Informationsfluss und Kommunikationsfähigkeit erkennbar oder zu erwarten, Projektmarketing vorhanden
  - 4 geringer transparenter Umgang mit Stakeholdern und Einflussgrößen, Stakeholdermanagement findet nur teilweise statt aber erforderlich, geringerer Informationsfluss und Kommunikationsfähigkeit durch ein geringes aber erforderliches Projektmarketing
  - 5 sehr geringer transparenter Umgang mit Stakeholdern und Einflussgrößen, Stakeholdermanagement nur im Ansatz erkennbar oder nicht vorhanden, sehr geringere Informationsfluss und Kommunikationsfähigkeit durch nicht vorhandenes Projektmarketing

#### VERHALTEN

Das Komplexitätsmerkmal „Verhalten“ berücksichtigt die Überlebenssicherung, Rückkopplung, Selbstorganisation, Selbstreferenzialität, Emergenz und Autopoiese des Systems auf das Umfeld. Die Bewertung umfasst Einflussgrößen aus den verschiedenen Einflussbereichen der relevanten mittelbaren Stakeholder, die Ausgewogenheit der Rückkopplungen und Freiheitsgrade zur Umsetzung sowie die Wahrscheinlichkeit einer geregelten Eigensteuerung der Zielverfolgung. Es gehen die Unterschiedlichkeiten möglicher Wechselwirkungen durch formelle und informelle Kommunikationsbeziehung und die Arten des Zusammenwirkens in die Betrachtung mit ein. Auf Basis des definierten Komplexitätsgrades ergibt sich folgende Einstufung:

- 1 sehr hohe und ausgewogene Rückkopplungen der Stakeholder, sehr großes Vertrauen, sehr hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, sehr hohes kooperatives Verhalten, sehr wenige Konflikte zu erwarten, sehr hohe Qualität der Stakeholder
- 2 hohe und ausgewogene Rückkopplungen der Stakeholder, großes Vertrauen, hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, hohes kooperatives Verhalten, wenige Konflikte zu erwarten, hohe Qualität der Stakeholder
- 3 teilweise Rückkopplungen der Stakeholder, teilweise Vertrauen und teilweise Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, teilweise kooperatives Verhalten, Konflikte zu erwarten, mittlere Qualität der Stakeholder
- 4 geringe und nicht ausgewogene Rückkopplungen der Stakeholder, geringes Vertrauen und geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, geringes kooperatives Verhalten, viele Konflikte zu erwarten, geringe Qualität der Stakeholder
- 5 sehr geringe und nicht ausgewogene Rückkopplungen der Stakeholder, sehr geringes Vertrauen, sehr geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, sehr geringes kooperatives Verhalten, sehr viele Konflikte zu erwarten, sehr geringe Qualität der Stakeholder

#### UMWELT

Das Komplexitätsmerkmal „Umwelt“ berücksichtigt die Offenheit von Chancen und Risiken hinsichtlich eines externen Einflusses. Die Bewertung umfasst die Wahrscheinlichkeit der Beeinflussung durch nicht steuerbare Umweltbeeinflussungen. Auf Basis des definierten Komplexitätsgrades ergibt sich folgende Einstufung:

- 
- 1 sehr geringes öffentliches Interesse und sehr geringe Einflussnahme der Politik, sehr geringe Wechselwirkungen wahrscheinlich
  - 2 geringes öffentliches Interesse und geringe Einflussnahme der Politik, geringe Wechselwirkungen wahrscheinlich
  - 3 Öffentlichkeit nimmt Anteil am Projekt, politische Einflussnahme wahrscheinlich, Wechselwirkungen wahrscheinlich
  - 4 hohes öffentliches Interesse und hohe Einflussnahme der Politik, hohe Wechselwirkungen wahrscheinlich
  - 5 sehr hohes öffentliches Interesse und sehr hohe Einflussnahme der Politik, sehr hohe Wechselwirkungen wahrscheinlich

Die Ergebnisse der Bewertung des Indikators „Umfeld“ sind in nachfolgender Tabelle zusammengefasst. Die Tabelle dient gleichzeitig zur Berechnung eines indikatorbezogenen Mittelwertes der Komplexität der risikobezogenen Abhängigkeiten.

UMFELD		Spezifischer Komplexitätsgrad (Indikator) (K <sub>I</sub> )					0,0
KOMPLEXITÄTSGRAD		1	2	3	4	5	SUMME
MERKMALE		sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch	
<b>STRUKTUREN</b>	sehr wenige überschaubare und vergleichbare Stakeholdergruppen (≤ 1), sehr geringe Risiken durch Einflussnahme von außen, sehr überschaubares und transparentes Umfeld, sehr wenige und sehr überschaubare normative Rahmenbedingungen, sehr viele Routineaufgaben	wenige überschaubare und vergleichbare Stakeholdergruppen (≤ 2), geringe Einflussnahme mit geringen Risiken, einfaches und transparentes Umfeld, wenige und überschaubare normative Rahmenbedingungen, viele Routineaufgaben	teilweise überschaubare aber unterschiedliche Stakeholdergruppen (≤ 2), mittlere Einflussnahme mit mittleren Risiken, mittleres transparentes Umfeld, mittlere Anzahl überschaubarer normativer Rahmenbedingungen, teilweise Routineaufgaben	hohe Anzahl unterschiedlicher Stakeholdergruppen (> 5), sehr hohe Einflussnahme mit sehr hohen Risiken, sehr wenig transparentes bis chaotisches Umfeld, sehr viele unüberschaubare normative Rahmenbedingungen, sehr wenige Routineaufgaben	0,0		
<b>VERÄNDERUNGEN</b>	sehr geringe Wechselwirkungen zwischen den Einflussgrößen wahrscheinlich, sehr geringe Veränderungen von Eintrittswahrscheinlichkeiten der mittelbaren Einflussgrößen, sehr geringe Unsicherheiten, sehr geringe Bedeutung des Projektes für das Umfeld, Änderungsmanagement eingeführt und umgesetzt oder nicht erforderlich	geringe Wechselwirkungen zwischen den Einflussgrößen wahrscheinlich, geringe Veränderungen von Eintrittswahrscheinlichkeiten der mittelbaren Einflussgrößen, geringe Unsicherheiten, geringe Bedeutung des Projektes für das Umfeld, Änderungsmanagement eingeführt und umgesetzt	Wechselwirkungen zwischen den Einflussgrößen wahrscheinlich, Veränderungen von Eintrittswahrscheinlichkeiten der Einflussgrößen erkennbar und wahrscheinlich, Unsicherheiten sind vorhanden, mittlere Bedeutung des Projektes für das Umfeld, Änderungsmanagement teilweise eingeführt und teilweise umgesetzt	hohe Wechselwirkungen zwischen den Einflussgrößen wahrscheinlich, hohe Veränderungen von Eintrittswahrscheinlichkeiten der Einflussgrößen, hohe Unsicherheiten, hohe Bedeutung des Projektes für das Umfeld, Änderungsmanagement teilweise eingeführt aber nicht umgesetzt	sehr hohe Wechselwirkungen zwischen den Einflussgrößen wahrscheinlich, sehr hohe Veränderungen von Eintrittswahrscheinlichkeiten der Einflussgrößen, sehr hohe Unsicherheiten, sehr hohe Bedeutung des Projektes für das Umfeld, kein Änderungsmanagement vorhanden	0,0	
<b>WAHRNEHMUNG</b>	sehr hoher transparenter Umgang mit Stakeholdern und Einflussgrößen durch Einsatz eines qualifizierten Stakeholdermanagementsystems oder nicht erforderlich, sehr guter Informationsfluss und Kommunikationsfähigkeit durch den Einsatz eines Projektmarketings oder nicht erforderlich	hoher transparenter Umgang mit Stakeholdern und Einflussgrößen durch Einsatz eines qualifizierten Stakeholdermanagementsystems oder nur teilweise erforderlich, guter Informationsfluss und Kommunikationsfähigkeit durch den Einsatz eines Projektmarketings oder nur teilweise erforderlich	mittlerer hoher transparenter Umgang mit Stakeholdern und Einflussgrößen, Stakeholdermanagementsystem vorhanden, Informationsfluss und Kommunikationsfähigkeit erkennbar oder zu erwarten, Projektmarketing vorhanden	geringer transparenter Umgang mit Stakeholdern und Einflussgrößen, Stakeholdermanagement findet nur teilweise statt aber erforderlich, geringerer Informationsfluss und Kommunikationsfähigkeit durch ein geringes aber erforderliches Projektmarketing	sehr geringer transparenter Umgang mit Stakeholdern und Einflussgrößen, Stakeholdermanagement nur im Ansatz erkennbar oder nicht vorhanden, sehr geringerer Informationsfluss und Kommunikationsfähigkeit durch nicht vorhandenes Projektmarketing	0,0	
<b>VERHALTEN</b>	sehr hohe und ausgewogene Rückkopplungen der Stakeholder, sehr großes Vertrauen, sehr hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, sehr hohes kooperatives Verhalten, sehr wenige Konflikte zu erwarten, sehr hohe Qualität der Stakeholder	hohe und ausgewogene Rückkopplungen der Stakeholder, großes Vertrauen, hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, hohes kooperatives Verhalten, wenige Konflikte zu erwarten, hohe Qualität der Stakeholder	teilweise Rückkopplungen der Stakeholder, teilweise Vertrauen und teilweise Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, teilweise kooperatives Verhalten, Konflikte zu erwarten, mittlere Qualität der Stakeholder	geringe und nicht ausgewogene Rückkopplungen der Stakeholder, geringes Vertrauen und geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, geringes kooperatives Verhalten, viele Konflikte zu erwarten, geringe Qualität der Stakeholder	sehr geringe und nicht ausgewogene Rückkopplungen der Stakeholder, sehr geringes Vertrauen, sehr geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, sehr geringes kooperatives Verhalten, sehr viele Konflikte zu erwarten, sehr geringe Qualität der Stakeholder	0,0	
<b>UMWELT</b>	sehr geringes öffentliches Interesse und sehr geringe Einflussnahme der Politik, sehr geringe Wechselwirkungen wahrscheinlich	geringes öffentliches Interesse und geringe Einflussnahme der Politik, geringe Wechselwirkungen wahrscheinlich	Öffentlichkeit nimmt Anteil am Projekt, politische Einflussnahme wahrscheinlich, Wechselwirkungen wahrscheinlich	hohes öffentliches Interesse und hohe Einflussnahme der Politik, hohe Wechselwirkungen wahrscheinlich	sehr hohes öffentliches Interesse und sehr hohe Einflussnahme der Politik, sehr hohe Wechselwirkungen wahrscheinlich	0,0	

Tab. 30: Komplexitätsgrad „UMFELD“

### 5.3.11 Folgerungen und Zwischenfazit

Das Modell zur Analyse und Bewertung der Komplexität von Bauvorhaben beruht hinsichtlich der ermittelten Indikatoren auf durchgeführten Expertenbefragungen (vgl. Kap. 4.2) und der Untersuchung von fünf vorhandenen Bewertungsverfahren (vgl. Kap. 4.3).

Die Übertragung erfolgt unter dem Bewusstsein, dass die getroffene Auswahl den Stand der Forschung darstellt, ohne jedoch einen Anspruch auf Vollständigkeit oder Unveränderlichkeit zu erheben.

Je Indikator lässt sich die spezifische Komplexität ermitteln, mit der sich Möglichkeiten zur Anpassung und Erweiterung der Komplexitätstreibenden Elemente ergeben.

Die Wahrnehmung von Komplexität ist geprägt durch den Reifegrad und die individuellen Schwerpunkte des Betrachters (vgl. Kap. 3.2). Das Bewertungsmodell über die zehn ermittelten Indikatoren lässt eine möglichst große allgemeine Anwendung zu. Das Bewertungsschema ist so aufgebaut, dass bei Bedarf weitere Indikatoren hinzugefügt werden können und es somit dem Anwender eine hohe Flexibilität zur Bewertung ermöglicht.

Die Gesamtbetrachtung der spezifischen Komplexität aller Indikatoren führt zum nachfolgenden Ansatz zur Ermittlung eines projektbezogenen Komplexitätsgrads für große Bauvorhaben im anschließenden Kapitel.

## 5.4 Bewertungsschema zur Bemessung von Komplexität in großen Bauvorhaben

### 5.4.1 Ermittlung der Komplexitätsgrade

Aus der indikatorenbezogenen Komplexitätsbetrachtung der fünf Merkmale von Komplexität wurde in Kap. 5.3 mittels des gewählten Bewertungsansatzes ein spezifischer Komplexitätsgrad  $K_I$  ermittelt. Dieser Wert ergibt sich aus:

$$\text{Spez. Komplexitätsgrad Indikator } K_I = \frac{\text{Summe der Merkmalsbewertung}}{\text{Anzahl der Merkmale } n_M} \quad (\text{Gl. 11})$$

$$K_I = \frac{\sum M}{n_M} \quad (\text{Gl. 12})$$

Die Summierung der merkmalsbezogenen Bewertungen aus den Indikatorenbetrachtungen lässt sich durch Mittelwertbildung zu einem spezifischen Komplexitätsgrad  $K_M$  ermitteln. Dieser ergibt sich aus:

$$\text{Spez. Komplexitätsgrad Merkmale } K_M = \frac{\text{Summe der Indikatorbewertung}}{\text{Anzahl der Indikatoren } n_I} \quad (\text{Gl. 13})$$

$$K_M = \frac{\sum I}{n_I} \quad (\text{Gl. 14})$$

Der spezifische Komplexitätsgrad  $K_I$  gibt eine Komplexitätsbetrachtung des individuellen Indikators wieder, wogegen der merkmalsorientierte spezifische Komplexitätsgrad  $K_M$  eine Betrachtung über die jeweiligen Komplexitätsmerkmale des Gesamtprojektes darstellt.

Die Gesamtbetrachtung des Komplexitätsgrads eines Bauvorhabens ergibt sich durch Mittelwertbildung aus den spezifischen Werten der Indikatorenbetrachtung  $K_I$  der projektspezifische Komplexitätsgrad für große Bauvorhaben  $K_B$ .

Der projektspezifische Komplexitätsgrad für große Bauvorhaben  $K_B$  stellt den Grad der Komplexität eines Bauvorhabens dar und ermittelt sich aus dem Mittelwert der Summe aller spezifischen Komplexitätsgrade  $K_I$  der betrachteten Indikatoren aus:

$$\text{Grad der Komplexität } K_B = \frac{\text{Summe der spezifischen Komplexitätsgrade (Indikator)} K_I}{\text{Anzahl der Indikatoren } n_I} \quad (\text{Gl. 15})$$

$$K_B = \frac{\sum K_I}{n_I} \quad (\text{Gl. 16})$$

Die Anwendung des Bewertungsschemas wird durch nachfolgende Beispiele verdeutlicht:



### 5.4.2 Beispiele zur Ermittlung der Komplexitätsgrade

#### Beispiel 1: Ermittlung des spezifischen Komplexitätsgrads (Indikator) $K_I$

Die Ermittlung des spezifischen Komplexitätsgrads (Indikator)  $K_I$  für den Indikator ZIELE hat folgende Werte ergeben (vgl. Kap. 5.3):

1 Strukturen	= 2,0
2 Veränderungen	= 3,5
3 Wahrnehmung	= 4,5
4 Verhalten	= 5,0
5 Umwelt	= 5,0

Der Komplexitätsgrad (Indikator)  $K_I$  für den Indikator ZIELE ergibt sich aus:

$$K_I = \frac{\sum M}{n_M} = \frac{2,0 + 3,5 + 4,5 + 5,0 + 5,0}{5} = 4,0$$

Für den Indikator ZIELE wird ein Komplexitätsgrad der Stufe 4 ermittelt, was nach der Einstufung aus Abb. 65 eine hohe Komplexität bedeutet.

#### Beispiel 2: Ermittlung des spezifischen Komplexitätsgrads (Merkmal) $K_M$ :

Die Ermittlung des spezifischen Komplexitätsgrads (Merkmal)  $K_M$  für das Merkmal STRUKTUREN hat folgende Werte ergeben (vgl. Kap. 5.3):

1 Ziele	= 3,0
2 Objekt	= 2,5
3 Neuartigkeit	= 3,5
4 Projekt	= 3,0
5 Methodik	= 3,0
6 Organisation	= 4,5
7 Ressourcen	= 4,0
8 Kultur	= 3,5
9 Chancen/Risiken	= 3,0
10 Umfeld	= 4,5

Der spezifische Komplexitätsgrad (Merkmal)  $K_M$  für das Merkmal STRUKTUREN ergibt sich aus:

$$K_M = \frac{\sum I}{n_I} = \frac{3,0+2,5+3,5+3,0+3,0+4,5+4,0+4,0+3,5+3,0+4,5}{10} = 3,5$$

Für das Merkmal STRUKTUREN wird für das Bauvorhaben ein Komplexitätsgrad der Stufe 3,5 ermittelt, was nach der Einstufung aus Abb. 65 eine mittlere bis hohe Komplexität bedeutet.

Beispiel 3: Ermittlung des projektspezifischen Komplexitätsgrads für große Bauvorhaben  $K_B$ :

Die Ermittlung des projektspezifischen Komplexitätsgrads für große Bauvorhaben  $K_B$  hat für die spezifischen Komplexitätsgrade (Indikator)  $K_I$  folgende Werte ergeben (vgl. Kap. 5.3):

1 Ziele	= 4,5
2 Objekt	= 4,5
3 Neuartigkeit	= 5,0
4 Projekt	= 4,0
5 Methodik	= 3,5
6 Organisation	= 4,0
7 Ressourcen	= 4,5
8 Kultur	= 5,0
9 Chancen/Risiken	= 4,5
10 Umfeld	= 4,5

Der projektspezifische Komplexitätsgrads für große Bauvorhaben  $K_B$  ergibt sich aus:

$$K_B = \frac{\sum K_I}{n_I} = \frac{4,5+4,5+5,0+4,0+3,5+4,0+3,5+4,0+4,5+5,0+4,5+4,5}{10} = 4,4$$

Für das Bauvorhaben wird ein Komplexitätsgrad der Stufe 4,4 ermittelt, was nach der Einstufung aus Abb. 65 eine hohe Komplexität mit der Tendenz zu chaotischen Zuständen, also sehr hoher Komplexität bedeutet.

Die Beispiele stellen die Vorgehensweise zur Ermittlung der jeweiligen Komplexitätsgrade dar und geben Hinweise, in welchen Bereichen die Komplexität besonders ausgeprägt ist. So liegt der Indikator ZIELE mit  $K_I = 4,0$  bereits im Bereich hoher Komplexität, wogegen das Merkmal STRUKTUREN mit  $K_M = 3,5$  noch im mittleren Komplexitätsbereich verortet ist. Insgesamt weist das Bauvorhaben jedoch mit einem Komplexitätsgrad für große Bauvorhaben  $K_B = 4,4$  einen sehr hohen Gesamtgrad der Komplexität auf, der eine hohe Wahrscheinlichkeit für das Scheitern oder zumindest erhebliche Zieldivergenzen erwarten lässt.

Ließe sich durch eine frühzeitige, komplexitätsorientierte Anpassung der Indikatorenaspekte (vgl. Kap. 5.3) eine Veränderung des Komplexitätsgrades bewirken, könnte eine Verringerung der Komplexität erreicht und somit die Steuerungsfähigkeit des Bauvorhabens verbessert werden.

Die Verifizierung des Modells und Möglichkeiten zur Optimierung der komplexitätsbezogenen Aspekte sind Gegenstand der Fallstudie in Kap. 6.

## 5.4.3 Darstellung des Bewertungsschemas

Der spezifische Komplexitätsgrad (Indikator)  $K_I$ , spezifischer Komplexitätsgrad (Merkmal)  $K_M$  und der projektspezifische Komplexitätsgrad für große Bauvorhaben  $K_B$  kann durch nachfolgende Tabelle ermittelt werden:

GRAD DER KOMPLEXITÄT ( $K_B$ )							0,0
INDIKATOR	MERKMAL					Spezifischer Komplexitätsgrad (Indikator) ( $K_I$ )	
	1	2	3	4	5		
	STRUKTUREN	VERÄNDERUNGEN	WAHRNEHMUNG	VERHALTEN	UMWELT		
1	ZIELE	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	OBJEKT	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	NEUARTIGKEIT	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	PROJEKT	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	METHODIK	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	ORGANISATION	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	RESSOURCEN	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	KULTUR	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	CHANCEN/RISIKEN	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	UMFELD	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Spezifischer Komplexitätsgrad (Merkmal) ( $K_M$ )		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	

Tab. 31: Grad der Komplexität von Bauvorhaben



## 6 Fallstudie und Optimierungspotenzial

### 6.1 Beschreibung des Projekts

Bei dem untersuchten Bauvorhaben handelt es sich um den Neubau einer Grundschule (Elementary School) für die US-Streitkräfte<sup>792</sup> in Europa. Die Durchführung der Baumaßnahme liegt vollständig im Zuständigkeitsbereich des Bundes und wird durch die staatliche Bauverwaltung (LBB Rheinland-Pfalz) realisiert. Zum Aufgabenumfang gehören alle delegierbaren und nicht delegierbaren Bauherrenaufgaben wie z. B. Projektmanagement als Projektleitung und Projektsteuerung, Projektentwicklung mit Bedarfsplanung, Planung und Realisierung bis zum Nutzungsbeginn sowie alle baurechtlichen Genehmigungsverfahren im Rahmen des Bauplanungs-, Bauordnungs- und Baunebenrechts. Nachfolgend die wesentlichen Projekt- und Objektdaten:

#### Baufaufgabe:

- Neubau einer US-Grundschule für 655 Schüler und ca. 50 Bedienstete auf Basis der 21st Century Education Facilities Specification<sup>793</sup>.

#### Grundstück/Lage

- Grundstück in Wohngebiet, Höhenlage, Waldfläche, kein Grundwasser, geringe Bodenbelastungen (Z2 ca. 3000 m<sup>3</sup>), Erdbebenzone 0, teilweise stark geneigtes Baufeld, Höhenunterschied ca. 9 m, Stützmauern in Teilbereichen erforderlich, Rodung des Grundstücks erforderlich
- Grundstücksgröße ca. 5,2 ha

#### Erschließung

- Zufahrtsstraße ca. 340 m, Asphalt, Breite ca. 7 m, Zufahrt für PKW, LKW, Schulbusse und Feuerwehr
- barrierefreie Fußwege
- Regenwassermanagement mit Versickerungsflächen
- Abwasseranschluss an bestehenden Entwässerungskanal an der Grundstücksgrenze
- Trinkwasseranschluss an bestehende Wasserversorgungsleitung an der Grundstücksgrenze, Ausführung als Ringleitung mit Überflurhydranten
- Fernwärmeanschluss an bestehende Fernwärmeversorgung an der Grundstücksgrenze
- Stromversorgung durch Anschluss an bestehende Hochspannungsleitung mit eigener Trafostation
- Telekommunikationsversorgung durch Anschluss an bestehenden Telekommunikationsanlagen an der Grundstücksgrenze

---

<sup>792</sup> USAFE = United States Air Force Europe

<sup>793</sup> <http://www.dodea.edu/edSpecs/>

#### Grundflächen und Rauminhalte nach DIN 277

- Brutto-Grundfläche (BGF) ca. 15.950 m<sup>2</sup>
- Netto-Grundfläche (NGF) ca. 14.440 m<sup>2</sup>
- Brutto-Rauminhalt (BRI) ca. 89.916 m<sup>3</sup>

#### Raumprogramm

- Verwaltung, Grundschule, Kindergarten, Multifunktionsraum, Kunsttrakt, Musiktrakt, Sporthalle, Küche, Technik mit folgenden Untergliederungen:
  - Verwaltung mit ca. 12 Raumarten
  - Unterrichtsräume mit ca. 32 Raumarten
  - Multifunktionsbereich
  - Musiksaal mit ca. 5 Raumarten
  - Kunstsaal mit ca. 5 Raumarten
  - Informationszentrum mit ca. 5 Raumarten
  - Medienzentrum mit ca. 5 Raumarten
  - Sporthalle mit ca. 7 Raumarten
  - Küche und Essen mit ca. 6 Raumarten
  - Technik, DV, Nebenräume

#### Konstruktion

- mehrere 1-2-geschossige Gebäudeteile, Massivbau, Stahlbetonwände und -decken in Ort beton, Dachkonstruktion aus Stahlträger und Pfetten mit Stehfalzeindeckung, flexible leichte Innen-Trennwände
- teilweise weitgespannte Dachbinder auf Stahlbetonstützen
- teilweise extensive Begrünung der Dächer

#### Fassade

- große Glasfassade im Nord-Westen als Pfostenriegelfassade, vorgehängte hinterlüftete Fassade mit Dämmschicht, teilweise Natursteinverkleidung, teilweise Tonziegelfassade

#### Technische Gebäudeausrüstung

- Abwasseranlagen als Trennsystem
- Wasseranlagen mit besonderen Vorkehrungen für eine Wasserersparnis nach LEED<sup>794</sup> sowie Messeinrichtungen
- Wärmeversorgung konventionell mit Messeinrichtungen
- Lüftungsanlagen mit CO<sub>2</sub>-Steuerung
- Kälteanlagen für Räume mit elektrischen Geräten und Computerräume
- Starkstromanlagen, konventionell, statische USV-Anlage, Photovoltaikanlage mit 20 kWp und visuellem Lehrmodul
- Telekommunikationsanlagen, konventionell, Gebäudekommunikationssystem, Pager, Uhrenanlage, Zutrittskontrollsystem, Zeiterfassungssystem, Sprachalarmierungsanlage, Beschallungs-

---

<sup>794</sup> LEED = Leadership in Energy and Environmental Design, <https://www.usgbc.org/leed>

anlage, Konferenz- und Dolmetscheranlagen, Notfall-Alarmsystem, Videoanlage, Kabelfernsehen, Brandmeldeanlage

- Aufzugsanlagen
- Sprinkleranlagen
- Gebäudeautomation

#### Freianlagen

- ca. 170 PKW-Stellplätze im Außenbereich
- Freifläche als „grünes Klassenzimmer“ im Amphitheater-Charakter
- Springbrunnenanlage
- 4 Spielplätze für verschiedene Altersgruppen
- Ballspielfeld für 4-5 Sportarten mit Kunststoffbelag
- Freispielfläche als große Rasenfläche
- Bachlauf mit Sickerfläche
- Schulgarten
- Außenbeleuchtung aller Parkplätze, Straßen und Gehwege
- Bepflanzung mit Rasen, Bäumen und Sträuchern

#### Projektziele

- Gesamtprojektkosten (ohne Grundstück): ca. 50 Mio. € (KG 200-700, Brutto)
- Gesamtprojektdauer 2012 bis 2018, Nutzungsbeginn Schuljahr 2018
- Umsetzung eines neuen Schulkonzeptes unter Berücksichtigung der 21st Century Education Facilities Specification

#### Besonderheiten der Objektplanung

- Anwendung der neuen 21st Century Education Facilities Specification der US-Streitkräfte im Rahmen der TI-800 Design Criteria<sup>795</sup> = Planungsstandard für Gebäude der US-Armee
- Anwendung der Architectural Barriers Act Accessibility Standard for Department of Defense (Standards für Gebäude des US-Verteidigungsministeriums)
- Anwendung der NFPA<sup>796</sup>-Standards (National Fire Protection Association = US-Brandschutzrichtlinien)
- Anwendung der Americans with Disabilities Act Guidelines (ADAG)<sup>797</sup> = Behindertengerechte Gebäudeplanung nach US-Standard
- Nachhaltigkeitszertifizierung nach LEED mit Mindeststandard Silber nach den USGBC<sup>798</sup> „Green Building Standards“, Scorecard for Schools V3
- ATFP<sup>799</sup>-Requirements (Anti Terror Force Protection) = Anti-Terror-Schutzmaßnahmen nach den Standards der US-Regierung

---

<sup>795</sup> <http://standards.globalspec.com/std/146954/army-ti-800-01>

<sup>796</sup> <http://www.nfpa.org/>

<sup>797</sup> <https://www.access-board.gov/guidelines-and-standards/buildings-and-sites/about-the-ada-standards/background/adaag>

<sup>798</sup> USGBC = United States Green Building Council, <https://www.usgbc.org/>

<sup>799</sup> <https://www.usna.edu/ATFP/index.php>

- Commissioning-Requirements (Inbetriebnahmemanagement nach den Standards der ASHRAE<sup>800</sup>, Enhanced Commissioning with Measurement and Verification
- u. a.

#### Besonderheiten im Projektmanagement

- Projekt ist vollständig dem Bereich des öffentlichen Bauens zuzuordnen. Projektbeteiligte sind deutsche und US-amerikanische Dienststellen in einer Vielzahl von Entscheidungs- und Abstimmungsebenen
- Projekt wird vollständig durch die US-Regierung finanziert. Finanzflüsse erfolgen mehrstufig über die staatliche Bauverwaltung
- Die Projektbeteiligten sind multinationale mit westlicher Kulturprägung
- Planungsabläufe und Projektierungsverfahren weichen von den Regelabläufen deutscher Projekte erheblich ab
- Bauprodukte und -verfahren sind in den beteiligten Nationen unterschiedlich
- Es muss eine Abstimmung aller US-Baurichtlinien in Koordination mit den Deutschen Bauvorschriften erfolgen
- Das Grundstück befindet sich teilweise in militärischem Sperrgebiet mit besonderem Zugangs- und Anforderungsprofil an die Beteiligten
- u. a.

#### Weitere Rahmenbedingungen

- Das Projekt liegt in einer geschlossenen US-Militärliegenschaft, angrenzend an zivile städtische Wohngebiete
- Es wurden 23 Einzelverträge mit Planungsbeteiligten abgeschlossen
- An gewerblichen Verträgen liegen 3 Verträge vor (1 GU-Vertrag Objekt, 1 EP-Vertrag Infrastruktur/Außenanlagen und 1 Einzelvertrag Fernwärme / Trinkwasserversorgung)
- Es wird ein Zustimmungsverfahren nach §83 der LBauO RLP durchgeführt, an das 2 baunebenrechtliche Verfahren angeknüpft sind
- Beteiligte Stakeholder im Genehmigungsverfahren sind 7 Organisationen

Die weitergehenden, anwendungsbezogenen Informationen über das Bauvorhaben werden in der nachfolgenden Ermittlung der Komplexitätsgrade detaillierter ausgeführt und anhand der zehn Indikatoren individuell erläutert.

---

<sup>800</sup> ASHRAE = American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., [www.ashrae.org](http://www.ashrae.org)



## 6.2 Ermittlung der Komplexitätsgrade

Das Bauvorhaben wird zunächst der indikatorenbezogenen Komplexitätsbetrachtung unterzogen und der spezifische Komplexitätsgrad  $K_I$  für jeden Indikator ermittelt. Im Anschluss daran ermittelt sich durch Mittelwertbildung der spezifische Komplexitätsgrad  $K_M$  und der projektspezifische Komplexitätsgrad für große Bauvorhaben  $K_B$ .

### 6.2.1 Fallstudie $K_{I\text{ZIELE}}$

#### STRUKTUREN

Für das Fallbeispiel wurden die Oberziele: Projektkosten = max. 50 Mio. €, Fertigstellung zum Schuljahr 2018 und Einhaltung der 21st Century Education Facilities Specification für eine Grundschule mit 655 Schülern und ca. 50 Bediensteten genannt. Aus den beiden Oberzielen ergeben sich weitere Unterziele wie Einhaltung des Footprint (max. BGF = 16.000 m<sup>2</sup>) sowie Umsetzung von Funktionsbereichen und technischen Vorgaben. Die Ziele sind definiert und priorisiert auf Kosten, Flächen und Umsetzung des neuen Schulkonzepts (2). Das Fertigstellungsziel wird untergeordnet. Es gibt wenige Ziele ≤ 3 Oberziele mit ≤ 3 Unterziele je Oberziel, jedoch eine Priorisierung innerhalb der Ziele (3).

Nach der Bewertungsskala erfolgt eine Einstufung auf 2,5.

#### VERÄNDERUNGEN

Veränderungen im Oberziel „Projektkosten“ sind nicht zu erwarten, da eine Überschreitung der Kosten Finanzierungsentscheidungen des US-Kongresses erforderlich machen und ein Zeitverzug von mind. 2 Jahren eintreten würde (1). Jedoch können durch die Begrenzung der Kosten mehrere verschiedenartige Änderungen durch Optimierungsansätze in der Planung verursacht werden (2). Oberziel „21st Century Code“ bleibt weitestgehend stabil, wobei im Planungszeitraum wenige Anpassungen der Richtlinien möglich sind (2).

Nach der Bewertungsskala erfolgt eine Einstufung auf 1,7.

#### WAHRNEHMUNG

Die Oberziele sind überwiegend für alle Beteiligten neu (4), da der „21st Century Code“ erstmalig in dieser Form umgesetzt werden soll. Die Ziele sind vereinzelt aufbauend (3), jedoch miteinander verknüpft (4). Es besteht hoher Informationsbedarf (4).

Nach der Bewertungsskala erfolgt eine Einstufung auf 3,8.

#### VERHALTEN

Durch divergierende Interessen und konkurrierende Ziele bestehen viele einseitige Risiken der Zielerreichung (4). Durch Sprachbarrieren und unterschiedliche Verfahrenserfahrungen sind wenig ausgewogene Rückkopplungen zu erwarten (4). Durch starke Regulierungen der verschiedenen staatlichen Einrichtungen sind sehr geringe Freiheitsgrade möglich (4), geprägt von sehr geringem Vertrauen (5) und sehr geringer Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung (5), hohes Konfliktpotenzial ist zu erwarten (5).

Nach der Bewertungsskala erfolgt eine Einstufung auf 4,5.

UMWELT

Durch die abgeschirmte militärische Lage, die zivile Nutzung ohne spürbare Auswirkungen auf die angrenzenden zivilen Stadtteile und die geringen Eingriffe in die Natur nimmt die Umwelt nur wenig Einfluss auf die Ziele (2). Es sind nur geringe Wechselwirkungen wahrscheinlich (2).

Nach der Bewertungsskala erfolgt eine Einstufung auf 2,0.

Die Ermittlung des spezifischen Komplexitätsgrads  $K_I$  ergibt einen Wert von 2,9 für den Indikator ZIELE gemäß nachfolgender Tabelle:

ZIELE			Spezifischer Komplexitätsgrad (Indikator) ( $K_I$ )		2,9	
KOMPLEXITÄT	1	2	3	4	5	SUMME
MERKMALE	sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch	
STRUKTUREN	sehr wenige Ziele, eindeutig messbar ( $\leq 3$ Oberziele, $\leq 1$ Unterziele je Oberziel)	wenige Ziele, definiert, ohne Priorität ( $\leq 3$ Oberziele, $\leq 3$ Unterziele je Oberziel)	mehrere Ziele, verschiedenartig, mit Priorisierung ( $\leq 5$ Oberziele, $\leq 3$ Unterziele je Oberziel)	viele Ziele, sehr unterschiedlich, hohe Priorisierung ( $\leq 5$ Oberziele, $\leq 5$ Unterziele je Oberziel)	unzählige Ziele, unklar definiert, unklare Priorisierung, schwer erfassbar ( $\geq 5$ Oberziele, $\geq 5$ Unterziele je Oberziel)	2,5
VERÄNDERUNGEN	keine Veränderungen sind zu erwarten, Ober- und Teilziele verändern sich nicht	wenige Veränderungen sind wahrscheinlich, Oberziele bleiben konstant und Teilziele können sich in geringem Umfang verändern	Veränderungen sind wahrscheinlich und verschiedenartig, Oberziele und Teilziele können sich verändern	viele Veränderungen und sehr unterschiedlich, Oberziele oder Teilziele verändern sich in hohem Umfang	unzählige Veränderungen und sehr schwer erfassbar, Oberziele und Teilziele verändern sich chaotisch	1,7
WAHRNEHMUNG	bekannte Ziele, aufeinander aufbauend und geringer Informationsbedarf	teilweise bekannte Ziele, teilweise aufbauend und wenig Informationsbedarf	wenig bekannte Ziele, vereinzelt aufbauend und geregelter Informationsfluss	überwiegend neue Ziele, verknüpft mit hohem Informationsbedarf	vollständig neue Ziele mit starker Verknüpfung und sehr hohem Informationsbedarf	3,8
VERHALTEN	sehr geringe oder ausgewogene Risiken, sehr hohe und ausgewogene Rückkopplungen, sehr viele Freiheitsgrade, sehr großes Vertrauen, sehr hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung von Teilen der Zielerreichung, kaum Konflikte zu erwarten	geringe oder ausgewogene Risiken, hohe und ausgewogene Rückkopplungen, viele Freiheitsgrade, großes Vertrauen, hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung von Teilen der Zielerreichung, geringes Konfliktpotenzial	ausgewogene Risiken und ausgewogene Rückkopplungen, teilweise Freiheitsgrade, mittleres Vertrauen, geregelte Eigensteuerung von Teilen der Zielerreichung wahrscheinlich, Konflikte sind wahrscheinlich	viele einseitige Risiken, wenig ausgewogene Rückkopplungen oder hohe einseitige Rückkopplungen, geringe Freiheitsgrade, geringes Vertrauen, geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung von Teilen der Zielerreichung, hohes Konfliktpotenzial	sehr viele einseitige Risiken, sehr wenig ausgewogene oder sehr hohe einseitige Rückkopplungen, sehr geringe Freiheitsgrade, sehr geringes Vertrauen, sehr geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung von Teilen der Zielerreichung, sehr hohes Konfliktpotenzial	4,5
UMWELT	sehr geringer Einfluss der Projektumwelt auf die Ziele, ohne Wechselwirkungen	wenig Einfluss der Projektumwelt auf die Ziele, geringe Wechselwirkungen	Projektumwelt nimmt Einfluss auf die Ziele, Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Projektumwelt nimmt einen hohen Einfluss auf die Ziele, hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Projektumwelt nimmt einen sehr hohen Einfluss auf die Ziele, sehr hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	2,0

Tab. 32: Spezifischer Komplexitätsgrad  $K_{I,ZIELE}$  aus Fallstudie

Das Bauvorhaben ist hinsichtlich der Ziele dynamisch komplex mit einer mittleren Komplexität. Dieser Indikator ist beherrschbar, jedoch werden zur Steuerung Beteiligte mit Erfahrung erforderlich.

### 6.2.2 Fallstudie $K_I$ OBJEKT

#### STRUKTUREN

Das Objekt ist ein Einzelbauwerk mit  $\leq 8$  Gebäudeteilen (4), vielen unterschiedlichen Nutzungsbereichen (4) und teilweisen Standardstrukturen (3). Die Grundstückssituation ist kompliziert durch die Schräglage und die Bewaldung sowie die Einpassung in die Bebauungssituation (2). Es handelt sich um einen Neubau mit mehreren zu erwartenden Wechselwirkungen (3).

Nach der Bewertungsskala erfolgt eine Einstufung auf 3,2.

#### VERÄNDERUNGEN

Veränderungen der Objekt-Teilaspekte ergeben sich lediglich aus einer möglichen Anpassung des „21st Century Code“, die sich jedoch wahrscheinlich wenig auswirken (2).

Nach der Bewertungsskala erfolgt eine Einstufung auf 2,0.

#### WAHRNEHMUNG

Die Objektinhalte sind überwiegend für alle Beteiligten neu (4), da der „21st Century Code“ erstmalig in dieser Form umgesetzt werden soll. Es liegt ein komplexer Nutzungsmix und Funktionalität vor (3), der Aufbau des Objektes ist komplex (3). Es besteht hoher Informationsbedarf (4).

Nach der Bewertungsskala erfolgt eine Einstufung auf 3,5.

#### VERHALTEN

Durch divergierende Interessen und konkurrierende planerische Unterschiede bestehen ausgewogene Risiken in der Objektrealisierung (3). Durch Sprachbarrieren und unterschiedliche technische und planerische Kenntnisse sind ausgewogene Rückkopplungen zu erwarten (3). Durch starke Regulierungen der staatlichen Einrichtungen sind nur geringe Freiheitsgrade möglich (4), geprägt von geringem Vertrauen (4) und sehr geringer Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung (5), hohes Konfliktpotenzial ist zu erwarten (4).

Nach der Bewertungsskala erfolgt eine Einstufung auf 3,8.

#### UMWELT

Durch die abgeschirmte militärische Lage, die zivile Nutzung ohne spürbare Auswirkungen auf die angrenzenden zivilen Stadtteile und die geringen Eingriffe in die Natur nimmt die Umwelt nur sehr geringen Einfluss auf das Objekt (1). Es sind keine Wechselwirkungen wahrscheinlich (1).

Nach der Bewertungsskala erfolgt eine Einstufung auf 1,0.

Die Ermittlung des spezifischen Komplexitätsgrads  $K_I$  ergibt einen Wert von 2,7 für den Indikator OBJEKT gemäß nachfolgender Tabelle:

OBJEKT	Spezifischer Komplexitätsgrad (Indikator) ( $K_I$ )					2,7
KOMPLEXITÄTSGRAD	1	2	3	4	5	SUMME
MERKMALE	sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch	
<b>STRUKTUREN</b>	sehr wenige Objekte, Nutzungs- und Funktionsbereiche, einfache Grundstückssituation, Neubau, sehr einfache Strukturen, sehr geringe Wechselwirkungen (1 Objekt, 1 Nutzungsbereich/ Funktion)	wenige Objekte, Nutzungs- und Funktionsbereiche, komplizierte Grundstückssituation, Neubau oder im Bestand, einfache Strukturen, geringe Wechselwirkungen ( $\leq 2$ Objekte, $\leq 2$ Nutzungsbereiche je Objekt, Standardstrukturen)	mehrere Objekte, Nutzungs- und Funktionsbereiche, komplexe Grundstückssituation, Neubau / im Bestand / innerstädtisch, mittelschwierige Strukturen, mehrere Wechselwirkungen ( $\leq 4$ Objekte, $\leq 4$ Nutzungsbereiche je Objekt, teilweise Standardstrukturen)	viele Objekte, viele unterschiedliche Nutzungs- und Funktionsbereiche, hoch komplexe Grundstückssituation, hoch komplexer Neubau / im Bestand / innerstädtisch / im Betrieb, schwierige Strukturen, hohe Wechselwirkungen ( $\leq 8$ Objekte, $\leq 8$ Nutzungsbereiche je Objekt, wenige Standardstrukturen)	sehr viele Objekte, sehr unterschiedliche Nutzungs- und Funktionsbereiche, sehr hoch komplexe Grundstückssituation, sehr hoch komplexer Neubau / im Bestand / innerstädtisch / im Betrieb, sehr schwierige Strukturen, sehr hohe Wechselwirkungen ( $\geq 9$ Objekte, $\geq 9$ Nutzungsbereiche je Objekt, keine Standardstrukturen)	3,2
<b>VERÄNDERUNGEN</b>	keine Veränderungen der Objekt-Teilaspekte sind zu erwarten	wenige Veränderungen der Objekt-Teilaspekte sind wahrscheinlich	Veränderungen der Objekt-Teilaspekte sind wahrscheinlich, verschiedenartig	viele Veränderungen der Objekt-Teilaspekte sind wahrscheinlich, sehr unterschiedlich	unzählige Veränderungen der Objekt-Teilaspekte sind wahrscheinlich, schwer erfassbar	2,0
<b>WAHRNEHMUNG</b>	bekannte Objekthinhalte, einfache Nutzung und Funktionalität, sehr einfacher Aufbau, sehr geringer Informationsbedarf	teilweise bekannte Objekthinhalte, komplizierte Nutzung und Funktionalität, komplizierter Aufbau, geringer Informationsbedarf	wenig bekannte Objekthinhalte, komplexer Nutzungsmix und Funktionalität, komplexer Aufbau, geregelter Informationsfluss	überwiegend neue Objekthinhalte, hoher komplexer Nutzungsmix und Funktionalität, hoher komplexer Aufbau mit hohem Informationsbedarf	vollständig neue Objekthinhalte, sehr komplexer Nutzungsmix und Funktionalität, sehr komplexer Aufbau mit sehr starken Verknüpfungen und sehr hohem Informationsbedarf	3,5
<b>VERHALTEN</b>	sehr geringe oder ausgewogene Risiken, sehr hohe und ausgewogene Rückkopplungen, sehr viele Freiheitsgrade, sehr großes Vertrauen, sehr hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung von Teilen der Objektvorgaben, kaum Konflikte zu erwarten	geringe oder ausgewogene Risiken, hohe und ausgewogene Rückkopplungen, viele Freiheitsgrade, großes Vertrauen, hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung von Teilen der Objektvorgaben, geringes Konfliktpotenzial	ausgewogene Risiken und ausgewogene Rückkopplungen, teilweise Freiheitsgrade, mittleres Vertrauen, geregelte Eigensteuerung von Teilen der Objektvorgaben wahrscheinlich, Konflikte sind wahrscheinlich	viele einseitige Risiken, wenig ausgewogene Rückkopplungen oder hohe einseitige Rückkopplungen, geringe Freiheitsgrade, geringes Vertrauen, geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung von Teilen der Objektvorgaben, hohes Konfliktpotenzial	sehr viele einseitige Risiken, sehr wenig ausgewogene oder sehr hohe einseitige Rückkopplungen, sehr geringe Freiheitsgrade, sehr geringes Vertrauen, sehr geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung von Teilen der Objektvorgaben, sehr hohes Konfliktpotenzial	3,8
<b>UMWELT</b>	sehr geringer Einfluss der Projektumwelt auf die Ziele, ohne Wechselwirkungen	wenig Einfluss der Projektumwelt auf die Ziele, geringe Wechselwirkungen	Projektumwelt nimmt Einfluss auf die Ziele, Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Projektumwelt nimmt einen hohen Einfluss auf die Ziele, hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Projektumwelt nimmt einen sehr hohen Einfluss auf die Ziele, sehr hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	1,0

Tab. 33: Spezifischer Komplexitätsgrad  $K_{I,OBJEKT}$  aus Fallstudie

Das Bauvorhaben ist hinsichtlich des Objektes als kompliziert mit starker Tendenz zur periodischen und zur mittleren Komplexität neigend einzuordnen. Dieser Indikator ist noch beherrschbar, jedoch werden zur Umsetzung teilweise erfahrene Beteiligte erforderlich.

### 6.2.3 Fallstudie $K_I$ NEUARTIGKEIT

#### STRUKTUREN

Der „21st Century Code“ bringt durch die Hinterlegung eines neuen Schulkonzeptes sehr viele Abhängigkeiten in den Bauplanungsprozess. Es besteht hoher Innovationsbedarf (4). Durch die funktionalen Vorgaben zur Anordnung der Lehrbereiche um einen Multifunktionsbereich ist nur eine geringe Standardisierung möglich (4). Die eingesetzten Technologien sind überwiegend bekannt (3), jedoch ist nur ein geringer Vorfertigungsgrad möglich (3). Durch nur teilweise bekannte Verfahren (3), jedoch marktübliche Produkte (2), sind hohe Wechselwirkungen zu erwarten (4).

Nach der Bewertungsskala erfolgt eine Einstufung auf 3,3.

#### VERÄNDERUNGEN

Veränderungen der Objekt-Teilaspekte ergeben sich lediglich aus einer möglichen Anpassung des „21st Century Code“, die sich jedoch wahrscheinlich wenig auswirken (2).

Nach der Bewertungsskala erfolgt eine Einstufung auf 2,0.

#### WAHRNEHMUNG

Die Projekthalte sind überwiegend für alle Beteiligten neu (4), da der „21st Century Code“ erstmalig in dieser Form umgesetzt werden soll. Es liegen komplexe Innovationsanforderungen vor (3), die Prozessabläufe sind linear (2) mit bekannten Produktionsabläufen (2), die Innovationen sind nur gering vernetzt (2). Ein geregelter Informationsbedarf ist erforderlich (3).

Nach der Bewertungsskala erfolgt eine Einstufung auf 2,7.

#### VERHALTEN

Durch divergierende Innovationen und konkurrierende planerische Vorstellungen bestehen ausgewogene Risiken in der Objektrealisierung (3). Durch Integration der technischen und planerischen Kenntnisse sind ausgewogene Rückkopplungen zu erwarten (3). Die starken Regulierungen der staatlichen Einrichtungen ermöglichen nur sehr geringe Freiheitsgrade (5), geprägt von geringem Vertrauen (4) und sehr geringer Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung (5), ein eigenes Budget für Innovationen ist nicht vorhanden (5), hohes Konfliktpotenzial ist zu erwarten (4).

Nach der Bewertungsskala erfolgt eine Einstufung auf 4,1.

#### UMWELT

Durch die abgeschirmte militärische Lage, die zivile Nutzung ohne spürbare Auswirkungen auf die angrenzenden zivilen Stadtteile und die geringen Eingriffe in die Natur nimmt die Umwelt nur sehr geringen Einfluss auf die Neuartigkeit und Innovationen (1). Es sind keine Wechselwirkungen wahrscheinlich (1).

Nach der Bewertungsskala erfolgt eine Einstufung auf 1,0.

Die Ermittlung des spezifischen Komplexitätsgrads  $K_I$  ergibt einen Wert von 2,6 für den Indikator OBJEKT gemäß nachfolgender Tabelle:

NEUARTIGKEIT				Spezifischer Komplexitätsgrad (Indikator) ( $K_I$ )		2,6
KOMPLEXITÄTSGRAD	1	2	3	4	5	SUMME
MERKMALE	sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch	
<b>STRUKTUREN</b>	keine Innovationen, sehr hohe Standardisierung, ausschließlich bekannte Technologien, sehr hoher Vorfertigungsgrad, ausschließlich marktübliche Produkte und Verfahren, sehr geringe Wechselwirkungen	geringe Innovationen (inkrementell), hohe Standardisierung, Standardisierung, bekannte Technologien, hoher Vorfertigungsgrad, marktübliche Produkte und Verfahren, geringe Wechselwirkungen	mittlere Innovationen (inkrementell), teilweise Standardisierung, Standardisierung, überwiegend bekannte Technologien, geringer Vorfertigungsgrad, teilweise marktübliche Produkte und Verfahren, mehrere Wechselwirkungen	hoher Innovationsbedarf (teilweise inkrementell und radikal), geringe Standardisierung, viele neue Technologien, sehr geringer Vorfertigungsgrad, wenig marktübliche Produkte und Verfahren, hohe Wechselwirkungen	sehr hoher bis unüberschaubarer Innovationsbedarf (radikal), sehr geringe bis keine Standardisierung, überwiegend neue Technologien, kein Vorfertigungsgrad, sehr wenige marktübliche Produkte und Verfahren, sehr hohe Wechselwirkungen	3,3
<b>VERÄNDERUNGEN</b>	keine Veränderungen aus den Teilaspekten der Neuartigkeit sind zu erwarten	wenige Veränderungen aus den Teilaspekten der Neuartigkeit sind wahrscheinlich	Veränderungen aus den Teilaspekten der Neuartigkeit sind wahrscheinlich, verschiedenartig	viele Veränderungen aus den Teilaspekten der Neuartigkeit sind wahrscheinlich, sehr unterschiedlich	unzählige Veränderungen aus den Teilaspekten der Neuartigkeit sind wahrscheinlich, schwer erfassbar	2,0
<b>WAHRNEHMUNG</b>	bekannte Objektinhalte, geringe Innovationsanforderungen, sehr linearer Prozessablauf, sehr bekannte Produktionsabläufe, sehr geringe Vernetzung der Innovationen, sehr geringer Informationsbedarf	teilweise bekannte Objektinhalte, komplexe Innovationsanforderungen vorhanden, linearer Prozessablauf, bekannte Produktionsabläufe, geringe Vernetzung der Innovationen, geringer Informationsbedarf	wenig bekannte Objektinhalte, komplexe Innovationsanforderungen, teilweise parallele Prozessabläufe, teilweise bekannte Produktionsabläufe, Vernetzung der Innovationen vorhanden, geregelter Informationsbedarf erforderlich	überwiegend neue Objektinhalte, hohe komplexe Innovationsanforderungen, parallele Prozessabläufe, viele unbekannte Produktionsabläufe, hohe Vernetzung der Innovationen vorhanden, hoher Informationsbedarf	vollständig neue Objektinhalte, sehr komplexe Innovationsanforderungen, sprunghaft wechselnde Prozessabläufe, sehr viele unbekannte Produktionsabläufe, sehr hohe Vernetzung der Innovationen vorhanden, sehr hoher Informationsbedarf	2,7
<b>VERHALTEN</b>	sehr geringe oder ausgewogene Risiken, sehr hohe und ausgewogene Rückkopplungen, sehr viele Freiheitsgrade, sehr großes Vertrauen, sehr hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung der Objektvorgaben, sehr hohes Budget für Innovation, kaum Konflikte zu erwarten	geringe oder ausgewogene Risiken, hohe und ausgewogene Rückkopplungen, viele Freiheitsgrade, großes Vertrauen, hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung der Objektvorgaben, hohes Budget für Innovation, geringes Konfliktpotenzial	ausgewogene Risiken und ausgewogene Rückkopplungen, teilweise Freiheitsgrade, mittleres Vertrauen, geregelte Eigensteuerung von Teilen der Objektvorgaben wahrscheinlich, Innovationsbudget vorhanden, Konflikte sind wahrscheinlich	viele einseitige Risiken, wenig ausgewogene Rückkopplungen oder hohe einseitige Rückkopplungen, geringe Freiheitsgrade, geringes Vertrauen, geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung von Teilen der Objektvorgaben, geringes Budget für Innovation, hohes Konfliktpotenzial	sehr viele einseitige Risiken, sehr wenig ausgewogene oder sehr hohe einseitige Rückkopplungen, sehr geringe Freiheitsgrade, sehr geringes Vertrauen, sehr geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung von Teilen der Objektvorgaben, kein Budget für Innovation, sehr hohes Konfliktpotenzial	4,1
<b>UMWELT</b>	sehr geringer Einfluss der Umwelt auf die Innovationsfähigkeit (Kreativität, Spielräume, Kapitalbedarf), ohne Wechselwirkungen	wenig Einfluss der Umwelt auf die Innovationsfähigkeit (Kreativität, Spielräume, Kapitalbedarf), geringe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt Einfluss auf die Innovationsfähigkeit (Kreativität, Spielräume, Kapitalbedarf), Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt einen hohen Einfluss auf die Innovationsfähigkeit (Kreativität, Spielräume, Kapitalbedarf), hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt einen sehr hohen Einfluss auf die Innovationsfähigkeit (Kreativität, Spielräume, Kapitalbedarf), sehr hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	1,0

Tab. 34: Spezifischer Komplexitätsgrad  $K_{I,NEUARTIGKEIT}$  aus Fallstudie

Das Bauvorhaben ist hinsichtlich seiner Neuartigkeit als kompliziert mit der Tendenz zur periodischen und geringen bis mittleren Komplexität einzuordnen. Dieser Indikator ist noch beherrschbar, jedoch werden zur Umsetzung teilweise erfahrene Beteiligte erforderlich.

#### 6.2.4 Fallstudie $K_I$ PROJEKT

##### STRUKTUREN

Für das Projekt wird nach §83 der LBauO<sup>801</sup> Rheinland-Pfalz ein „Kenntnisgabeverfahren“ erforderlich. Dies schließt alle baurechtlichen Verfahren ein. Der konkrete Fall ist als einzelnes bauplanungsrechtliches Verfahren (4) mit vielen baunebenrechtlichen Verfahren (5) einzustufen. Es erfolgt eine sehr hohe Anzahl an konventionellen Einzelvergaben mit standardisierten Leistungen im Bereich der Planung (5), die gewerblichen Vergaben bestehen aus einem pauschalierten Einheitspreisvertrag für das Objekt (1) und einem Einheitspreisvertrag (1) für die Außenanlagen und Erschließung auf Basis standardisierter Vertragsmodalitäten (1). Die Anzahl der Planungs- und Ausführungsphasen ist gering und liegt nicht höher als fünf (2). Die Anzahl an Prüfprozessen und Freigaben ist sehr hoch (5), es liegt eine mittlere Zahl an Vernetzungen vor (3), Konfliktpotenzial ist vorhanden (3).

Nach der Bewertungsskala erfolgt eine Einstufung auf 3,0.

##### VERÄNDERUNGEN

Veränderungen der Projekt-Teilaspekte ergeben sich lediglich aus einer möglichen Anpassung aus baurechtlichen Auflagen, die sich jedoch wahrscheinlich wenig auswirken (2).

Nach der Bewertungsskala erfolgt eine Einstufung auf 2,0.

##### WAHRNEHMUNG

Die Genehmigungsverfahren bestehen aus mehreren komplexen Inhalten (3), die Vertragsmodalitäten sind kompliziert aber standardisiert (2), die Planungs- und Ausführungsphasen haben bekannte (2) aber auch komplexe Inhalte (3), Prüfprozesse und Freigaben sind kompliziert aber bekannt (2), Vernetzungen sind kompliziert (2), jedoch besteht hoher Informationsbedarf (3).

Nach der Bewertungsskala erfolgt eine Einstufung auf 2,4.

##### VERHALTEN

Es besteht eine komplexe und vernetzte Aufgabenteilung (3) mit hohem Koordinationsbedarf (4), zwischen den Aufgaben bestehen mittlere Wechselwirkungen (3) und ein mittleres Konfliktpotenzial (3), die Risiken sind ausgewogen (3), jedoch bestehen hohe Rückkopplungen (4). Die Regulierungsvorgaben der staatlichen Einrichtungen ermöglichen nur geringe Freiheitsgrade (4), geprägt von geringem Vertrauen (4) und sehr geringer Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung (5), mittleres Konfliktpotenzial ist zu erwarten (3), die Projektdauer ist mit sieben Jahren veranschlagt (4).

Nach der Bewertungsskala erfolgt eine Einstufung auf 3,6.

##### UMWELT

Durch die abgeschirmte militärische Lage, die zivile Nutzung ohne spürbare Auswirkungen auf die angrenzenden zivilen Stadtteile und die geringen Eingriffe in die Natur nimmt die Umwelt nur sehr geringen Einfluss auf das Projekt, sowohl bei den rechtlichen Rahmenbedingungen (1), den Vertragsmodalitäten (1), Ablaufstrukturen (1) oder Vernetzungen (1). Es sind keine Wechselwirkungen wahrscheinlich (1).

Nach der Bewertungsskala erfolgt eine Einstufung auf 1,0.

---

<sup>801</sup> Vgl. Land Rheinland-Pfalz - Ministerium der Finanzen [Hrsg.] (1998): "Landesbauordnung Rheinland-Pfalz"

Die Ermittlung des spezifischen Komplexitätsgrads  $K_I$  ergibt einen Wert von 2,4 für den Indikator PROJEKT gemäß nachfolgender Tabelle:

PROJEKT				Spezifischer Komplexitätsgrad (Indikator) ( $K_I$ )		2,4
KOMPLEXITÄTSGRAD	1	2	3	4	5	SUMME
MERKMALE	sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch	
<b>STRUKTUREN</b>	Einzelnes Genehmigungsverfahren mit vorhandenem B-Plan, sehr geringe Anzahl an Pauschalvergäben (1), standardisierte Vertragsmodalitäten, sehr geringe Anzahl an Planungs- und Ausführungsphasen ( $\leq 3$ ), sehr geringe Anzahl an Prüfprozessen und Freigaben ( $\leq 3$ ), sehr geringe Anzahl an Vernetzungen mit sehr geringem Konfliktpotenzial	Einzelnes Genehmigungsverfahren mit vorhandenem B-Plan und einem ergänzenden baubeneberechtigten Verfahren, geringe Anzahl an Pauschalvergäben (2) oder konventionelle Einzelvergäben mit standardisierten Leistungen ( $\leq 10$ ), geringe Anzahl an Planungs- und Ausführungsphasen ( $\leq 5$ ), geringe Anzahl an Prüfprozessen und Freigaben ( $\leq 5$ ), geringe Anzahl an Vernetzungen mit geringem Konfliktpotenzial	Einzelnes Genehmigungsverfahren mit vorhandenem B-Plan und mehreren baubeneberechtigten Verfahren ( $\leq 3$ ) oder einzelne komplexe baubeneberechtigten Abstimmungen, mittlere Anzahl an Pauschalvergäben ( $\leq 5$ ) oder konventionelle Einzelvergäben mit standardisierten Leistungen ( $\leq 20$ ), mittlere Anzahl an Planungs- und Ausführungsphasen ( $\leq 10$ ), mittlere Anzahl an Prüfprozessen und Freigaben ( $\leq 10$ ), mittlere Anzahl an Vernetzungen mit Konfliktpotenzial	Einzelnes bauplanungsrechtliches Verfahren mit mehreren baubeneberechtigten Verfahren ( $\leq 2$ ) oder mehrere komplexe baubeneberechtigten Abstimmungen ( $\leq 2$ ), hohe Anzahl an Pauschalvergäben ( $\leq 8$ ) oder hohe Anzahl an konventionellen Einzelvergäben mit standardisierten Leistungen ( $\leq 30$ ) oder einzelnes innovatives Vergabemodell (Kooperationsmodelle), hohe Anzahl an Planungs- und Ausführungsphasen ( $\leq 15$ ), hohe Anzahl an Prüfprozessen und Freigaben ( $\leq 15$ ), hohe Anzahl an Vernetzungen mit hohem Konfliktpotenzial	Einzelnes bauplanungsrechtliches Verfahren mit vielen baubeneberechtigten Verfahren ( $\geq 2$ ) oder sehr viele komplexe baubeneberechtigten Abstimmungen ( $\geq 2$ ), sehr hohe Anzahl an Pauschalvergäben ( $\geq 8$ ) oder sehr hohe Anzahl an konventionellen Einzelvergäben mit standardisierten Leistungen ( $\geq 30$ ) oder einzelnes innovatives Vergabemodell (Kooperationsmodelle) mit nicht standardisierter Vertragsstruktur, hohe Anzahl an Planungs- und Ausführungsphasen ( $\geq 15$ ), sehr hohe Anzahl an Prüfprozessen und Freigaben ( $\geq 15$ ), sehr hohe Anzahl an Vernetzungen mit hohem Konfliktpotenzial	3,0
<b>VERÄNDERUNGEN</b>	keine Veränderungen aus den Teilaspekten der Projektaufgaben sind zu erwarten	wenige Veränderungen aus den Teilaspekten der Projektaufgaben sind wahrscheinlich	Veränderungen aus den Teilaspekten der Projektaufgaben sind wahrscheinlich, verschiedenartig	viele Veränderungen aus den Teilaspekten der Projektaufgaben sind wahrscheinlich, sehr unterschiedlich	unzählige Veränderungen aus den Teilaspekten der Projektaufgaben sind wahrscheinlich, schwer erfassbar	2,0
<b>WAHRNEHMUNG</b>	Einfaches Genehmigungsverfahren mit bekannten Inhalten, einfache und standardisierte Vertragsmodalitäten, einfache Planungs- und Ausführungsphasen mit bekannten Inhalten, einfache Prüfprozesse und Freigaben, sehr transparente Vernetzungen mit sehr geringem Informationsbedarf	Einfache Genehmigungsverfahren mit komplizierten Inhalten, komplizierte standardisierte Vertragsmodalitäten, komplizierte Planungs- und Ausführungsphasen mit bekannten Inhalten, komplizierte bekannte Prüfprozesse und Freigaben, komplizierte Vernetzungen mit geringem Informationsbedarf	Genehmigungsverfahren mit mehreren komplexen Inhalten, komplexe standardisierte Vertragsmodalitäten, komplexe Planungs- und Ausführungsphasen, komplexe Prüfprozesse und Freigaben, komplexe Vernetzungen mit mittlerem Informationsbedarf	Genehmigungsverfahren mit hochkomplexen Inhalten, hochkomplexe Vertragsmodalitäten, hochkomplexe Planungs- und Ausführungsphasen, hochkomplexe Prüfprozesse und Freigaben, hochkomplexe Vernetzungen mit hohem Informationsbedarf	Genehmigungsverfahren mit sehr komplexen Inhalten, sehr komplexe Vertragsmodalitäten, sehr komplexe Planungs- und Ausführungsphasen, sehr komplexe Prüfprozesse und Freigaben, sehr komplexe Vernetzungen mit sehr hohem Informationsbedarf	2,4
<b>VERHALTEN</b>	sehr geringe und klare Aufgabenteilung, sehr geringer Koordinationsbedarf, sehr geringe Wechselwirkungen zwischen den Aufgaben, sehr geringe Risiken, sehr hohe und ausgewogene Rückkopplungen mit hohem Freiheitsgraden und sehr hohem Vertrauen sowie einer hohen Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, kaum Konflikte zu erwarten, Projektdauer $\leq 2$ Jahre	komplizierte und bedingt klare Aufgabenteilung, geringer Koordinationsbedarf, geringe Wechselwirkungen zwischen den Aufgaben, geringes Konfliktpotenzial, geringe Risiken, hohe ausgewogene Rückkopplungen mit vielen Freiheitsgraden und hohem Vertrauen sowie einer hohen Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, geringes Konfliktpotenzial, Projektdauer $\leq 3$ Jahre	komplexe und vernetzte Aufgabenteilung, mittlerer Koordinationsbedarf, mittlere Anzahl von Wechselwirkungen zwischen den Aufgaben, ausgewogene Risiken, ausgewogene Rückkopplungen, ausgewogene Freiheitsgrade, mittleres Vertrauen, hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, Konflikte sind wahrscheinlich, Projektdauer $\leq 5$ Jahre	sehr komplexe und sehr vernetzte Aufgabenteilung, hoher Koordinationsbedarf, hohe Wechselwirkungen zwischen den Aufgaben, hohes Konfliktpotenzial, viele Risiken, wenig Rückkopplungen mit geringen Freiheitsgraden und geringem Vertrauen sowie der geringen Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, hohes Konfliktpotenzial, Projektdauer $\leq 8$ Jahre	hoch komplexe und hoch vernetzte Aufgabenteilung, sehr hoher Koordinationsbedarf, sehr hohe Wechselwirkungen zwischen den Aufgaben, sehr hohes Konfliktpotenzial, sehr viele Risiken, sehr wenig Rückkopplungen mit sehr geringen Freiheitsgraden und sehr geringem Vertrauen sowie einer sehr geringen Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, sehr hohes Konfliktpotenzial, Projektdauer $\geq 9$ Jahre	3,6
<b>UMWELT</b>	sehr geringer Einfluss der Umwelt auf die rechtlichen Rahmenbedingungen, sehr geringer Einfluss der Umwelt auf die Vertragsgestaltung, sehr geringer Einfluss der Umwelt auf die Ablaufstrukturen, sehr geringer Einfluss der Umwelt auf die Vernetzung der Aufgabenstellung, sehr geringe Wechselwirkungen	geringer Einfluss der Umwelt auf die rechtlichen Rahmenbedingungen, geringer Einfluss der Umwelt auf die Vertragsgestaltung, geringer Einfluss der Umwelt auf die Ablaufstrukturen, geringer Einfluss der Umwelt auf die Vernetzung der Aufgabenstellung, geringe Wechselwirkungen	Einflussnahme der Umwelt auf die rechtlichen Rahmenbedingungen, Einflussnahme der Umwelt auf die Vertragsgestaltung, Einflussnahme der Umwelt auf die Ablaufstrukturen, Einflussnahme der Umwelt auf die Vernetzung der Aufgabenstellung, Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	hohe Einflussnahme der Umwelt auf die rechtlichen Rahmenbedingungen, hohe Einflussnahme der Umwelt auf die Vertragsgestaltung, hohe Einflussnahme der Umwelt auf die Ablaufstrukturen, hohe Einflussnahme der Umwelt auf die Vernetzung der Aufgabenstellung, hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	sehr hohe Einflussnahme der Umwelt auf die rechtlichen Rahmenbedingungen, sehr hohe Einflussnahme der Umwelt auf die Vertragsgestaltung, sehr hohe Einflussnahme der Umwelt auf die Ablaufstrukturen, sehr hohe Einflussnahme der Umwelt auf die Vernetzung der Aufgabenstellung, sehr hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	1,0

Tab. 35: Spezifischer Komplexitätsgrad  $K_{I\text{PROJEKT}}$  aus Fallstudie

Das Bauvorhaben ist hinsichtlich der Projektkomplexität periodisch kompliziert und mit geringer Komplexität einzuordnen. Dieser Indikator ist noch beherrschbar und steuerbar. Aufgrund der hohen Einzelwerte im Bereich der Strukturen und des Verhaltens sollten jedoch erfahrene Beteiligte in diesen Aufgabenfeldern eingesetzt werden.



### 6.2.5 Fallstudie $K_I$ METHODIK

#### STRUKTUREN

Die Führungsstile der leitenden Beteiligten in den verschiedenen Organisationseinheiten sind sehr stark inhomogen und reichen vom militärischen „Befehl und Gehorsam“ bis zum „kooperativen Führen“ (5), die Entscheidungsprozesse auf der US-Seite sind vielfältig und für die weiteren Beteiligten unüberschaubar (5). Durch den ergänzenden Einsatz eines eigenen Projektsteuerungsteams sind viele Methoden und Werkzeuge (2) sowie viele Standards verfügbar (2), das Steuerungsteam umfasst mehrere Personen, so dass eine hohe PM-Unterstützung verfügbar ist (2).

Nach der Bewertungsskala erfolgt eine Einstufung auf 3,2.

#### VERÄNDERUNGEN

Durch regelmäßigen Personalwechsel (mind. alle 2 bis 3 Jahre) und aufgrund der langen Projektlaufzeit sind viele Veränderungen der Führungsmethodik zu erwarten (4). Veränderungen der Werkzeuge und Methoden müssen dem jeweiligen Führungsstil angepasst werden und sind daher wahrscheinlich und verschiedenartig (3).

Nach der Bewertungsskala erfolgt eine Einstufung auf 3,5.

#### WAHRNEHMUNG

Die verwendete Methodik ist den Beteiligten teilweise bekannt (2), es gibt eine vereinzelt aufbauende und vernetzte Aufgabenteilung (3), der Informationsfluss ist geregelt (3), jedoch besteht ein hoher Informationsbedarf (4).

Nach der Bewertungsskala erfolgt eine Einstufung auf 3,0.

#### VERHALTEN

Durch die stringente Führung bestehen sehr viele einseitige Risiken durch Transparenzverlust (z. B. wenig informelle Informationen, Verschweigen u. a.) (5), die durch die gewählte Methodik und Werkzeuge der Steuerung noch verschärft werden (5). Es treten wenige ausgewogene Rückkopplungen auf (4) und es kommt zu einer sehr geringen Wahrscheinlichkeit der Eigensteuerung (5). Die eingesetzten Teams sind hoch dynamisch (4) und bergen hohes Konfliktpotenzial (4).

Nach der Bewertungsskala erfolgt eine Einstufung auf 4,5.

#### UMWELT

Durch die abgeschirmte militärische Lage, die zivile Nutzung ohne spürbare Auswirkungen auf die angrenzenden zivilen Stadtteile und die geringen Eingriffe in die Natur nimmt die Umwelt nur sehr geringen Einfluss auf das Projekt, sowohl bei der Führung (1) als auch den Werkzeugen und Methoden (1). Der Führungsstil kann jedoch bei Außenkontakten einen Einfluss auslösen, der geringe Wechselwirkungen verursachen kann (2).

Nach der Bewertungsskala erfolgt eine Einstufung auf 1,3.

Die Ermittlung des spezifischen Komplexitätsgrads  $K_I$  ergibt einen Wert von 3,1 für den Indikator METHODIK gemäß nachfolgender Tabelle:

METHODIK				Spezifischer Komplexitätsgrad (Indikator) ( $K_I$ )		3,1
KOMPLEXITÄTSGRAD	1	2	3	4	5	SUMME
MERKMALE	sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch	
<b>STRUKTUREN</b>	sehr wenige homogene Führungsstile, sehr wenige Entscheidungsprozesse, sehr viele Methoden und Werkzeuge, sehr viele Standards, sehr hohe PM-Unterstützung	wenige homogene Führungsstile, wenige Entscheidungsprozesse, viele Methoden und Werkzeuge, viele Standards, hohe PM-Unterstützung	inhomogene Führungsstile, viele Entscheidungsprozesse, Methoden und Werkzeuge verfügbar, Standards verfügbar, PM-Unterstützung verfügbar	sehr inhomogene Führungsstile, sehr viele Entscheidungsprozesse, viele Methoden und Werkzeuge, geringe Anzahl von Standards, geringe PM-Unterstützung	sehr stark inhomogene Führungsstile, unüberschaubar viele Entscheidungsprozesse, sehr viele Methoden und Werkzeuge, kaum verfügbare Standards, sehr geringe PM-Unterstützung	3,2
<b>VERÄNDERUNGEN</b>	keine Veränderungen der Führungsmethodik und der Werkzeuge sind zu erwarten	wenig Veränderungen der Führungsmethodik und der Werkzeuge sind wahrscheinlich	Veränderungen der Führungsmethodik und der Werkzeuge sind wahrscheinlich und verschiedenartig	viele Veränderungen der Führungsmethodik und der Werkzeuge sind wahrscheinlich, sehr unterschiedlich	sehr viele Veränderungen der Führungsmethodik und der Werkzeuge sind wahrscheinlich, schwer erfassbar	3,5
<b>WAHRNEHMUNG</b>	bekannte Methodik, einfache und klare Aufgabenteilung mit sehr geringer Vernetzung, aufeinander aufbauend und mit geringem Informationsbedarf	teilweise bekannte Methodik, klare Aufgabenteilung mit geringer Vernetzung, teilweise aufbauend und wenig Informationsbedarf	wenig bekannte Methodik, vernetzte Aufgabenteilung, vereinzelt aufbauend und geregelter Informationsfluss	überwiegend neue Methodik, hoch vernetzte Aufgabenteilung, verknüpft mit hohem Informationsbedarf	vollständig neue Methodik mit sehr hoch vernetzter Aufgabenteilung und sehr hohem Informationsbedarf	3,0
<b>VERHALTEN</b>	sehr geringe oder ausgewogene Risiken durch die gewählte Methodik der Führung und der Werkzeuge sowie der Verfügbarkeit und Erfahrung, sehr hohe und ausgewogene Rückkopplungen, sehr viele Freiheitsgrade, sehr großes Vertrauen, sehr hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung der Methodik, statische Teams, kaum Konflikte zu erwarten	geringe oder ausgewogene Risiken durch die gewählte Methodik der Führung und der Werkzeuge sowie der Verfügbarkeit und Erfahrung, hohe und ausgewogene Rückkopplungen, viele Freiheitsgrade, großes Vertrauen, hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung der Methodik, periodisch dynamische Teams, geringes Konfliktpotenzial	ausgewogene Risiken durch die gewählte Methodik der Führung und der Werkzeuge sowie der Verfügbarkeit und Erfahrung, ausgewogene Rückkopplungen, teilweise Freiheitsgrade, mittleres Vertrauen, geregelte Eigensteuerung von Teilen der Methodik wahrscheinlich, dynamische Teams, Konflikte sind wahrscheinlich	viele einseitige Risiken durch die gewählte Methodik der Führung und der Werkzeuge sowie der Verfügbarkeit und Erfahrung, wenig ausgewogene oder hohe einseitige Rückkopplungen, geringe Freiheitsgrade, geringes Vertrauen, geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung der Methodik, hoch dynamische Teams, hohes Konfliktpotenzial	sehr viele einseitige Risiken durch die gewählte Methodik der Führung und der Werkzeuge sowie der Verfügbarkeit und Erfahrung, sehr wenig ausgewogene oder sehr hohe einseitige Rückkopplungen, sehr geringe Freiheitsgrade, sehr geringes Vertrauen, sehr geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung der Methodik, chaotisch agierende Teams, sehr hohes Konfliktpotenzial	4,5
<b>UMWELT</b>	sehr geringer Einfluss der Umwelt auf die Methodik der Führung und der Werkzeuge sowie der Verfügbarkeit, ohne Wechselwirkungen	wenig Einfluss der Umwelt auf die Methodik der Führung und der Werkzeuge sowie der Verfügbarkeit, geringe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt Einfluss auf die Methodik der Führung und der Werkzeuge sowie der Verfügbarkeit, Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt einen hohen Einfluss auf die Methodik der Führung und der Werkzeuge sowie der Verfügbarkeit, hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt einen sehr hohen Einfluss auf die Methodik der Führung und der Werkzeuge sowie der Verfügbarkeit, sehr hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	1,3

Tab. 36: Spezifischer Komplexitätsgrad  $K_{I,METHODIK}$  aus Fallstudie

Das Bauvorhaben ist hinsichtlich der Methodikkomplexität dynamisch komplex und von mittlerer Komplexität. Dieser Indikator ist beherrschbar und mit Erfahrung steuerbar. Aufgrund der hohen Einzelwerte im Bereich der Strukturen und des Verhaltens sollten jedoch erfahrene Beteiligte in diesen Aufgabefeldern eingesetzt werden.

## 6.2.6 Fallstudie $K_I$ ORGANISATION

### STRUKTUREN

Mit den Hauptplanungsleistungen (Objektplanung, Freianlagen, Tragwerk, Technische Ausrüstung und Ingenieurbauwerke/Verkehrsanlagen) sind fünf Planerfelder beteiligt. Weiterhin sind 18 ergänzende Planungsfelder beauftragt (5). Die gewerblichen Vergaben bestehen aus einem pauschalierten Einheitspreisvertrag für das Objekt und einem Einheitspreisvertrag für die Außenanlagen sowie einer geringen Anzahl an weiteren Kleinaufträgen (1). Die Entscheider sind vielfältig (bis zu drei) und in mehreren Hierarchieebenen vorhanden (3), es wurden 2 Entscheidungsgremien gebildet (3), die Gesamtprojektdauer beträgt sieben Jahre (2012 bis 2018) (4) und die Projektkosten ca. 50 Mio. € (3).

Nach der Bewertungsskala erfolgt eine Einstufung auf 3,2.

### VERÄNDERUNGEN

Durch regelmäßigen Personalwechsel (mind. alle 2 bis 3 Jahre) und aufgrund der langen Projektlaufzeit sind viele Veränderungen der Beteiligten zu erwarten (4). Die Veränderungen erfolgen in sehr unterschiedlichen Bereichen der Organisation (4).

Nach der Bewertungsskala erfolgt eine Einstufung auf 4,0.

### WAHRNEHMUNG

Die Organisation besteht aus vielen unbekanntem Beteiligten auf der Planer- und der gewerblichen Seite, da die Zusammensetzung sich aus Wettbewerbsgewinnern zusammensetzt (4), die mehrere Freelancer einsetzen (4), auf der Bauherrenseite sind die Beteiligten teilweise bekannt ohne Einsatz von Freelancern (2), die Aufgabenverteilung ist definiert aber komplex (3), die Aufbaustruktur ist hoch komplex (4) mit sehr hohem Informationsbedarf (5).

Nach der Bewertungsskala erfolgt eine Einstufung auf 3,7.

### VERHALTEN

Durch die umfangreiche und vielfältige Organisation bestehen sehr viele einseitige Risiken durch zielabweichendes Verhalten (z. B. abweichendes Verhalten einer Suborganisation, Informationsüberflutung u. a.) (5), es kommt zu hohen einseitigen Rückkopplungen (4), es besteht eine geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung von Teilen der Organisationsbereiche (4) und ein hohes Konfliktpotenzial innerhalb der Organisation (4).

Nach der Bewertungsskala erfolgt eine Einstufung auf 4,3.

### UMWELT

Durch die abgeschirmte militärische Lage, die zivile Nutzung ohne spürbare Auswirkungen auf die angrenzenden zivilen Stadtteile und die geringen Eingriffe in die Natur nimmt die Umwelt nur sehr geringen Einfluss auf die Organisation (1). Der häufige Personalwechsel in der Bauherrenorganisation kann jedoch bei den Außenkontakten einen Einfluss auslösen, der geringe Wechselwirkungen verursachen kann (2).

Nach der Bewertungsskala erfolgt eine Einstufung auf 1,3.

Die Ermittlung des spezifischen Komplexitätsgrads  $K_I$  ergibt einen Wert von 3,3 für den Indikator ORGANISATION gemäß nachfolgender Tabelle:

ORGANISATION				Spezifischer Komplexitätsgrad (Indikator) ( $K_I$ )		3,3
KOMPLEXITÄTSGRAD	1	2	3	4	5	SUMME
MERKMALE	sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch	
<b>STRUKTUREN</b>	sehr wenige Schnittstellen, sehr wenige Hierarchieebenen, ( $\leq 4$ Planerfelder, $\leq 10$ Firmen oder Gewerke, 1 Entscheider, kein Gremium, Projektdauer $\leq 2$ Jahre, Projektkosten $\leq 3,5$ Mio. €)	wenige Schnittstellen, wenige Hierarchieebenen, ( $\leq 8$ Planerfelder, $\leq 20$ Firmen oder Gewerke, 2 Entscheider, 1 Gremium, Projektdauer $\leq 4$ Jahre, Projektkosten $\leq 15$ Mio. €)	mittlere Anzahl von Schnittstellen, mehrere Hierarchieebenen, ( $\leq 12$ Planerfelder, $\leq 40$ Firmen oder Gewerke, 3 Entscheider, 2 Gremien, Projektdauer $\leq 6$ Jahre, Projektkosten $\leq 50$ Mio. €)	hohe Anzahl von Schnittstellen, viele Hierarchieebenen, ( $\leq 18$ Planerfelder, $\leq 70$ Firmen oder Gewerke, 4 Entscheider, 3 Gremien, Projektdauer $\leq 8$ Jahre, Projektkosten $< 100$ Mio. €)	sehr hohe Anzahl von Schnittstellen, sehr viele Hierarchieebenen, ( $\geq 18$ Planerfelder, $\geq 70$ Firmen oder Gewerke, $\geq 5$ Entscheider, $\geq 4$ Gremien, Projektdauer $\geq 9$ Jahre, Projektkosten $\geq 100$ Mio. €)	3,2
<b>VERÄNDERUNGEN</b>	keine Veränderungen der Beteiligten sind zu erwarten	wenige Veränderungen der Beteiligten sind wahrscheinlich	Veränderungen der Beteiligten sind wahrscheinlich, verschiedenartig	viele Veränderungen der Beteiligten sind wahrscheinlich, sehr unterschiedlich	unzählige Veränderungen der Beteiligten sind wahrscheinlich, schwer erfassbar	4,0
<b>WAHRNEHMUNG</b>	untereinander bekannte Beteiligte, keine Freelancer, klare Aufgabenteilung, sehr einfache Aufbaustruktur, sehr geringer Informationsbedarf	teilweise untereinander bekannte Beteiligte, keine Freelancer, Aufgabenteilung definiert aber kompliziert, einfache Aufbaustruktur, geringer Informationsbedarf	mittlere Anzahl untereinander bekannte Beteiligte, teilweise Freelancer, Aufgabenteilung nicht eindeutig definiert oder komplex, komplexe Aufbaustruktur, geregelter Informationsfluss	viele unbekannte Beteiligte, mehrere Freelancer, Aufgabenteilung nicht eindeutig definiert oder hoch komplex oder nicht verstanden, hohe Komplexität der Aufbaustruktur mit hohem Informationsbedarf	sehr viele unbekannte Beteiligte, viele Freelancer, Aufgabenteilung sehr unbestimmt und häufig wechselnd, sehr hoch komplexe Aufbaustruktur mit sehr starken Verknüpfungen und sehr hohem Informationsbedarf	3,7
<b>VERHALTEN</b>	sehr geringe oder ausgewogene Risiken, sehr hohe und ausgewogene Rückkopplungen, sehr viele Freiheitsgrade, sehr großes Vertrauen, sehr hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung von Teilen der Organisationsbereiche, kaum Konflikte zu erwarten	geringe oder ausgewogene Risiken, hohe und ausgewogene Rückkopplungen, viele Freiheitsgrade, großes Vertrauen, hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung von Teilen der Organisationsbereiche, geringes Konfliktpotenzial	ausgewogene Risiken und ausgewogene Rückkopplungen, teilweise Freiheitsgrade, mittleres Vertrauen, geregelte Eigensteuerung von Teilen der Organisationsbereiche wahrscheinlich, Konflikte sind wahrscheinlich	viele einseitige Risiken, wenig ausgewogene Rückkopplungen oder hohe einseitige Rückkopplungen, geringe Freiheitsgrade, geringes Vertrauen, geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung von Teilen der Organisationsbereiche, hohes Konfliktpotenzial	sehr viele einseitige Risiken, sehr wenig ausgewogene oder sehr hohe einseitige Rückkopplungen, sehr geringe Freiheitsgrade, sehr geringes Vertrauen, sehr geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung von Teilen der Organisationsbereiche, sehr hohes Konfliktpotenzial	4,3
<b>UMWELT</b>	sehr geringer Einfluss der Umwelt auf die Organisationsstruktur, ohne Wechselwirkungen	wenig Einfluss der Umwelt auf die Objektvorgaben, geringe Wechselwirkungen wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt Einfluss auf die Organisationsstruktur, Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt einen hohen Einfluss auf die Organisationsstruktur, hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt einen sehr hohen Einfluss auf die Organisationsstruktur, sehr hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	1,3

Tab. 37: Spezifischer Komplexitätsgrad  $K_{I,ORGANISATION}$  aus Fallstudie

Das Bauvorhaben ist hinsichtlich seiner Organisation dynamisch komplex und von mittlerer Komplexität. Dieser Indikator ist beherrschbar und mit Erfahrung steuerbar. Aufgrund der hohen Einzelwerte im Bereich der Veränderungen und des Verhaltens sollten jedoch erfahrene Beteiligte in diesen Aufgabefeldern eingesetzt werden.

### 6.2.7 Fallstudie $K_I$ RESSOURCEN

#### STRUKTUREN

Im Projekt arbeiten unterschiedliche Teams (3) in einfachen Teamorganisationen (2) zusammen, das Besprechungsmanagement ist kompliziert aber strukturiert (3), es gibt nur einen Investor (US-Regierung) (1), die Finanzmittelbereitstellung ist jedoch durch deutsche und amerikanische Haushaltsverfahren komplex (4), die Verfügbarkeit der personellen Ressourcen auf der Bauherrenseite ist gering (4), auf der Planer- und Ausführungsseite als mittel (3) einzustufen, die Qualität und Kompetenz der Beteiligten auf der Bauherrenseite ist gering (4) und auf der Planer- und Ausführungsseite als mittel (3) zu bewerten, die Kommunikationsbeziehungen sind komplex (4) aber teilweise strukturiert (4), es herrscht eine mittlere Identifikation der Beteiligten mit dem Projekt (3).

Nach der Bewertungsskala erfolgt eine Einstufung auf 3,2.

#### VERÄNDERUNGEN

Durch regelmäßigen Personalwechsel (mind. alle 2 bis 3 Jahre) und aufgrund der langen Projektlaufzeit sind viele Veränderungen der Beteiligten zu erwarten (4). Die Veränderungen erfolgen in sehr unterschiedlichen Bereichen der Organisation (4).

Nach der Bewertungsskala erfolgt eine Einstufung auf 4,0.

#### WAHRNEHMUNG

Die Teams sind auf der Bauherrenseite teilweise bekannt (2), auf der Planer- und Ausführungsseite untereinander unbekannt (4), es herrscht ein geringer transparenter Umgang (4), es wurde keine Sensitivitätsanalyse durchgeführt und ist auch nicht beabsichtigt (5), das Besprechungsmanagement ist eindeutig definiert und eingeführt (1) und wird vollständig umgesetzt (1), Konfliktmanagement ist nicht eindeutig definiert und wird situativ dynamisch eingesetzt (4), der Informationsfluss ist gut (2) mit mittlerer Transparenz (3), innerhalb der Teams besteht eine hohe bis mittlere Zufriedenheit (2,5) mit mittlerem erkennbarem Stressaufkommen (3), die Zusammenarbeit ist von geringem Vertrauen geprägt (4).

Nach der Bewertungsskala erfolgt eine Einstufung auf 3,0.

#### VERHALTEN

Durch die umfangreiche und vielfältige Organisation bestehen sehr viele einseitige Risiken der Ressourcenrelationen, (z. B. kurzfristiger Austausch oder informelle Betrauung mit anderen Aufgaben u. a.) (5), es kommt zu hohen einseitigen Rückkopplungen (4), es besteht eine geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung von Teilen der Organisationsbereiche (4) und ein hohes Konfliktpotenzial innerhalb der Organisation (4).

Nach der Bewertungsskala erfolgt eine Einstufung auf 4,3.

#### UMWELT

Durch die abgeschirmte militärische Lage, die zivile Nutzung ohne spürbare Auswirkungen auf die angrenzenden zivilen Stadtteile und die geringen Eingriffe in die Natur nimmt die Umwelt nur sehr geringen Einfluss auf die Organisation (1), ein möglicher Personalwechsel in der Bauherrenorganisation kann jedoch bei den Außenkontakten einen Einfluss verursachen, der geringe Wechselwirkungen auf die Ressourcen nehmen kann (2).

Nach der Bewertungsskala erfolgt eine Einstufung auf 1,3.

Die Ermittlung des spezifischen Komplexitätsgrads  $K_I$  ergibt einen Wert von 3,2 für den Indikator RESSOURCEN gemäß nachfolgender Tabelle:

RESSOURCEN				Spezifischer Komplexitätsgrad (Indikator) ( $K_I$ )		3,2
KOMPLEXITÄTSGRAD	1	2	3	4	5	SUMME
MERKMALE	sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch	
<b>STRUKTUREN</b>	sehr wenige unterschiedliche Teams, klare und sehr einfache Teamorganisation, sehr einfaches und sehr strukturiertes Besprechungsmanagement, sehr wenige Finanzierungsquellen (z.B. Investoren = 1) und sehr einfache Finanzmittelbereitstellung, sehr hohe Verfügbarkeit der personellen Ressourcen, sehr hohe Qualität und Kompetenz der Beteiligten, sehr viele und sehr gute Kommunikationsbeziehungen, sehr hohe Identifikation der Beteiligten mit dem Projekt	wenige unterschiedliche Teams, einfache Teamorganisation, einfaches und strukturiertes Besprechungsmanagement, wenige Finanzierungsquellen (z.B. Investoren = 2) und einfache Finanzmittelbereitstellung, hohe Verfügbarkeit der personellen Ressourcen, hohe Qualität und Kompetenz der Beteiligten, viele und gute Kommunikationsbeziehungen, hohe Identifikation der Beteiligten mit dem Projekt	unterschiedliche Teams, komplizierte und diverse Teamorganisationen, kompliziertes aber strukturiertes Besprechungsmanagement, mehrere Finanzierungsquellen (z.B. Investoren = 3) und komplizierte Finanzmittelbereitstellung, mittlere Verfügbarkeit der personellen Ressourcen, mittlere Qualität und Kompetenz der Beteiligten, komplizierte aber strukturierte Kommunikationsbeziehungen, mittlere Identifikation der Beteiligten mit dem Projekt	sehr unterschiedliche Teams, komplexe und diverse Teamorganisationen, komplexes und bedingt strukturiertes Besprechungsmanagement, viele Finanzierungsquellen (z.B. Investoren = 4 bis 5) und komplexe Finanzmittelbereitstellung, geringe Verfügbarkeit der personellen Ressourcen, geringe Qualität und Kompetenz der Beteiligten, komplexe oder teilweise strukturierte Kommunikationsbeziehungen, geringe Identifikation der Beteiligten mit dem Projekt	sehr viele unterschiedliche Teams, sehr komplexe und sehr diverse Teamorganisationen, sehr komplexes und unstrukturiertes Besprechungsmanagement, sehr viele Finanzierungsquellen (z.B. Investoren > 5) und sehr komplexe Finanzmittelbereitstellung, sehr geringe Verfügbarkeit der personellen Ressourcen, sehr geringe Qualität und Kompetenz der Beteiligten, sehr komplexe oder unstrukturierte Kommunikationsbeziehungen, sehr geringe Identifikation der Beteiligten mit dem Projekt	3,2
<b>VERÄNDERUNGEN</b>	keine Veränderungen von Ressourcen, Begrenzungen oder Teamabhängigkeiten sind zu erwarten	wenige Veränderungen der Ressourcen, Begrenzungen oder Teamabhängigkeiten sind wahrscheinlich	Veränderungen der Ressourcen, Begrenzungen oder Teamabhängigkeiten sind wahrscheinlich, verschiedenartig	viele Veränderungen der Ressourcen, Begrenzungen oder Teamabhängigkeiten sind wahrscheinlich, sehr unterschiedlich	unzählige Veränderungen der Ressourcen, Begrenzungen oder Teamabhängigkeiten sind wahrscheinlich, schwer erfassbar	4,0
<b>WAHRNEHMUNG</b>	Teams untereinander bekannt und sehr transparenter Umgang oder Sensitivitätsanalyse durchgeführt und die Erkenntnisse in die Führung der Teams umgesetzt, Besprechungsmanagement eindeutig definiert und vollständig umgesetzt oder nicht erforderlich, Konfliktmanagement eindeutig definiert und vollständig umgesetzt oder nicht erforderlich, sehr guter Informationsfluss, sehr hohe Transparenz, sehr hohe Zufriedenheit oder sehr geringer Stress innerhalb der Teams erkennbar oder zu erwarten, sehr vertrauensvolle Zusammenarbeit erkennbar oder zu erwarten	Teams teilweise untereinander bekannt und transparenter Umgang oder Sensitivitätsanalyse durchgeführt und die Erkenntnisse in den Teams kommuniziert, Besprechungsmanagement definiert und umgesetzt, Konfliktmanagement definiert und umgesetzt, guter Informationsfluss, hohe Transparenz, hohe Zufriedenheit oder geringer Stress innerhalb der Teams erkennbar oder zu erwarten, vertrauensvolle Zusammenarbeit erkennbar oder zu erwarten	Teams geringfügig untereinander bekannt und teilweise transparenter Umgang oder teilweise Sensitivitätsanalyse durchgeführt ohne Kommunikation der Ergebnisse, Besprechungsmanagement teilweise definiert und teilweise umgesetzt, Konfliktmanagement teilweise definiert und teilweise umgesetzt, teilweiser Informationsfluss, mittlere Transparenz, mittlere Zufriedenheit oder Stress innerhalb der Teams erkennbar oder zu erwarten, mittlere vertrauensvolle Zusammenarbeit erkennbar oder zu erwarten	Teams untereinander unbekannt und geringer transparenter Umgang oder keine Sensitivitätsanalyse durchgeführt, Besprechungsmanagement nicht eindeutig definiert und dynamisch wechselnd, Konfliktmanagement nicht eindeutig definiert und dynamisch situativ wechselnd, geringer Informationsfluss, geringe Transparenz, geringe Zufriedenheit oder hoher Stress innerhalb der Teams erkennbar oder zu erwarten, geringe vertrauensvolle Zusammenarbeit erkennbar oder zu erwarten	Teams untereinander unbekannt und sehr geringer transparenter Umgang oder keine Sensitivitätsanalyse durchgeführt oder beabsichtigt, Besprechungsmanagement nicht eindeutig definiert mit chaotischen Abläufen, Konfliktmanagement nicht eindeutig definiert mit chaotischen Ergebnissen oder nicht vorhanden, geringer Informationsfluss, sehr geringe Transparenz, sehr geringe Zufriedenheit oder sehr hoher Stress innerhalb der Teams erkennbar oder zu erwarten, sehr geringe vertrauensvolle Zusammenarbeit erkennbar oder zu erwarten	3,0
<b>VERHALTEN</b>	sehr geringe oder ausgewogene Risiken der Ressourcenrelationen, sehr hohe und ausgewogene Rückkopplungen, sehr viele Freiheitsgrade, sehr großes Vertrauen, sehr hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung der Ressourcen, kaum Konflikte zu erwarten	geringe oder ausgewogene Risiken der Ressourcenrelationen, hohe und ausgewogene Rückkopplungen, viele Freiheitsgrade, großes Vertrauen, hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung der Ressourcen, geringes Konfliktpotenzial	ausgewogene Risiken der Ressourcenrelationen, ausgewogene Rückkopplungen, teilweise Freiheitsgrade, mittleres Vertrauen, geregelte Eigensteuerung der Ressourcen wahrscheinlich, Konflikte sind möglich	viele einseitige Risiken der Ressourcenrelationen, wenig ausgewogene Rückkopplungen oder hohe einseitige Rückkopplungen, geringe Freiheitsgrade, geringes Vertrauen, geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung der Ressourcen, hohes Konfliktpotenzial	sehr viele einseitige Risiken der Ressourcenrelationen, sehr wenig ausgewogene Rückkopplungen oder sehr hohe einseitige Rückkopplungen, sehr geringe Freiheitsgrade, sehr geringes Vertrauen, sehr geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung der Ressourcen, sehr hohes Konfliktpotenzial	4,3
<b>UMWELT</b>	sehr geringer Einfluss der Umwelt auf die Ressourcen, ohne Wechselwirkungen	wenig Einfluss der Umwelt auf die Ressourcen, geringe Wechselwirkungen wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt Einfluss auf die Ressourcen, Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt einen hohen Einfluss auf die Ressourcen, hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt einen sehr hohen Einfluss auf die Ressourcen, sehr hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	1,3

Tab. 38: Spezifischer Komplexitätsgrad  $K_{I,RESSOURCEN}$  aus Fallstudie

Das Bauvorhaben ist hinsichtlich seiner Ressourcen dynamisch komplex und von mittlerer Komplexität. Dieser Indikator ist beherrschbar und mit Erfahrung steuerbar. Aufgrund der hohen Einzelwerte im Bereich der Veränderungen und des Verhaltens sollten jedoch erfahrene Beteiligte in diesen Aufgabefeldern eingesetzt werden.

### 6.2.8 Fallstudie $K_I$ KULTUR

#### STRUKTUREN

Am Projekt sind wenige beteiligte Länder (USA und Deutschland) (2) mit gleichförmigen Kulturen (2), aufgrund unterschiedlicher Abhängigkeiten besteht ein mittelschweriges Beziehungsgefüge (3) mit mittleren Wechselwirkungen (3), schwieriger gestaltet sich die hohe geografische Distanz (Berlin - Washington Luftlinie ca. 6700 km) zwischen den Beteiligten (4).

Nach der Bewertungsskala erfolgt eine Einstufung auf 2,8.

#### VERÄNDERUNGEN

Durch regelmäßigen Personalwechsel (mind. alle 2 bis 3 Jahre) und aufgrund der langen Projektlaufzeit sind viele Veränderungen der Beteiligten zu erwarten, die sich auf die kulturelle Vielfalt jedoch nicht oder nur wenig auswirken (1,5).

Nach der Bewertungsskala erfolgt eine Einstufung auf 1,5.

#### WAHRNEHMUNG

Die Teams sind auf der Bauherrseite teilweise bekannt (2), auf der Planer- und Ausführungsseite untereinander unbekannt (4), es herrscht ein geringer transparenter Umgang (4), es wurde keine Sensitivitätsanalyse durchgeführt und ist auch nicht beabsichtigt (5), mediale Kommunikationstechnik ist in geringem Umfang vorhanden (4), Erfahrung der Teams mit multikulturellen Projekten sind auf Seiten aller Beteiligten teilweise vorhanden (3), die Zusammenarbeit ist von geringem Vertrauen geprägt (4).

Nach der Bewertungsskala erfolgt eine Einstufung auf 3,6.

#### VERHALTEN

Durch die umfangreiche und vielfältige Organisation und verschiedenen Kulturen bestehen sehr viele einseitige Risiken der kulturellen Vernetzungen (z. B. Sprachbarrieren, kulturelle Unterschiede u. a.) (5), es kommt zu hohen einseitigen Rückkopplungen (4), es besteht eine geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung von Teilen der Organisationsbereiche (4), ein geringes Vertrauen (4) und ein hohes Konfliktpotenzial innerhalb der Organisation (4), ein systemisches Management ist weder vorhanden, noch haben die Beteiligten einschlägige Erfahrungen (5).

Nach der Bewertungsskala erfolgt eine Einstufung auf 4,3.

#### UMWELT

Durch die abgeschirmte militärische Lage, die zivile Nutzung ohne spürbare Auswirkungen auf die angrenzenden zivilen Stadtteile und die geringen Eingriffe in die Natur nimmt die Umwelt nur sehr geringen Einfluss auf die Organisation (1). Es entstehen nur sehr geringe bis keine Wechselwirkungen (1).

Nach der Bewertungsskala erfolgt eine Einstufung auf 1,0.

Die Ermittlung des spezifischen Komplexitätsgrads  $K_I$  ergibt einen Wert von 2,6 für den Indikator KULTUR gemäß nachfolgender Tabelle:

KULTUR				Spezifischer Komplexitätsgrad (Indikator) ( $K_I$ )		2,6
KOMPLEXITÄTSGRAD	1	2	3	4	5	SUMME
MERKMALE	sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch	
<b>STRUKTUREN</b>	sehr wenige beteiligte Länder (1) und sehr gleichförmige beteiligte Kulturen ( $\leq 1$ ), sehr einfaches Beziehungsgefüge mit sehr geringen Wechselwirkungen zwischen den beteiligten Kulturen, sehr geringe geografische Distanzen ( $\leq 1000$ km) zwischen den Beteiligten	wenige beteiligte Länder ( $\leq 2$ ) und gleichförmige beteiligte Kulturen ( $\leq 2$ ), einfaches Beziehungsgefüge mit geringen Wechselwirkungen zwischen den beteiligten Kulturen, geringe geografische Distanzen ( $\leq 2500$ km) zwischen den Beteiligten	mittlere Anzahl beteiligter Länder ( $\leq 3$ ) und teilweise gleichförmige beteiligte Kulturen ( $\leq 3$ ), mittelschweres Beziehungsgefüge mit mittleren Wechselwirkungen zwischen den beteiligten Kulturen, mittlere geografische Distanzen ( $\leq 5000$ km) zwischen den Beteiligten	viele beteiligte Länder ( $\leq 5$ ) oder ungleichförmige beteiligte Kulturen ( $\geq 2$ ), schwieriges Beziehungsgefüge mit hohen Wechselwirkungen zwischen den beteiligten Kulturen, hohe geografische Distanzen ( $\leq 10000$ km) zwischen den Beteiligten	sehr viele beteiligte Länder ( $> 5$ ) oder viele ungleichförmige beteiligte Kulturen ( $> 2$ ), sehr schwieriges Beziehungsgefüge mit sehr hohen Wechselwirkungen zwischen den beteiligten Kulturen, sehr hohe geografische Distanzen ( $> 10000$ km) zwischen den Beteiligten	2,8
<b>VERÄNDERUNGEN</b>	keine Veränderungen der kulturellen Teilaspekte sind zu erwarten	wenige Veränderungen der kulturellen Teilaspekte sind wahrscheinlich	Veränderungen der kulturellen Teilaspekte sind wahrscheinlich, verschiedenartig	viele Veränderungen der kulturellen Teilaspekte sind wahrscheinlich, sehr unterschiedlich	unzählige Veränderungen der kulturellen Teilaspekte sind wahrscheinlich, schwer erfassbar	1,5
<b>WAHRNEHMUNG</b>	Teams untereinander bekannt, sehr transparenter Umgang, Sensitivitätsanalyse durchgeführt und die Erkenntnisse in die Führung der Teams umgesetzt, sehr umfangreiche mediale Kommunikationstechnik vorhanden oder nicht erforderlich, sehr hohe Erfahrung der Teams mit multikulturellen Projekten, sehr vertrauensvolle Zusammenarbeit erkennbar oder zu erwarten	Teams untereinander teilweise bekannt, transparenter Umgang, Sensitivitätsanalyse durchgeführt und die Erkenntnisse teilweise in die Führung der Teams umgesetzt, umfangreiche mediale Kommunikationstechnik vorhanden, hohe Erfahrung der Teams mit multikulturellen Projekten, vertrauensvolle Zusammenarbeit erkennbar oder zu erwarten	Teams untereinander geringfügig bekannt, teilweise transparenter Umgang, Sensitivitätsanalyse durchgeführt ohne Umsetzung in die Führung der Teams, mediale Kommunikationstechnik vorhanden, Erfahrung der Teams mit multikulturellen Projekten teilweise vorhanden, vertrauensvolle Zusammenarbeit teilweise erkennbar oder zu erwarten	Teams untereinander unbekannt, geringer transparenter Umgang, keine Sensitivitätsanalyse durchgeführt aber teilweise vorgesehen, geringe mediale Kommunikationstechnik vorhanden, geringe Erfahrung der Teams mit multikulturellen Projekten, geringe vertrauensvolle Zusammenarbeit teilweise erkennbar oder zu erwarten	Teams untereinander unbekannt, sehr geringer transparenter Umgang, keine Sensitivitätsanalyse durchgeführt oder beabsichtigt, sehr geringe oder keine mediale Kommunikationstechnik vorhanden, sehr geringe oder keine Erfahrung der Teams mit multikulturellen Projekten, sehr geringe vertrauensvolle Zusammenarbeit teilweise erkennbar oder zu erwarten	3,6
<b>VERHALTEN</b>	sehr geringe oder ausgewogene Risiken der kulturellen Relationen, sehr hohe und ausgewogene Rückkopplungen, sehr viele Freiheitsgrade, sehr großes Vertrauen, sehr hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, kaum Konflikte zu erwarten, die Verhaltenssteuerung wird in hohem Maße durch ein systemisches Managementsystem unterstützt	geringe oder ausgewogene Risiken der kulturellen Relationen, hohe und ausgewogene Rückkopplungen, viele Freiheitsgrade, großes Vertrauen, hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, geringes Konfliktpotenzial, die Verhaltenssteuerung wird in geringem Maße durch ein systemisches Managementsystem unterstützt	ausgewogene Risiken der kulturellen Relationen, ausgewogene Rückkopplungen, teilweise Freiheitsgrade, mittleres Vertrauen, geregelte Eigensteuerung wahrscheinlich, Konflikte sind möglich, die Verhaltenssteuerung wird in sehr geringem Maße durch ein systemisches Managementsystem unterstützt (Beteiligte haben nur teilweise Erfahrungen)	viele einseitige Risiken der kulturellen Relationen, wenig ausgewogene Rückkopplungen oder hohe einseitige Rückkopplungen, geringe Freiheitsgrade, geringes Vertrauen, geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, hohes Konfliktpotenzial, die Verhaltenssteuerung wird nicht durch ein systemisches Managementsystem unterstützt (nur einzelne Beteiligte haben einschlägige Erfahrungen)	sehr viele einseitige Risiken der kulturellen Relationen, sehr wenig ausgewogene Rückkopplungen oder sehr hohe einseitige Rückkopplungen, sehr geringe Freiheitsgrade, sehr geringes Vertrauen, sehr geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, sehr hohes Konfliktpotenzial, die Verhaltenssteuerung wird nicht durch ein systemisches Managementsystem unterstützt (keiner der Beteiligten hat einschlägige Erfahrungen)	4,3
<b>UMWELT</b>	sehr geringer Einfluss der Umwelt auf die kulturellen Aspekte, ohne Wechselwirkungen	wenig Einfluss der Umwelt auf die kulturellen Aspekte, geringe Wechselwirkungen wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt Einfluss auf die kulturellen Aspekte, Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt einen hohen Einfluss auf die kulturellen Aspekte, hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt einen sehr hohen Einfluss auf die kulturellen Aspekte, sehr hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	1,0

Tab. 39: Spezifischer Komplexitätsgrad  $K_{I,KULTUR}$  aus Fallstudie

Das Bauvorhaben ist hinsichtlich seiner Kultur als kompliziert mit der Tendenz zur periodischen und geringen bis mittleren Komplexität einzuordnen. Dieser Indikator ist noch beherrschbar, aufgrund der hohen Einzelwerte im Bereich der Wahrnehmung und des Verhaltens sollten jedoch erfahrene Beteiligte in diesen Aufgabenfeldern eingesetzt werden.



### 6.2.9 Fallstudie $K_I$ CHANCEN/RISIKEN

#### STRUKTUREN

Für das untersuchte Projekt wurde lediglich ein einseitiges, nicht monetär bewertetes und auf Optimierungspotenzial ausgerichtetes Risikomanagement<sup>802</sup> eingerichtet, bei dem etwa zehn überschaubare Risikoklassen untersucht wurden (2), die Anzahl der Verträge und Vereinbarungen ist unter zwanzig (4), jedoch überschaubar und standardisiert (2), es wurden keine pönalen Elemente verwendet (1), die erreichbaren Chancen werden insgesamt mit viel bis sehr viel eingeschätzt (1,5).

Nach der Bewertungsskala erfolgt eine Einstufung auf 2,1.

#### VERÄNDERUNGEN

Zwischen den Chancen und Risiken sind nur geringe Wechselwirkungen wahrscheinlich (2), Veränderungen von Eintrittswahrscheinlichkeiten der Chancen und Risiken aus projektinternen, -externen oder sachlich-inhaltlichen Teilaspekten sind jedoch erkennbar und zu erwarten (3), Unsicherheiten mit geringen Eintrittswahrscheinlichkeiten erkennbar (2).

Nach der Bewertungsskala erfolgt eine Einstufung auf 2,3.

#### WAHRNEHMUNG

Der Umgang mit Chancen und Risiken findet aufgrund eines nur teilweise vorhandenen qualifizierten Risikomanagementsystems nur teilweise statt (4), daher liegt nur eine teilweise Wahrscheinlichkeit zur Durchführung kooperativer Lösungsansätze zur Risikovermeidung und Risikoallokation vor, der Informationsfluss und die Kommunikationsfähigkeit liegen im mittleren Bereich (4), eine geringe vertrauensvolle Zusammenarbeit ist erkennbar oder zu erwarten (4).

Nach der Bewertungsskala erfolgt eine Einstufung auf 4,0.

#### VERHALTEN

Im Verhalten der Beteiligten sind ausgewogene Rückkopplungen erkennbar oder zu erwarten (3), die Freiheitsgrade sind stark begrenzt (5), es herrscht geringes Vertrauen (4), eine geregelte Eigensteuerung ist eher unwahrscheinlich (4), Konflikte sind möglich (3), es werden überwiegend übliche Verträge auf Basis von Standards verwendet (2), eine Risikoverschiebung findet nicht statt (1), Entscheidungsfindungen sind oftmals komplex (3), die Qualifikation der Auftraggeber liegt im hohen Bereich (2).

Nach der Bewertungsskala erfolgt eine Einstufung auf 3,4.

#### UMWELT

Durch die abgeschirmte militärische Lage, die zivile Nutzung ohne spürbare Auswirkungen auf die angrenzenden zivilen Stadtteile und die geringen Eingriffe in die Natur nimmt die Umwelt nur sehr geringen Einfluss auf die Chancen und Risiken des Bauvorhabens (1). Es sind nur geringe Wechselwirkungen wahrscheinlich (2).

Nach der Bewertungsskala erfolgt eine Einstufung auf 1,5.

---

<sup>802</sup> Vgl. Hoffmann, W. (2015)

Die Ermittlung des spezifischen Komplexitätsgrads  $K_I$  ergibt einen Wert von 2,7 für den Indikator CHANCEN/RISIKEN gemäß nachfolgender Tabelle:

CHANCEN/RISIKEN				Spezifischer Komplexitätsgrad (Indikator) ( $K_I$ )		2,7
KOMPLEXITÄTSGRAD	1	2	3	4	5	SUMME
MERKMALE	sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch	
<b>STRUKTUREN</b>	sehr wenige überschaubare und vergleichbare Risiken in sehr wenigen Risikoklassen ( $\leq 5$ ), sehr wenige überschaubare Verträge und Vereinbarungen ( $\leq 5$ ), keine pönale Elemente, sehr viele erreichbare Chancen ( $\geq 5$ )	wenige überschaubare und wenig vergleichbare Risiken in wenigen Risikoklassen ( $\leq 10$ ), wenige überschaubare Verträge und Vereinbarungen ( $\leq 10$ ), wenige pönale Elemente, viele erreichbare Chancen ( $< 5$ )	überschaubare und teilweise vergleichbare Risiken in mittlerer Anzahl von Risikoklassen ( $\leq 15$ ), mittlere Anzahl an teilweise überschaubaren Verträgen und Vereinbarungen ( $\leq 15$ ), pönale Elemente werden generell eingesetzt, einige erreichbare Chancen ( $< 4$ )	viele und gering überschaubare Risiken in vielen Risikoklassen ( $\leq 20$ ), viele und gering überschaubare Verträge und Vereinbarungen ( $\leq 20$ ), viele pönale Elemente, wenige erreichbare Chancen ( $< 3$ )	sehr viele kaum überschaubare und unterschiedliche Risiken in sehr vielen Risikoklassen ( $> 20$ ), sehr viele kaum überschaubare und unterschiedliche Verträge und Vereinbarungen ( $> 20$ ), sehr viele pönale Elemente, sehr wenige erreichbare Chancen ( $< 2$ )	2,1
<b>VERÄNDERUNGEN</b>	sehr geringe Wechselwirkungen zwischen den Chancen und Risiken wahrscheinlich, sehr geringe Veränderungen von Eintrittswahrscheinlichkeiten der Chancen und Risiken aus projektinternen, -externen oder sachlich-inhaltlichen Teilaspekten, sehr geringe Unsicherheiten mit sehr geringen Eintrittswahrscheinlichkeiten sind zu erwarten	geringe Wechselwirkungen zwischen den Chancen und Risiken wahrscheinlich, geringe Veränderungen von Eintrittswahrscheinlichkeiten der Chancen und Risiken aus projektinternen, -externen oder sachlich-inhaltlichen Teilaspekten, sehr geringe Unsicherheiten mit geringen Eintrittswahrscheinlichkeiten sind zu erwarten	Wechselwirkungen zwischen den Chancen und Risiken wahrscheinlich, Veränderungen von Eintrittswahrscheinlichkeiten der Chancen und Risiken aus projektinternen, -externen oder sachlich-inhaltlichen Teilaspekten sowie Unsicherheiten und Eintrittswahrscheinlichkeiten sind erkennbar und zu erwarten	hohe Wechselwirkungen zwischen den Chancen und Risiken wahrscheinlich, hohe Veränderungen von Eintrittswahrscheinlichkeiten der Chancen und Risiken aus projektinternen, -externen oder sachlich-inhaltlichen Teilaspekten, hohe Unsicherheiten mit hohen Eintrittswahrscheinlichkeiten sind zu erwarten	sehr hohe Wechselwirkungen zwischen den Chancen und Risiken wahrscheinlich, sehr hohe Veränderungen von Eintrittswahrscheinlichkeiten der Chancen und Risiken aus projektinternen, -externen oder sachlich-inhaltlichen Teilaspekten, sehr hohe Unsicherheiten mit hohen Eintrittswahrscheinlichkeiten sind zu erwarten	2,3
<b>WAHRNEHMUNG</b>	sehr hoher transparenter Umgang mit Chancen und Risiken durch Einsatz eines qualifizierten Risikomanagementsystems, sehr hohe Wahrscheinlichkeit zur Durchführung kooperativer Lösungsansätze zur Risikovermeidung und Risikoallokation, sehr guter Informationsfluss und Kommunikationsfähigkeit, sehr hohe vertrauensvolle Zusammenarbeit erkennbar oder zu erwarten	hoher transparenter Umgang mit Chancen und Risiken durch Einsatz eines qualifizierten Risikomanagementsystems, hohe Wahrscheinlichkeit zur Durchführung kooperativer Lösungsansätze zur Risikovermeidung und Risikoallokation, guter Informationsfluss und Kommunikationsfähigkeit, hohe vertrauensvolle Zusammenarbeit erkennbar oder zu erwarten	mittlerer transparenter Umgang mit Chancen und Risiken, Risikomanagementsystem vorhanden, mittlere Wahrscheinlichkeit zur Durchführung kooperativer Lösungsansätze zur Risikovermeidung und Risikoallokation, mittlerer Informationsfluss und Kommunikationsfähigkeit, vertrauensvolle Zusammenarbeit erkennbar oder zu erwarten	geringer transparenter Umgang mit Chancen und Risiken, Risikomanagement findet nur teilweise statt, geringe Wahrscheinlichkeit zur Durchführung kooperativer Lösungsansätze zur Risikovermeidung und Risikoallokation, geringer Informationsfluss und Kommunikationsfähigkeit, geringe vertrauensvolle Zusammenarbeit erkennbar oder zu erwarten	sehr geringer transparenter Umgang mit Chancen und Risiken, Risikomanagement nur im Ansatz erkennbar oder nicht vorhanden, sehr geringe Wahrscheinlichkeit zur Durchführung kooperativer Lösungsansätze zur Risikovermeidung und Risikoallokation, sehr geringer Informationsfluss und Kommunikationsfähigkeit, sehr geringe vertrauensvolle Zusammenarbeit erkennbar oder zu erwarten	4,0
<b>VERHALTEN</b>	sehr hohe und ausgewogene Rückkopplungen, sehr viele Freiheitsgrade, sehr großes Vertrauen, sehr hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, kaum Konflikte zu erwarten, übliche Verträge (auf Basis von Standards), keine Risikoverschiebung, unkomplizierte Freigaben, sehr hohe qualifizierte Mitwirkung der Auftraggeber	hohe und ausgewogene Rückkopplungen, viele Freiheitsgrade, großes Vertrauen, hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, geringes Konfliktpotenzial, überwiegend übliche Verträge (auf Basis von Standards), geringe Risikoverschiebung, geregelte Freigaben, hoch qualifizierte Mitwirkung der Auftraggeber	ausgewogene Rückkopplungen, teilweise Freiheitsgrade, mittleres Vertrauen, geregelte Eigensteuerung wahrscheinlich, Konflikte sind möglich, teilweise übliche Vertragsgestaltung (nur teilweise Standards), teilweise Risikoverschiebung, komplexe Entscheidungsfindung, mittlere Qualifikation der Auftraggeber	wenig ausgewogene Rückkopplungen oder hohe einseitige Rückkopplungen, geringe Freiheitsgrade, geringes Vertrauen, geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, hohes Konfliktpotenzial, unübliche Vertragsgestaltung (geringe Anzahl von Standards), hohe Risikoverschiebung, schwierige Entscheidungsfindung, geringe Qualifikation der Auftraggeber	sehr wenig ausgewogene Rückkopplungen oder sehr hohe einseitige Rückkopplungen, sehr geringes Vertrauen, sehr geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, sehr hohes Konfliktpotenzial, eigene Vertragswelt (keine Standards), sehr hohe Risikoverschiebung, sehr schwierige Entscheidungsfindung, sehr geringe Qualifikation der Auftraggeber	3,4
<b>UMWELT</b>	sehr geringer Einfluss der Umwelt auf Chancen und Risiken, ohne Wechselwirkungen	wenig Einfluss der Umwelt auf Chancen und Risiken, geringe Wechselwirkungen wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt Einfluss auf Chancen und Risiken, Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt einen hohen Einfluss auf Chancen und Risiken, hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt einen sehr hohen Einfluss auf Chancen und Risiken, sehr hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	1,5

Tab. 40: Spezifischer Komplexitätsgrad  $K_I$  CHANCEN/RISIKEN aus Fallstudie

Das Bauvorhaben ist hinsichtlich seiner Chancen und Risiken als kompliziert mit starker Tendenz zur periodischen und zur mittleren Komplexität neigend einzuordnen. Dieser Indikator ist noch beherrschbar, jedoch werden zur Umsetzung teilweise erfahrene Beteiligte erforderlich. Dies gilt besonders für die Bereiche Wahrnehmung und Verhalten mit hohen Einzelwerten.

### 6.2.10 Fallstudie $K_I$ UMFELD

#### STRUKTUREN

Das untersuchte Bauvorhaben ist geprägt durch keine bis sehr wenige überschaubare und vergleichbare Stakeholdergruppen (1), daher bestehen sehr geringe Risiken durch Einflussnahme von außen (1), das Umfeld ist sehr überschaubar und transparent (1), es sind viele normative Rahmenbedingungen (4) mit teilweise vorliegenden Routineaufgaben durchzuführen (3).

Nach der Bewertungsskala erfolgt eine Einstufung auf 2,0.

#### VERÄNDERUNGEN

Aufgrund der sehr geringen Anzahl von Umfeldeinflüssen sind sehr geringe Wechselwirkungen zwischen den Einflussgrößen wahrscheinlich (1), geringe Veränderungen von Eintrittswahrscheinlichkeiten der mittelbaren Einflussgrößen sind jedoch möglich (2), es bestehen geringe Unsicherheiten (2), das Projekt hat für das Umfeld nur sehr geringe Bedeutung (1), ein Änderungsmanagement ist eingeführt und umgesetzt (1).

Nach der Bewertungsskala erfolgt eine Einstufung auf 1,4.

#### WAHRNEHMUNG

Der Umgang mit den wenigen Stakeholdern ist von mittlerer Transparenz (3), ein Stakeholdermanagementsystem ist nicht vorhanden und nicht erforderlich (1), ein Projektmarketing ist nicht vorhanden und nicht erforderlich (1).

Nach der Bewertungsskala erfolgt eine Einstufung auf 1,7.

#### VERHALTEN

Die teilweisen Rückkopplungen der wenigen Stakeholder sind ausgewogen (2), es herrscht großes Vertrauen (2), es besteht nur geringe teilweise Möglichkeit zur geregelten Eigensteuerung (3), das Verhalten ist kooperativ (3) mit sehr wenig Konfliktpotenzial (1), die Qualität der Stakeholder ist mittel (3).

Nach der Bewertungsskala erfolgt eine Einstufung auf 2,3.

#### UMWELT

Durch die abgeschirmte militärische Lage, die zivile Nutzung ohne spürbare Auswirkungen auf die angrenzenden zivilen Stadtteile und die geringen Eingriffe in die Natur besteht ein nur sehr geringes öffentliches Interesse (1) und eine sehr geringe Einflussnahme der Politik (1), sehr geringe Wechselwirkungen sind daher wahrscheinlich (1).

Nach der Bewertungsskala erfolgt eine Einstufung auf 1,0.

Die Ermittlung des spezifischen Komplexitätsgrads  $K_I$  ergibt einen Wert von 1,7 für den Indikator UMFELD gemäß nachfolgender Tabelle:

UMFELD				Spezifischer Komplexitätsgrad (Indikator) ( $K_I$ )		1,7
KOMPLEXITÄTSGRAD	1	2	3	4	5	SUMME
MERKMALE	sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch	
<b>STRUKTUREN</b>	sehr wenige überschaubare und vergleichbare Stakeholdergruppen ( $\leq 1$ ), sehr geringe Risiken durch Einflussnahme von außen, sehr überschaubares und transparentes Umfeld, sehr wenige und sehr überschaubare normative Rahmenbedingungen, sehr viele Routineaufgaben	wenige überschaubare und vergleichbare Stakeholdergruppen ( $\leq 2$ ), geringe Einflussnahme mit geringen Risiken, einfaches und transparentes Umfeld, wenige und überschaubare normative Rahmenbedingungen, viele Routineaufgaben	teilweise überschaubare aber unterschiedliche Stakeholdergruppen ( $\leq 2$ ), mittlere Einflussnahme mit mittleren Risiken, mittleres transparentes Umfeld, mittlere Anzahl überschaubarer normativer Rahmenbedingungen, teilweise Routineaufgaben	hohe Anzahl unterschiedlicher Stakeholdergruppen ( $\leq 5$ ), hohe Einflussnahme mit hohen Risiken, wenig transparentes Umfeld, viele normative Rahmenbedingungen, wenig Routineaufgaben	sehr hohe Anzahl unterschiedlicher Stakeholdergruppen ( $> 5$ ), sehr hohe Einflussnahme mit sehr hohen Risiken, sehr wenig transparentes bis chaotisches Umfeld, sehr viele unüberschaubare normative Rahmenbedingungen, sehr wenige Routineaufgaben	2,0
<b>VERÄNDERUNGEN</b>	sehr geringe Wechselwirkungen zwischen den Einflussgrößen wahrscheinlich, sehr geringe Veränderungen von Eintrittswahrscheinlichkeiten der mittelbaren Einflussgrößen, sehr geringe Unsicherheiten, sehr geringe Bedeutung des Projektes für das Umfeld, Änderungsmanagement eingeführt und umgesetzt oder nicht erforderlich	geringe Wechselwirkungen zwischen den Einflussgrößen wahrscheinlich, geringe Veränderungen von Eintrittswahrscheinlichkeiten der mittelbaren Einflussgrößen, geringe Unsicherheiten, geringe Bedeutung des Projektes für das Umfeld, Änderungsmanagement eingeführt und umgesetzt	Wechselwirkungen zwischen den Einflussgrößen wahrscheinlich, Veränderungen von Eintrittswahrscheinlichkeiten der Einflussgrößen erkennbar und wahrscheinlich, Unsicherheiten sind vorhanden, mittlere Bedeutung des Projektes für das Umfeld, Änderungsmanagement teilweise eingeführt und teilweise umgesetzt	hohe Wechselwirkungen zwischen den Einflussgrößen wahrscheinlich, hohe Veränderungen von Eintrittswahrscheinlichkeiten der Einflussgrößen, hohe Unsicherheiten, hohe Bedeutung des Projektes für das Umfeld, Änderungsmanagement teilweise eingeführt aber nicht umgesetzt	sehr hohe Wechselwirkungen zwischen den Einflussgrößen wahrscheinlich, sehr hohe Veränderungen von Eintrittswahrscheinlichkeiten der Einflussgrößen, sehr hohe Unsicherheiten, sehr hohe Bedeutung des Projektes für das Umfeld, kein Änderungsmanagement vorhanden	1,4
<b>WAHRNEHMUNG</b>	sehr hoher transparenter Umgang mit Stakeholdern und Einflussgrößen durch Einsatz eines qualifizierten Stakeholdermanagementsystems oder nicht erforderlich, sehr guter Informationsfluss und Kommunikationsfähigkeit durch den Einsatz eines Projektmarketings oder nicht erforderlich	hoher transparenter Umgang mit Stakeholdern und Einflussgrößen durch Einsatz eines qualifizierten Stakeholdermanagementsystems oder nur teilweise erforderlich, guter Informationsfluss und Kommunikationsfähigkeit durch den Einsatz eines Projektmarketings oder nur teilweise erforderlich	mittlerer hoher transparenter Umgang mit Stakeholdern und Einflussgrößen, Stakeholdermanagementsystem vorhanden, Informationsfluss und Kommunikationsfähigkeit erkennbar oder zu erwarten, Projektmarketing vorhanden	geringer transparenter Umgang mit Stakeholdern und Einflussgrößen, Stakeholdermanagement findet nur teilweise statt aber erforderlich, geringerer Informationsfluss und Kommunikationsfähigkeit durch ein geringes aber erforderliches Projektmarketing	sehr geringer transparenter Umgang mit Stakeholdern und Einflussgrößen, Stakeholdermanagement nur im Ansatz erkennbar oder nicht vorhanden, sehr geringerer Informationsfluss und Kommunikationsfähigkeit durch nicht vorhandenes Projektmarketing	1,7
<b>VERHALTEN</b>	sehr hohe und ausgewogene Rückkopplungen der Stakeholder, sehr großes Vertrauen, sehr hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, sehr hohes kooperatives Verhalten, sehr wenige Konflikte zu erwarten, sehr hohe Qualität der Stakeholder	hohe und ausgewogene Rückkopplungen der Stakeholder, großes Vertrauen, hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, hohes kooperatives Verhalten, wenige Konflikte zu erwarten, hohe Qualität der Stakeholder	teilweise Rückkopplungen der Stakeholder, teilweise Vertrauen und teilweise Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, teilweise kooperatives Verhalten, Konflikte zu erwarten, mittlere Qualität der Stakeholder	geringe und nicht ausgewogene Rückkopplungen der Stakeholder, geringes Vertrauen und geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, geringes kooperatives Verhalten, viele Konflikte zu erwarten, geringe Qualität der Stakeholder	sehr geringe und nicht ausgewogene Rückkopplungen der Stakeholder, sehr geringes Vertrauen, sehr geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, sehr geringes kooperatives Verhalten, sehr viele Konflikte zu erwarten, sehr geringe Qualität der Stakeholder	2,3
<b>UMWELT</b>	sehr geringes öffentliches Interesse und sehr geringe Einflussnahme der Politik, sehr geringe Wechselwirkungen wahrscheinlich	geringes öffentliches Interesse und geringe Einflussnahme der Politik, geringe Wechselwirkungen wahrscheinlich	Öffentlichkeit nimmt Anteil am Projekt, politische Einflussnahme wahrscheinlich, Wechselwirkungen wahrscheinlich	hohes öffentliches Interesse und hohe Einflussnahme der Politik, hohe Wechselwirkungen wahrscheinlich	sehr hohes öffentliches Interesse und sehr hohe Einflussnahme der Politik, sehr hohe Wechselwirkungen wahrscheinlich	1,0

Tab. 41: Spezifischer Komplexitätsgrad  $K_{I,UMFELD}$  aus Fallstudie

Das Bauvorhaben ist hinsichtlich seines Umfelds statisch einfach mit der Tendenz zur Kompliziertheit. Die Komplexität ist gering einzustufen und bedarf keiner hohen Erfahrung für den Umgang mit dem Projektumfeld.

6.2.11 Fallstudie  $K_M$  und  $K_B$ 

Die Ergebnisse der Ermittlung der spezifischen Komplexitätsgrade  $K_I$  für die untersuchten zehn Indikatoren sind in nachfolgender Tabelle zusammengefasst:

GRAD DER KOMPLEXITÄT ( $K_B$ )							2,7
INDIKATOR	MERKMAL					Spezifischer Komplexitätsgrad (Indikator) ( $K_I$ )	
	1	2	3	4	5		
	STRUKTUREN	VERÄNDERUNGEN	WAHRNEHMUNG	VERHALTEN	UMWELT		
1	ZIELE	2,5	1,7	3,8	4,5	2,0	2,9
2	OBJEKT	3,2	2,0	3,5	3,8	1,0	2,7
3	NEUARTIGKEIT	3,3	2,0	2,7	4,1	1,0	2,6
4	PROJEKT	3,0	2,0	2,4	3,6	1,0	2,4
5	METHODIK	3,2	3,5	3,0	4,5	1,3	3,1
6	ORGANISATION	3,2	4,0	3,7	4,3	1,3	3,3
7	RESSOURCEN	3,2	4,0	3,0	4,3	1,3	3,2
8	KULTUR	2,8	1,5	3,6	4,3	1,0	2,6
9	CHANCEN/RISIKEN	2,1	2,3	4,0	3,4	1,5	2,7
10	UMFELD	2,0	1,4	1,7	2,3	1,0	1,7
Spezifischer Komplexitätsgrad (Merkmal) ( $K_M$ )		2,9	2,4	3,1	3,9	1,2	

Tab. 42: Komplexität Merkmale und Grad der Komplexität  $K_M$  und  $K_B$  aus Fallstudie

Der projektspezifische Komplexitätsgrad für große Bauvorhaben  $K_B$  ergibt sich aus der Ermittlung mit 2,7.

Das gesamte Bauvorhaben ist somit als dynamisch komplex einzustufen und bewegt sich im Bereich einer mittleren Komplexität. Dieses Projekt ist zwar komplex, jedoch durchaus noch beherrschbar. Für die Steuerung dieses Bauvorhabens werden jedoch Beteiligte mit Erfahrung in allen Organisationsbereichen erforderlich.

Die spezifischen Komplexitätsgrade der komplexitätsbezogenen Merkmale variieren zwischen  $K_M = 1,2$  bis 3,9. Die Merkmale der Strukturen, Wahrnehmung und des Verhaltens liegen oberhalb des Durchschnitts und sind die treibenden Werte für den Grad der Komplexität des Bauvorhabens.

Aus den vorliegenden Ergebnissen der Bewertungen lassen sich Folgerungen und mögliche Optimierungspotenziale ableiten. Diese werden im nachfolgenden Kapitel erläutert.

## 6.3 Optimierungspotenzial der Indikatorenkomplexität

Nach der Projektanalyse und Bestimmung der Komplexitätsgrade aus Kap. 6.2 liegt die Einschätzung über die Komplexität des Projektes im Ist- oder Planzustand vor. Der Anwender kann diese Ergebnisse nun im Sinne der Luhmann'schen Betrachtungsweise nutzen (vgl. Kap. 2.4.3), um die Komplexität in den Teilbereichen zu verändern und somit eine Optimierung durchzuführen. Die Optimierungsversuche erfolgen über alle Indikatoren und werden nachfolgend erläutert:

### 6.3.1 Optimierung $K_{I\text{ZIELE}}$

Der spezifische Komplexitätsgrad  $K_{I\text{ZIELE}}$  wurde in Kap. 6.2.1 mit 2,9 ermittelt.

Das Merkmal STRUKTUREN ergibt nach der Ermittlung in Kap. 6.2.1 den Wert 2,5. Die Ziele sind festgelegt und messbar. Die Anzahl der Zielsetzungen ist nicht variabel, sodass an dieser Stelle keine Optimierungen möglich sind. Der Wert verbleibt somit auf 2,5.

Im Merkmal VERÄNDERUNGEN sind keine Optimierungen erkennbar, da die Einschätzungen bereits an der unteren Stufe liegen und nicht weiter abstufbar sind. Der Wert bleibt daher unverändert auf 1,7.

Im Merkmal WAHRNEHMUNG sind ebenfalls keine Optimierungen erkennbar. Die Umsetzung des „21st Century Code“ ist und bleibt für alle Beteiligten neu. Die Verknüpfung der Ziele ist hier ebenso nicht veränderbar, sowie der hohe Informationsbedarf. Der Wert für dieses Merkmal bleibt daher bei 3,8.

Das Merkmal VERHALTEN weist mit 4,5 den höchsten Wert des Indikators auf. Die Höhe dieses Wertes ist erheblich von geringem Vertrauen, starken Regulierungen und dem daraus resultierenden hohen Konfliktpotenzial geprägt. Ausgehend von der bestehenden Situation eines öffentlichen Bauvorhabens sind diese Ausrichtungen aus aktueller Sicht und feststehenden Regularien nicht veränderbar. Optimierungsansätze ließen sich beispielsweise durch die Gründung einer Sonderorganisation mit mehr Freiheitsgraden und vertrauensbildenden Maßnahmen (z. B. Workshops oder Teambuilding) hinsichtlich gemeinsamer Interessen auf die Ziele erreichen. Nach Einschätzung wird die Komplexität hierdurch um eine Stufe reduzierbar. Der Bemessungsansatz ergibt sich hierdurch zu: einseitige Risiken der Zielerreichung durch divergierende Interessen (3), wenig ausgewogene Rückkopplungen durch Sprachbarrieren und unterschiedliche Verfahrenserfahrungen (keine Veränderung = 4), höhere Freiheitsgrade durch Bildung einer Sonderorganisation (3), vertrauensbildende Maßnahmen (4), mehr geregelte Eigensteuerung (4), Verringerung des Konfliktpotenzials (4). Nach der Bewertungsskala erfolgt eine Einstufung auf 3,7.

Das Merkmal UMWELT wird durch die abgeschirmte militärische Lage bestimmt, die ohne spürbare Auswirkungen auf die angrenzenden zivilen Stadtteile bleibt. Die Einschätzung bleibt in Summe daher unverändert bei 2,0.

Der spezifische Komplexitätsgrad  $K_{I\text{ZIELE}}$  reduziert sich in Summe auf einen Wert von 2,7.

### 6.3.2 Optimierung $K_{I\text{OBJEKT}}$

Der spezifische Komplexitätsgrad  $K_{I\text{OBJEKT}}$  wurde in Kap. 6.2.2 mit 2,7 ermittelt.

Das Merkmal STRUKTUREN ergibt nach der Ermittlung in Kap. 6.2.2 den Wert 3,2. Die Teilaspekte beziehen sich im Wesentlichen auf die geplante Objektstruktur und die Standortsituation. Diese Rah-

menbedingungen sind fix und können nicht weiter optimiert werden. Die Einstufung verbleibt daher auf einem Wert von 3,2.

Im Merkmal VERÄNDERUNGEN zeichnen sich keine Optimierungen ab. Die möglichen Veränderungen resultieren aus Anpassungen des „21st Century Code“, die jedoch bereits bei der Ermittlung berücksichtigt wurden. Es bleibt daher bei einer Einstufung auf 2,0.

Das Merkmal WAHRNEHMUNG schließt sich in der Einschätzung dem Vorgenannten an. Eine Optimierung wird nicht erkennbar. Es bleibt daher bei einer Einstufung auf 3,5.

Das Merkmal VERHALTEN weist mit 3,8 den höchsten Wert des Indikators auf. Die Höhe dieses Wertes ist von divergierenden Interessen, Sprachbarrieren, Regulierungen, Vertrauen und Konflikten geprägt. Ausgehend von der vorliegenden Situation eines öffentlichen Bauvorhabens sind diese Ausrichtungen aus aktueller Sicht und feststehenden Regularien wohl nicht veränderbar. Optimierungsansätze ließen sich beispielsweise durch Schaffen von vertrauensbildenden Maßnahmen und durch Einräumung von mehr Freiheitsgraden in kleineren Teams schaffen. Das planerische Konkurrenzverhalten und die Sprachbarrieren bleiben hingegen unverändert. Nach Einschätzung wäre die Komplexität bei den betroffenen Teilaspekten hierdurch um eine Stufe reduzierbar. Der Bemessungsansatz ergibt sich hiernach zu: konkurrierende planerische Unterschiede (unverändert = 3), Sprachbarrieren (unverändert = 3), kleine effektive Teams mit Freiheitsgraden (3), Vertrauensbildung (3) mehr Eigensteuerung (4), verringertes Konfliktpotenzial (3). Nach der Optimierung erfolgt eine Einstufung auf 3,2.

Das Merkmal UMWELT wird durch die abgeschirmte militärische Lage bestimmt, die ohne spürbare Auswirkungen auf die angrenzenden zivilen Stadtteile bleibt. Die Einschätzung bleibt in Summe daher unverändert bei 1,0.

Der spezifische Komplexitätsgrad  $K_{I\text{OBJEKT}}$  reduziert sich in Summe auf einen Wert von 2,6.

### 6.3.3 Optimierung $K_{I\text{NEUARTIGKEIT}}$

Der spezifische Komplexitätsgrad  $K_{I\text{NEUARTIGKEIT}}$  wurde in Kap. 6.2.3 mit 2,6 ermittelt.

Das Merkmal STRUKTUREN ergibt nach der Ermittlung in Kap. 6.2.3 den Wert 3,3. Die Teilaspekte beziehen sich im Wesentlichen auf den Innovationsbedarf, Standardisierung, Technologiebedarf, Vorfertigungsgrad und Marktüblichkeit. Der Innovationsbedarf wird durch den „21st Century Code“ bestimmt. Er ist beeinflussbar durch Hinzunahme von Spezialisten aus den USA, die dort Prototypen des neuen Schulsystems erstellt haben. Es erfolgt daher eine Reduzierung des Ursprungswertes um eine Stufe (3). Standardisierungsgrad (4), Vorfertigungsgrad (3) und Technologiebedarf (3) bleiben unverändert. Durch Einsatz der Spezialisten ließe sich der Bekanntheitsgrad der Verfahren (2) und die zu erwartenden Wechselwirkungen (3) jeweils um eine Stufe mindern, wogegen die Marktüblichkeit verbleibt (2). Nach der Optimierung erfolgt eine Einstufung auf 2,9.

Im Merkmal VERÄNDERUNGEN zeichnen sich keine Optimierungen ab. Die möglichen Veränderungen resultieren aus Anpassungen des „21st Century Code“, die jedoch bereits bei der Ermittlung berücksichtigt wurden. Es bleibt daher bei einer Einstufung auf 2,0.

Das Merkmal WAHRNEHMUNG korrespondiert mit den Aussagen zur STRUKTUR. Durch Einsatz von erfahrenen US-Spezialisten, die Prototypen des „21st Century Code“ erstellt haben, ließe sich eine Reduzierung der Bekanntheit um 2 Stufen auf (2) reduzieren. Der Innovationsgrad und Informationsbedarf ließe sich um 1 Stufe auf (2) reduzieren. Prozessabläufe (2), Produktionsabläufe (2) und Vernetzung (2) bleiben unverändert. Nach der Optimierung erfolgt eine Einstufung auf 2,0.

Das Merkmal VERHALTEN weist mit 4,1 den höchsten Wert des Indikators auf. Die Höhe dieses Wertes ist von Risiken, Rückkopplungen, Freiheitsgrade, Vertrauen, Budget und Konfliktpotenzial bestimmt. Konkurrierende planerische Vorstellungen ließen sich durch den Einsatz von erfahrenen Spezialisten verbessern, die eine höhere Ausgewogenheit der Risiken (2) und der Rückkopplungen (2) in der Objektrealisierung ermöglichen. Es erfolgt daher eine Reduzierung um eine Stufe. Steigerung der Freiheitsgrade durch kleine flexible Teams (3) und mehr Eigensteuerungsmöglichkeit (3) führen zur Reduzierung des Wertes um 2 Stufen. Vertrauensbildende Maßnahmen (3) ließen das Konfliktpotenzial sinken (3). Es erfolgt eine Reduzierung um eine Stufe. Ein eigenes Budget für Innovationen ist nicht vorhanden (5), daher bleibt der Wert unverändert. Nach der Optimierung erfolgt eine Einstufung auf 3,0.

Das Merkmal UMWELT wird durch die abgeschirmte militärische Lage bestimmt, die ohne spürbare Auswirkungen auf die angrenzenden zivilen Stadtteile bleibt. Die Einschätzung bleibt in Summe daher unverändert bei 1,0.

Der spezifische Komplexitätsgrad  $K_{I\text{NEUARTIGKEIT}}$  reduziert sich in Summe auf einen Wert von 2,2.

#### 6.3.4 Optimierung $K_{I\text{PROJEKT}}$

Der spezifische Komplexitätsgrad  $K_{I\text{PROJEKT}}$  wurde in Kap. 6.2.4 mit 2,4 ermittelt.

Das Merkmal STRUKTUREN ergibt nach der Ermittlung in Kap. 6.2.4 den Wert 3,0. Die Teilaspekte beziehen sich im Wesentlichen auf Anzahl und Varietät von Genehmigungsverfahren, Vertragsform, Standards, Planungs- und Ausführungsphasen, Prüfprozesse, Freigaben, Vernetzung und daraus resultierendes Konfliktpotenzial. Die bauplanungsrechtlichen Verfahren ergeben sich aus den gesetzlichen Rahmenbedingungen und sind nicht reduzierbar. Es bleibt somit bei der Einstufung Bauplanungsrecht (4) bzw. Baunebenrecht (5). Beeinflussbar wäre die Anzahl der Vergaben im Planungsbereich, da durch Generalplanereinsatz eine Teilbündelung möglich wäre, ohne jedoch auf Einzelvergaben generell verzichten zu können. Es erfolgt daher eine Abstufung auf (4). Die gewerblichen Vergaben sind bereits durch Pauschalierungen auf ein Minimum reduziert und auf Basis üblicher Standards aufgebaut. Daher bleibt die Einschätzung für das Objekt (1) und für die Außenanlagen und Erschließung (1) unverändert. Die Anzahl der Planungs- und Ausführungsphasen ließe die Zusammenfassung einer Phase zu, wobei dies keine Auswirkungen auf die Einstufung hätte (2). Prüfprozesse und Freigaben sind projektinterne Vorgaben und ließen eine Straffung zu. So wäre beispielsweise eine Reduzierung von Prüfvorgängen im Rahmen von „On Board Reviews“<sup>803</sup> durchaus möglich. Die Einstufung könnte um einen Wert reduziert werden (4). Vernetzungen (3) und Konfliktpotenzial bleiben unverändert (3). Nach der Optimierung erfolgt eine Einstufung auf 2,7.

Im Merkmal VERÄNDERUNGEN zeichnen sich keine Optimierungen ab, da sie ausschließlich auf mögliche baurechtliche Auflagen abzielen, die sich jedoch wahrscheinlich wenig auswirken (2). Es bleibt daher bei einer Einstufung auf 2,0.

Das Merkmal WAHRNEHMUNG korrespondiert mit den Aussagen zur STRUKTUR. Es lassen sich weder Reduzierungen im Bereich der Genehmigungsverfahren (3), Vertragsmodalitäten (2), Planungs- und Ausführungsphasen (2), Inhalten (3), Prüfprozesse und Freigaben (2), Vernetzungen (2) noch des Informationsbedarfs (3) vornehmen. Es bleibt daher bei einer Einstufung auf 2,4.

---

<sup>803</sup> On Board Review = Durchführung eines Prüfvorgangs ohne formelle Vorlage der Dokumente durch Abstimmung der Ergebnisse und Kommentierung zur Korrektur und Weiterbearbeitung



Das Merkmal VERHALTEN weist mit 3,6 den höchsten Einzelwert auf. Aufgabenteilung (3) mit hohem Koordinationsbedarf (4), mittlere Wechselwirkungen (3), mittleres Konfliktpotenzial (3), ausgewogene Risiken (3) und hohe Rückkopplungen (4) lassen sich nicht reduzieren und verbleiben beim gleichen Wert. Optimierungsansätze ließen sich beispielsweise durch Schaffen von vertrauensbildenden Maßnahmen und durch Einräumung von mehr Freiheitsgraden in kleineren Teams schaffen. Nach Einschätzung wäre die Komplexität bei den betroffenen Teilaspekten hierdurch um eine Stufe reduzierbar. Der Bemessungsansatz ergibt sich hiernach zu: Erhöhung der Freiheitsgrade (3), vertrauensbildende Maßnahmen (3) und erhöhte Eigensteuerungsanteile (4). Das mittlere Konfliktpotenzial bleibt bestehen (3) und die Projektdauer ist nach Erfahrungswerten nicht maßgeblich reduzierbar. (4). Nach der Optimierung erfolgt eine Einstufung auf 3,4.

Das Merkmal UMWELT wird durch die abgeschirmte militärische Lage bestimmt, die ohne spürbare Auswirkungen auf die angrenzenden zivilen Stadtteile bleibt. Die Einschätzung bleibt in Summe daher unverändert bei 1,0.

Der spezifische Komplexitätsgrad  $K_{I\text{PROJEKT}}$  reduziert sich in Summe auf einen Wert von 2,3.

### 6.3.5 Optimierung $K_{I\text{METHODIK}}$

Der spezifische Komplexitätsgrad  $K_{I\text{METHODIK}}$  wurde in Kap. 6.2.5 mit 3,4 ermittelt.

Das Merkmal STRUKTUREN ergibt nach der Ermittlung in Kap. 6.2.5 den Wert 3,2. Die Teilaspekte beziehen sich im Wesentlichen auf die Führungsstile, Entscheidungsprozesse, Methoden und Werkzeuge und die Verfügbarkeit einer PM-Unterstützung. Eine Optimierung ließe sich im Bereich der Führungssystematik durch die Bildung einer Sonderorganisation mit kooperativem Führungsstil erreichen. Hierdurch ließe sich die Einstufung einen Wert niedriger einstufen (4). Gleiches gilt für die hieraus mögliche Vereinfachung der Entscheidungsprozesse (4). Durch den Einsatz eines erfahrenen Projektsteuerungsteams (2) mit vielen Methoden und Werkzeugen (2) sowie Standards (2) und hinreichender Verfügbarkeit (2) lässt sich keine weitere Optimierung erkennen. Das Merkmal ergibt nach der Optimierung einen Wert von 2,7.

Im Merkmal VERÄNDERUNGEN zeichnen sich keine Optimierungen ab, da das System auf den nicht verhinderbaren Personalwechsel und somit einer sich verändernden Führungsmethodik (4) und Führungsverhalten (3) reagieren wird und somit keine Optimierung in diesem Bereich ermöglicht. Es bleibt daher bei einer Einstufung auf 3,5.

Das Merkmal WAHRNEHMUNG korrespondiert mit den Aussagen zur STRUKTUR. Durch Bildung einer Sonderorganisation ließen sich die Vernetzungen (2) und der Informationsfluss (2) erleichtern. Es erfolgt daher eine Reduzierung dieser Teilaspekte um einen Stufe. Hingegen bleiben die Methodik (2) und der Informationsbedarf (4) unverändert. Das Merkmal ergibt nach der Optimierung einen Wert von 2,5.

Das Merkmal VERHALTEN wird in seiner Höhe wesentlich durch sehr viele einseitige Risiken, stringente Führungsstile und geringe Freiräume zur Eigensteuerung bestimmt. Optimierungsansätze ließen sich auch hier durch die Gründung einer Sonderorganisation mit mehr Freiheitsgraden und vertrauensbildenden Maßnahmen (z. B. Workshops oder Teambuilding) hinsichtlich gemeinsamer Interessen auf die Ziele und einem kooperativen Führungsstil erreichen. Weiterhin würden mehr ausgewogene Rückkopplungen und mehr Eigensteuerung auftreten. Die Dynamik in den Teams würde sich verringern und somit auch das Konfliktpotenzial sinken. Nach Einschätzung wird die Komplexität hierdurch in allen Teilaspekten um eine Stufe reduzierbar. Der Bemessungsansatz ergibt sich hierdurch zu: Führung

(4), Methodik (4), Rückkopplungen (3) Eigensteuerung (4), Teamdynamik (3) und Konfliktpotenzial (3). Das Merkmal ergibt nach der Optimierung einen Wert von 3,5.

Das Merkmal UMWELT wird durch die abgeschirmte militärische Lage bestimmt, die ohne spürbare Auswirkungen auf die angrenzenden zivilen Stadtteile oder anderer möglicher Betroffener bleibt. Die Einschätzung bleibt in Summe daher unverändert bei 1,3.

Der spezifische Komplexitätsgrad  $K_{I\text{METHODIK}}$  reduziert sich in Summe auf einen Wert von 2,7.

### 6.3.6 Optimierung $K_{I\text{ORGANISATION}}$

Der spezifische Komplexitätsgrad  $K_{I\text{ORGANISATION}}$  wurde in Kap. 6.2.6 mit 3,3 ermittelt.

Das Merkmal STRUKTUREN ergibt nach der Ermittlung in Kap. 6.2.6 den Wert 3,2. Die Teilaspekte beziehen sich im Wesentlichen auf Schnittstellen, Hierarchieebenen, Projektkosten und Projektdauer. Optimierungspotenzial ist vorhanden. Die beteiligten Planerfelder lassen sich nicht verändern, jedoch wäre eine Bündelung und somit eine Reduzierung um mind. eine Stufe durch den Einsatz von Generalplanern möglich (4). Bei den gewerblichen Leistungen wurde dies bereits umgesetzt, so dass sich die Einstufung nicht verändert (1). Die Entscheidungsebenen ließen sich durch Bildung einer Sonderorganisation reduzieren, so dass die Einstufung einen Wert geringer würde (2). Gesamtprojektdauer (4) und –kosten (3) sind nicht weiter optimierbar. Die Einstufung bleibt erhalten. Das Merkmal ergibt nach der Optimierung einen Wert von 2,8.

Im Merkmal VERÄNDERUNGEN zeichnen sich keine Optimierungen ab, da sie auf den nicht verhinderbaren Personalwechsel (4) und damit organisatorischen Anpassungen (4) keinen Einfluss nehmen können. Es bleibt daher bei einer Einstufung auf 4,0.

Das Merkmal WAHRNEHMUNG korrespondiert mit den Aussagen zur STRUKTUR. Durch einen höheren Generalplanereinsatz steigt die Wahrscheinlichkeit, dass sich die Planungsbeteiligten im Wesentlichen aus teilweise untereinander bekannten Beteiligten zusammensetzen. Dies ermöglicht eine Einstufung auf (2). Der Einsatz von Freelancern würde dadurch begrenzt um eine Stufe (3), die Bauherrenseite ist nicht weiter optimierbar (2). Die Aufgabenverteilung sinkt von komplex zu kompliziert (2), die Aufbaustruktur wird weniger komplex (3) und der Informationsbedarf könnte um mind. 1 Stufe verringert werden (4). Das Merkmal ergibt nach der Optimierung einen Wert von 2,7.

Das Merkmal VERHALTEN wird in seiner Höhe wesentlich durch Informationsüberflutung durch zielabweichendes Verhalten, hohe einseitige Rückkopplungen, geringer Eigensteuerung und hohem Konfliktpotenzial bestimmt. Durch den teilweisen Einsatz von Generalplanern kommt es zu einer geringeren Informationsmenge (4), die Rückkopplungen werden ausgewogener (3), es besteht mehr Freiraum zur Eigensteuerung (3) und das Konfliktpotenzial sinkt (3). Die Einstufung lässt sich daher in jedem Teilaspekt um 1 Stufe mindern. Das Merkmal ergibt nach der Optimierung einen Wert von 3,3.

Das Merkmal UMWELT wird durch die abgeschirmte militärische Lage bestimmt, die ohne spürbare Auswirkungen auf die angrenzenden zivilen Stadtteile oder anderer möglicher Betroffener bleibt. Die Einschätzung bleibt in Summe daher unverändert bei 1,3.

Der spezifische Komplexitätsgrad  $K_{I\text{ORGANISATION}}$  reduziert sich in Summe auf einen Wert von 2,8.

### 6.3.7 Optimierung $K_{I, \text{RESSOURCEN}}$

Der spezifische Komplexitätsgrad  $K_{I, \text{RESSOURCEN}}$  wurde in Kap. 6.2.7 mit 3,2 ermittelt.

Das Merkmal STRUKTUREN ergibt nach der Ermittlung in Kap. 6.2.7 ebenfalls den Wert 3,2. Die Teilaspekte beziehen sich im Wesentlichen auf die Anzahl und Varietät der Teams, Besprechungsmanagement, Finanzierungsquellen, Verfügbarkeit, Kompetenz, Kommunikation und Identifikation. Keine Optimierungsansätze werden bei den Teams (3), der Teamorganisation (2), Besprechungsmanagement (3), Finanzierungsquelle (1), Mittelbereitstellung (4) gesehen. Eine höhere Ressourcenverfügbarkeit (2) und Kompetenz auf der Planer- und Ausführungsseite ließe sich durch Ausschöpfung der vertraglichen Möglichkeiten im Sinne höherer Chancen und geringerer Risiken (2) erreichen. Die Einstufungen erfolgen in diesem Fall um jeweils eine Stufe niedriger. Die Qualität und Kompetenz der Beteiligten auf der Bauherrenseite ist nur bedingt zu optimieren, wobei über eine Einschätzung der Komplexität des Projektes über dieses Modell sich den Bauherren die Möglichkeit bietet, für dieses Bauvorhaben entsprechend qualifiziertes Personal einzusetzen. Daher ist eine Reduzierung um eine Stufe möglich (3). Mit höherer Qualität und Verfügbarkeit der Beteiligten werden die Kommunikationsbeziehungen weniger komplex (3), die Strukturierung ließe sich um mind. 2 Stufen verbessern (2) und eine höhere Identifikation der Beteiligten mit dem Projekt könnte durch ein Projektmarketing erreicht werden (2). Das Merkmal ergibt nach der Optimierung einen Wert von 2,5.

Im Merkmal VERÄNDERUNGEN zeichnen sich keine Optimierungen ab, da sie auf den nicht verhinderbaren Personalwechsel (4) und damit organisatorischen Anpassungen (4) keinen Einfluss nehmen können. Es bleibt daher bei einer Einstufung auf 4,0.

Das Merkmal WAHRNEHMUNG korrespondiert mit den Aussagen zur STRUKTUR. Durch einen höheren Generalplanereinsatz steigt die Wahrscheinlichkeit, dass sich die Planungsbeteiligten im Wesentlichen aus teilweise untereinander bekannten Beteiligten zusammensetzen. Dies ermöglicht eine Einstufung auf (2). Die Teams auf der Bauherrenseite sind bereits teilweise bekannt, daher unverändert (2), die Transparenz wird sich durch Generalplaner nicht weiter verbessern (4), jedoch könnte durch den teilweisen Einsatz einer Sensitivitätsanalyse eine Verbesserung um 2 Stufen erfolgen (3). Dies würde auch zu definierten Lösungsansätzen im Konfliktmanagement führen und somit eine Verbesserung in diesem Bereich (3) und auch im Bereich der Zusammenarbeit und des Vertrauens schaffen (3). Die Umsetzung (1) des Besprechungsmanagements (1) bleibt unverändert. Die Zufriedenheit würde gestärkt (2) und die Stressanfälligkeit reduziert (2). Informationsfluss (2) und Transparenz der Informationstiefe bleiben unverändert (3). Das Merkmal ergibt nach der Optimierung einen Wert von 2,3.

Das Merkmal VERHALTEN wird in seiner Höhe wesentlich durch Risiken der Ressourcenrelationen, Rückkopplungen, Eigensteuerung und daraus resultierendem Konfliktpotenzial geprägt. Durch den teilweisen Einsatz von Generalplanern bleiben Verhaltensmuster der Beteiligten verborgen, so dass der Wert der Ressourcenrelationen unverändert bleibt (5). Die Zusammenarbeit in den Teams lässt sich jedoch durch höhere Identifikation mit dem Team und der Aufgabe verbessern, sodass eine Reduzierung der Werte für Rückkopplungen (3), Eigensteuerung (3) und Konfliktpotenzial (3) um eine Stufe erfolgen kann. Das Merkmal ergibt nach der Optimierung einen Wert von 2,8.

Das Merkmal UMWELT wird durch die abgeschirmte militärische Lage bestimmt, die ohne spürbare Auswirkungen auf die angrenzenden zivilen Stadtteile oder anderer möglicher Betroffener bleibt. Die Einschätzung bleibt in Summe daher unverändert bei 1,3.

Der spezifische Komplexitätsgrad  $K_{I, \text{RESSOURCEN}}$  reduziert sich in Summe auf einen Wert von 2,6.

### 6.3.8 Optimierung $K_{I\text{ KULTUR}}$

Der spezifische Komplexitätsgrad  $K_{I\text{ KULTUR}}$  wurde in Kap. 6.2.8 mit 2,6 ermittelt.

Das Merkmal STRUKTUREN ergibt nach der Ermittlung in Kap. 6.2.8 den Wert 2,8. Die Teilaspekte beziehen sich im Wesentlichen auf die Anzahl und Varietät der beteiligten Kulturen, das Beziehungsgefüge und daraus resultierenden Wechselwirkungen, sowie die regionale Entfernung zwischen den Beteiligten. Die beteiligten Länder (2), deren Kultur (2) und die sich daraus ergebenden Einflüsse auf Beziehung (3) und Rückkopplung (3) sowie die räumliche Distanz (4) sind fixiert und nicht veränderbar. Optimierungspotenzial ergibt sich hier nicht. Die bisherige Einstufung verbleibt daher bei 2,8.

Im Merkmal VERÄNDERUNGEN zeichnen sich keine Optimierungen ab, da sie auf den nicht verhinderbaren Personalwechsel und die damit verbundene kulturelle Vielfalt keinen Einfluss nehmen können. Es bleibt daher bei einer Einstufung auf 1,5.

Das Merkmal WAHRNEHMUNG korrespondiert mit den Aussagen zur STRUKTUR. Durch einen höheren Generalplanereinsatz steigt die Wahrscheinlichkeit, dass sich die Planungsbeteiligten im Wesentlichen aus teilweise untereinander bekannten Beteiligten zusammensetzen. Dies ermöglicht eine Einstufung auf (2) bei der Planer- und Ausführungsseite, bleibt jedoch für die Bauherrenseite (2) unverändert. Die Transparenz wird sich durch Generalplaner nicht weiter verbessern (4), jedoch könnte durch den teilweisen Einsatz einer Sensitivitätsanalyse eine Verbesserung um 2 Stufen erfolgen (3). Der Einsatz medialer Kommunikationstechnik würde die Einstufung um einen Wert reduzieren (3). Über eine Einschätzung der Komplexität dieses Bauvorhabens nach dem vorliegenden Modell bietet sich Bauherren die Möglichkeit, multikulturell erfahrenes Personal einzusetzen, und somit reduziert sich der Wert um eine Stufe (2), gleichzeitig erhöht diese Maßnahme das gegenseitige Vertrauen, was ebenfalls zu einer Verminderung um einen Wert führt (3). Das Merkmal ergibt nach der Optimierung einen Wert von 3,1.

Das Merkmal VERHALTEN wird in seiner Höhe wesentlich durch Risiken der kulturellen Ressourcenrelationen, Rückkopplungen, Eigensteuerung und daraus resultierendes Konfliktpotenzial geprägt. Die Risiken der kulturellen Ressourcenrelationen könnten durch den Einsatz multikulturell erfahrener und sprachkompetenter Beteiligter die Einstufung um eine Stufe reduzieren (4), was sich ebenfalls auf die Rückkopplungen (3), Eigensteuerung (3) und das Konfliktpotenzial (3) um eine Stufe mindernd auswirken würde. Der begrenzte Einsatz eines systemischen Managements in kritischen Bereichen würde die Einstufung um mind. 2 Einheiten reduzieren (3). Das Merkmal ergibt nach der Optimierung einen Wert von 3,2.

Das Merkmal UMWELT wird durch die abgeschirmte militärische Lage bestimmt, die ohne spürbare Auswirkungen auf die angrenzenden zivilen Stadtteile oder anderer möglicher Betroffener bleibt. Die Einschätzung bleibt in Summe daher unverändert bei 1,0.

Der spezifische Komplexitätsgrad  $K_{I\text{ KULTUR}}$  reduziert sich in Summe auf einen Wert von 2,3.

### 6.3.9 Optimierung $K_{I\text{ CHANCEN/RISIKEN}}$

Der spezifische Komplexitätsgrad  $K_{I\text{ CHANCEN/RISIKEN}}$  wurde in Kap. 6.2.9 mit 2,7 ermittelt.

Das Merkmal STRUKTUREN ergibt nach der Ermittlung in Kap. 6.2.9 den Wert 2,1. Die Teilaspekte beziehen sich im Wesentlichen auf die vorliegenden Risikoklassen, Vertragsgestaltung, Pönalen und mögliche Chancen. Die über das Risikomanagement bewerteten Risiken wurden erkannt und behandelt, eine Reduzierung ist nicht erkennbar (2). Die Anzahl der Verträge und Vereinbarungen ließe sich durch Bündelung über Generalplaner noch reduzieren und somit die Bewertung um eine Stufe min-

dern (3), wobei bereits Standardverträge verwendet werden (2). Pönalen werden nicht vereinbart (1) und die erreichbaren Chancen hoch eingeschätzt (1,5), sodass hier keine Reduzierung der Werte möglich ist. Die optimierte Einstufung ergibt somit einen Wert von 1,9.

Im Merkmal VERÄNDERUNGEN zeichnen sich keine Optimierungen ab, da bereits nur geringe Wechselwirkungen erwartet werden (2). Gleiches gilt auch für mögliche Veränderungen von Eintrittswahrscheinlichkeiten (3) und Veränderungen der Unsicherheiten (2). Hier bleibt die Bewertung unverändert mit 2,3.

Das Merkmal WAHRNEHMUNG korrespondiert mit den Aussagen zur STRUKTUR. Zwar liegt über das eingesetzte nicht monetäre Risikomanagement teilweise eine Risikoeinschätzung vor, jedoch wäre hier ein qualifiziertes und akzeptiertes monetäres Risikomanagementsystem mit höherer Wahrscheinlichkeit zur Durchführung kooperativer Lösungsansätze zu empfehlen. Die Einstufung ließe sich um zwei Werte auf (2) reduzieren. Weiterhin würden hierdurch der Informationsfluss und die Kommunikationsfähigkeit verbessert (3) und eine Verbesserung der Zusammenarbeit wäre erkennbar (3). Beide Teilaspekte können daher um eine Stufe reduziert werden. Das Merkmal ergibt nach der Optimierung einen Wert von 2,7.

Das Merkmal VERHALTEN wird in seiner Höhe ebenfalls durch die Art und Akzeptanz des Umgangs mit Risiken und Chancen bestimmt. Durch ein qualifiziertes und akzeptiertes monetäres Risikomanagementsystem würde sich die Ausgewogenheit der Rückkopplungen um eine Stufe verringern (2). Die Freiheitsgrade (4) und das Vertrauen (3) würden gestärkt und könnten somit einen Wert tiefer eingestuft werden. Eigensteuerungspotenzial (4), Konfliktverhalten (3), Risikobehandlung (1), Entscheidungsfindung (3), Qualität der Auftraggeber (2) und Standardisierung der Verträge (2) bleiben in ihrer Einstufung unverändert. Das Merkmal ergibt nach der Optimierung einen Wert von 2,7.

Das Merkmal UMWELT wird durch die abgeschirmte militärische Lage bestimmt, die ohne spürbare Auswirkungen auf die angrenzenden zivilen Stadtteile oder anderer möglicher Betroffener bleibt. Die Einschätzung bleibt in Summe daher unverändert bei 1,5.

Der spezifische Komplexitätsgrad  $K_{I\text{CHANCEN}/\text{RISIKEN}}$  reduziert sich in Summe auf einen Wert von 2,2.

### 6.3.10 Optimierung $K_{I\text{UMFELD}}$

Der spezifische Komplexitätsgrad  $K_{I\text{UMFELD}}$  wurde in Kap. 6.2.10 mit 1,7 ermittelt.

Das Merkmal STRUKTUREN ergibt nach der Ermittlung in Kap. 6.2.10 den Wert 2,0. Die Teilaspekte beziehen sich im Wesentlichen auf die Anzahl und Varietät der beteiligten Stakeholdergruppierungen, Einflussnahmen und Transparenz des Umfelds und normativen Rahmenbedingungen. Stakeholdergruppierungen (1), Risiken durch Einflussnahme von außen (1) und Transparenz des Umfelds (1) sind in der Einschätzung bereits mit dem Minimum eingestuft, sodass keine Reduzierung mehr möglich ist. Die normativen Rahmenbedingungen (4) und die Anzahl der durchzuführenden Routineaufgaben (3) sind ebenfalls nicht zu begrenzen, sodass auch hier die Einstufung der Höhe nach bleibt. Die bisherige Bewertung verbleibt daher unverändert bei 2,0.

Im Merkmal VERÄNDERUNGEN sind keine Optimierungen erkennbar, da die Einschätzungen bereits an der unteren Stufe liegen und nicht weiter abstufbar sind. Der Wert bleibt daher unverändert auf 1,4.

Das Merkmal WAHRNEHMUNG korrespondiert mit den Aussagen zur STRUKTUR. Nach der Ersteinschätzung ist ein Stakeholdermanagementsystem nicht erforderlich (1) und ein Projektmarketing ist nicht beabsichtigt (1). Daher bleibt die Einstufung in diesen Teilaspekten unverändert. Würde dennoch

ein Stakeholdermanagement und/oder ein Projektmarketing eingeschaltet, ließe sich die Transparenz im Umgang mit den Stakeholdern weiter verbessern und könnte bis auf den Wert (1) reduziert werden. Die Merkmalsbewertung reduziert sich hierdurch auf 1,0.

Das Merkmal VERHALTEN wird in seiner Höhe wesentlich durch Rückkopplungen, Vertrauen, Eigensteuerung, Kooperation, Konfliktpotenzial und Qualität der Stakeholder geprägt. Insgesamt wird mit sehr wenig Konfliktpotenzial gerechnet, sodass die gewählte Einstufung (1) verbleibt. Die Qualität der Stakeholder (3), deren Kooperation (3) und die Möglichkeit der Eigensteuerung (3) wurden als mittel eingestuft und lassen sich nicht beeinflussen. Würden dennoch ein Stakeholdermanagement und/oder ein Projektmarketing ergänzend eingeschaltet, wäre eine höhere ausgewogene Rückkopplung (1) und höheres Vertrauen (1) zu erwarten. Die Einstufung lässt sich daher in diesen Teilaspekten um 1 Stufe mindern. Das Merkmal ergibt nach der Optimierung einen Wert von 2,0.

#### UMWELT

Durch die abgeschirmte militärische Lage, die zivile Nutzung ohne spürbare Auswirkungen auf die angrenzenden zivilen Stadtteile und die geringen Eingriffe in die Natur liegen die Einschätzungen bereits an der unteren Stufe und sind daher nicht weiter abstufbar. Der Wert bleibt daher unverändert auf 1,0.

Der spezifische Komplexitätsgrad  $K_{IUMFELD}$  reduziert sich in Summe auf einen Wert von 1,5.

#### 6.3.11 Optimierung $K_M$ und $K_B$

Die Ergebnisse der Optimierung der spezifischen Komplexitätsgrade  $K_I$  für die untersuchten zehn Indikatoren sind in nachfolgender Tabelle zusammengefasst:

GRAD DER KOMPLEXITÄT ( $K_B$ ) (Optimierung)												2,4	2,7
INDIKATOR	MERKMAL										Spezifischer Komplexitätsgrad (Indikator) ( $K_{I OPTIMIERT}$ )	Spezifischer Komplexitätsgrad (Indikator) ( $K_I$ )	
	1		2		3		4		5				
	STRUKTUREN (OPTIMIERT)	STRUKTUREN	VERÄNDERUNGEN (OPTIMIERT)	VERÄNDERUNGEN	WAHRNEHMUNG (OPTIMIERT)	WAHRNEHMUNG	VERHALTEN (OPTIMIERT)	VERHALTEN	UMWELT (OPTIMIERT)	UMWELT			
1 ZIELE	2,5	2,5	1,7	1,7	3,8	3,8	<b>3,7</b>	4,5	2,0	2,0	<b>2,7</b>	2,9	
2 OBJEKT	3,2	3,2	2,0	2,0	<b>3,2</b>	3,5	3,8	3,8	1,0	1,0	<b>2,6</b>	2,7	
3 NEUARTIGKEIT	<b>2,9</b>	3,3	2,0	2,0	<b>2,0</b>	2,7	<b>3,0</b>	4,1	1,0	1,0	<b>2,2</b>	2,6	
4 PROJEKT	<b>2,7</b>	3,0	2,0	2,0	2,4	2,4	<b>3,4</b>	3,6	1,0	1,0	<b>2,3</b>	2,4	
5 METHODIK	<b>2,7</b>	3,2	3,5	3,5	<b>2,5</b>	3,0	<b>3,5</b>	4,5	1,3	1,3	<b>2,7</b>	3,4	
6 ORGANISATION	<b>2,8</b>	3,2	4,0	4,0	<b>2,7</b>	3,7	<b>3,3</b>	4,3	1,3	1,3	<b>2,8</b>	3,3	
7 RESSOURCEN	<b>2,5</b>	3,2	4,0	4,0	<b>2,3</b>	3,0	<b>2,8</b>	4,3	1,3	1,3	<b>2,6</b>	3,2	
8 KULTUR	2,8	2,8	1,5	1,5	<b>3,1</b>	3,6	<b>3,2</b>	4,3	1,0	1,0	<b>2,3</b>	2,6	
9 CHANCEN/RISIKEN	<b>1,9</b>	2,1	2,3	2,3	<b>2,7</b>	4,0	<b>2,7</b>	3,4	1,5	1,5	<b>2,2</b>	2,7	
10 UMFELD	2,0	2,0	1,4	1,4	1,0	1,7	2,0	2,3	1,0	1,0	<b>1,5</b>	1,7	
Spezifischer Komplexitätsgrad (Merkmal) ( $K_M$ )	<b>2,6</b>	2,9	<b>2,4</b>	2,4	<b>2,6</b>	3,2	<b>3,1</b>	3,8	<b>1,2</b>	1,2			

Tab. 43: Komplexität Merkmale und Grad der Komplexität  $K_M$  und  $K_B$  aus Optimierung

Der projektspezifische Komplexitätsgrad für große Bauvorhaben  $K_B$  reduziert sich nach Optimierung von 2,7 auf 2,4.

Das gesamte Bauvorhaben lässt sich somit durch den Optimierungsvorgang von einer tendenziell dynamisch komplexen Baumaßnahme und einer mittleren Komplexität zu einem periodisch komplizierten Projekt geringer Komplexität einstufen. Dieses Projekt ist zwar in Teilen immer noch komplex, jedoch

durchaus besser beherrschbar. Für die Steuerung dieses Bauvorhabens werden Beteiligte mit Erfahrung weiterhin empfohlen, wobei dies nicht in allen Organisationsbereichen erforderlich sein wird.

Die spezifischen Komplexitätsgrade der komplexitätsbezogenen Merkmale variieren nach der Optimierung zwischen  $K_M = 1,2$  bis  $3,1$  und verändern sich somit um  $\pm 0$  bis  $0,7$  gegenüber der Erstbewertung von  $K_M = 1,2$  bis  $3,8$ . Die Merkmale der Strukturen, Wahrnehmung und des Verhaltens liegen weiterhin oberhalb des Durchschnitts und sind die treibenden Werte der Komplexität des Bauvorhabens auch nach der Optimierung.

### 6.3.12 Zusammenfassung der Optimierungspotenziale

Im Merkmal STRUKTUREN konnte durch Optimierung die Einstufung von  $2,9$  auf  $2,6$  ( $-0,3$ ) reduziert werden. Optimierungen konnten in Anzahl und Varietät der Teilaspekte: Innovationsbedarf, Bekanntheitsgrad, Wechselwirkungen, baurechtliche Verfahren, Planervielfalt, Unternehmervielfalt, Leistungsphasen, Prüfprozesse, Freigaben, Führung, Entscheidungsprozesse, Projektsteuerung, Ressourcenverfügbarkeit, Qualität der Beteiligten, mehr Chancen bei geringeren Risiken, Auftraggeberqualität, Kommunikation, Strukturierung, Identifikation und standardisierte übliche Verträge erzielt werden.

Keine Optimierungen im Merkmal STRUKTUREN ließen sich in Anzahl und Varietät der Teilaspekte: Ziele, Objektstruktur, Standortbedingungen, Standardisierung, Vorfertigungsgrad, Technologiebedarf, Marktüblichkeit, Vernetzungen, Konfliktpotenzial, Gesamtdauer, Gesamtkosten, Teams, Teamorganisation, Besprechungsmanagement, Finanzierungsquellen, Mittelbereitstellung, Länderbeteiligung, Kulturen, Beziehungen, Rückkopplungen, räumliche Distanz, Stakeholdergruppierungen, Risiken durch Einflussnahme von außen, Transparenz des Umfelds, normative Rahmenbedingungen, durchzuführende Routineaufgaben, erreichen.

Folgende Optimierungen führten in der Fallstudie zur Reduzierung der Einstufung im Merkmal STRUKTUREN:

- Bildung einer Sonderorganisation
- Einsatz eines Projektmarketings
- Einsatz eines qualifizierten Risikomanagements
- Einsatz erfahrener Spezialisten
- Hinreichende Verfügbarkeit von erfahrenen Projektsteuerungsteams
- On-Board-Reviews
- Teilweiser Generalplanereinsatz
- Teilweiser Generalunternehmereinsatz

Im Merkmal VERÄNDERUNGEN konnten in keinem der Indikatoren Optimierungsansätze gefunden werden, sodass die Einstufung unverändert auf  $2,4$  verbleibt. Eine mögliche Begründung hierfür liegt in der generell niedrigen Ersteinstufung, die mögliches Veränderungspotenzial bereits berücksichtigt und eine weitere Abstufung sich daher nicht darstellen lässt.

Im Merkmal WAHRNEHMUNG konnte durch Optimierung die Einstufung von  $3,2$  auf  $2,6$  ( $-0,6$ ) reduziert werden. Optimierungen konnten in folgenden Teilaspekten erzielt werden: Innovation, Bekanntheitsgrad, Innovationsgrad, Informationsbedarf, Informationsfluss, Aufgabenverteilung, Aufbaustruktur, Teambildung, Sensitivitätsanalyse, Konfliktmanagement, Vertrauensbildung, Zufriedenheit, Stressanfälligkeit, mediale Kommunikationstechnik, multikulturelle Erfahrungen, Risikomanagementsystem, Stakeholdermanagementsystem und Projektmarketing.

Keine Optimierungen im Merkmal WAHRNEHMUNG ließen sich in den Teilaspekten: Bedarfsanforderung („21st Century Code“), Zielverknüpfungen, Prozessabläufe, Produktionsabläufe, Vernetzung, Genehmigungsverfahren, Vertragsmodalitäten, Planungs- und Ausführungsphasen, Inhalten, Prüfprozesse, Freigaben, Vernetzungen, Methodik, Auftraggeberqualität, Transparenz und im Besprechungsmanagement erreichen.

Folgende Optimierungen führten in der Fallstudie zur Reduzierung der Einstufung im Merkmal WAHRNEHMUNG:

- Bildung einer Sonderorganisation
- Durchführung einer Sensitivitätsanalyse
- Einsatz eines Projektmarketings
- Einsatz eines qualifizierten Risikomanagements
- Einsatz eines Stakeholdermanagements
- Einsatz multikulturell erfahrener Teams
- Einsatz untereinander bekannter Teams
- Einsatz erfahrener Spezialisten
- Teilweiser Generalplanereinsatz
- Verringerung von Freelancern
- Verwendung medialer Kommunikationstechnik

Im Merkmal VERHALTEN konnte durch Optimierung die Einstufung von 3,8 auf 3,1 (-0,7) reduziert werden. Optimierungen konnten in Anzahl und Varietät der Teilaspekte: Freiheitsgrade, Eigensteuerung, vertrauensbildende Maßnahmen, Risikoallokation, divergierende Interessen, Sprachbarrieren, Erfahrungsgrad, Konfliktpotenzial, Teamgröße, Teamdynamik, Rückkopplungen, Führung, Methodik, Informationsmenge, Ressourcenrelationen, Identifikation und der Umgang mit Risiken und Chancen erzielt werden.

Keine Optimierung im Merkmal VERHALTEN konnte in den Teilaspekten: planerisches Konkurrenzverhalten, Budget für Innovationen, Aufgabenteilung, Wechselwirkungen, Konfliktpotenzial, Risiken, Auftraggeberqualität, Entscheidungsmanagement, Standardisierung, Stakeholderqualität und Kooperationsverhalten erzielt werden.

Folgende Optimierungen führten in der Fallstudie zur Reduzierung der Einstufung im Merkmal VERHALTEN:

- Bildung einer Sonderorganisation
- Einsatz vertrauensbildender Maßnahmen (z. B. Workshops oder Teambuilding)
- Bildung kleiner effektiver Teams mit Freiheitsgraden
- Einsatz erfahrener Spezialisten
- Einsatz multikulturell erfahrener Teams
- Teilweiser Einsatz eines systemischen Managements
- Einsatz eines Projektmarketings
- Einsatz eines qualifizierten Risikomanagements
- Einsatz eines Stakeholdermanagements

Im Merkmal UMFELD konnten in keinem der Indikatoren Optimierungsansätze gefunden werden, sodass die Einstufung unverändert auf 1,2 verbleibt. Eine mögliche Begründung hierfür liegt in der generell niedrigen Ersteinstuflung, die mögliches Veränderungspotenzial bereits berücksichtigt und eine weitere Abstufung sich daher nicht darstellen lässt.



Zusammenfassend ist festzustellen, dass in den Merkmalen UMWELT (1,2) und VERÄNDERUNGEN (2,4) keine Optimierungspotenziale innerhalb der Fallstudie ermittelt werden konnten. Die höchsten Optimierungswerte waren in den Merkmalen VERHALTEN (-0,7) und WAHRNEHMUNG (-0,6) zu erreichen. Das Merkmal STRUKTUREN konnte eine leichte Optimierung (-0,3) erfahren.

Im Ergebnis ist erkennbar, dass sich an den strukturellen Merkmalen, den dynamischen Veränderungen und den systemrelevanten Umweltbedingungen das geringste Optimierungspotenzial erzielen lässt. Hohe Optimierungen lassen sich im Bereich der wahrnehmungs- und verhaltensorientierten Merkmale erzielen.

Die Fallstudie zeigt, dass das Modell der indikatorenbezogenen Komplexitätsbetrachtung sich auf Bauvorhaben anwenden lässt und zu schlüssigen Ergebnissen führt. Die jeweiligen Einschätzungen aus Sicht des Betrachters sind jedoch vom Erfahrungsgrad des Anwenders abhängig. Optimierungspotenzial lässt sich erzielen, wobei die Höhe der möglichen Optimierungen vom jeweiligen Bauvorhaben und den sich dort zu realisierenden Potenzialen abhängig ist.



## 7 Fazit und Ausblick

*„A good systems thinker, particularly in an organizational setting, is someone who can see four levels operating simultaneously: events, patterns of behavior, systems, and mental models“<sup>804 805</sup>*

### 7.1 Zusammenfassung und Beantwortung der Forschungsfragen

Diese Forschungsarbeit betrachtet den Zusammenhang zwischen der wahrgenommenen Zunahme nicht zielgerecht laufender Bauvorhaben und der Frage, ob dies eine Folge zunehmender Komplexität sein kann. Ein Projekt besser steuern zu können und somit zielgerichtet zu führen, bedeutet für den Betrachter, mögliche Auswirkungen frühzeitig zu erkennen, zu messen und zu bewerten („Diagnose“), durch Bewertung von Indikatoren vorzubeugen („Prävention“) und die Beherrschbarkeit durch gezielten Einsatz geeigneter Maßnahmen („Therapie“) zu verbessern. Zur Lösung dieser Zielsetzung wurde folgender Forschungsfrage nachgegangen:

Durch welchen theoretischen Ansatz bzw. welche Vorgehensweise kann ein angemessener Umgang mit Komplexität im Bauprojektmanagement erreicht und damit zur besseren Beschreibung, Erklärung und Prognose der Steuerbarkeit eines Bauvorhabens sowie der individuellen Elemente beigetragen werden und kann im Besonderen unter Einbeziehung komplexitätswissenschaftlicher Ansätze eine bessere Handhabung von Komplexität die Zielerreichung von Bauvorhaben sicherstellen?

Aus den einleitenden Zielen und der übergreifenden Forschungsfrage leiten sich Teilaspekte ab, die in folgenden Teilfragen vertiefend untersucht wurden:

1. Welches sind die charakterisierenden Eigenschaften von Komplexität und worin besteht die Schwierigkeit in der Wahrnehmung von Komplexität?
2. Durch welche Indikatoren wird Komplexität in Bauvorhaben erkennbar?
3. Lässt sich ein Bewertungsmaßstab durch Gewichtung der Indikatoren finden und in einem vereinfachten Verfahren der Komplexitätsgrad bestimmen?
4. Kann ein komplexes Bauvorhaben modelliert und dadurch der Umgang mit Komplexität vereinfacht werden?

Das **Kapitel 2** „Systeme und Komplexität“ setzt sich mit der Frage nach einer allgemein gültigen Definition von Komplexität auseinander und betrachtet hierzu die historische Entwicklung der Komplexitätswissenschaften, und auch die notwendige Begriffsabgrenzung zu den verschiedenen wissenschaftlichen Monodisziplinen und deren Übertragung in eine multidisziplinäre Betrachtungswelt der Komplexitätstheorie.

---

<sup>804</sup> Vgl. Senge, P. M. (1994), S. 97

<sup>805</sup> Freie Übersetzung: Ein guter systemischer Denker, insbesondere innerhalb von Organisationen, ist jemand, der vier Ebenen simultan wahrnehmen kann: Ereignisse, Verhaltensmuster, Systeme und mentale Modelle.

Es erfolgt eine Einführung in die Systemtheorie mit der Definition wesentlicher Bestandteile, das Entstehen von Komplexität in Systemen sowie eine erste Annäherung an Systemeigenschaften und Gewichtung von Komplexität.

Im Folgenden findet ein Vergleich zwischen den verschiedenen Herangehensweisen in der Betrachtung von Komplexität statt. So wird einerseits die Theorie der Komplexitätsbejahung von ASHBY<sup>806</sup> – Nur Komplexität kann Komplexität absorbieren – und die LUHMANN'sche<sup>807</sup> Theorie der Komplexitätsverneinung – Nur Selektion reduziert Komplexität – untersucht und verglichen.

Das Kapitel schließt ab mit der Feststellung, dass Organisationen jeglicher Art – also auch Bauvorhaben – alle Bestandteile von Systemen aufweisen und somit die gleichen Grundsätze der Betrachtung und Bewertung von Komplexität zugrunde gelegt werden können.

**Kapitel 3** „Berechenbarkeit, Wahrnehmung und Eigenschaften von Komplexität“ geht in Betrachtung dieser Teilaspekte auf die Beantwortung der 1. Forschungsfrage ein:

1. „Welches sind die charakterisierenden Eigenschaften von Komplexität und worin besteht die Schwierigkeit in der Wahrnehmung von Komplexität?“

Die **Berechenbarkeit** wird anhand mathematischer Modelle untersucht und anhand der Anzahl und Vernetzung von Elementen ein Grad der Komplexität (Varietät) ermittelt. Die Varietät lässt theoretisch eine Berechnung von Komplexität zu und zeigt mögliche Phasenübergänge zwischen Komplexität und Chaos auf.

In offenen Systemen sind künftige Zustände (Elemente und Vernetzungen) mit Eintrittswahrscheinlichkeiten belegt, die sich aus den Vorzuständen und den Umweltveränderungen ergeben (Entropie = „dynamische Varietät“). Dynamische Systeme streben immer den Zustand einer maximalen Entropie an, wogegen geschlossene Systeme die höchste Entropie im Gleichgewichtszustand besitzen.

Reale Systeme bestehen aus vielen Einzelementen, deren Verhalten oft nicht bekannt ist, und können daher als mehr oder weniger wahrscheinlich betrachtet werden. Sie können, quantitativ betrachtet, enorme Werte von Komplexität annehmen, wodurch diese unberechenbar werden. Dies betrifft nicht nur Systembereiche der Natur sondern gleichermaßen die aus Menschen bestehenden gesellschaftlichen Systeme wie Organisationen und somit auch Bauvorhaben. Trotz aller regulären und somit linearen Betrachtungsweise treten Abweichungen des Normalverhaltens auf. Komplexe Systeme stehen zwischen Zufall und Regularität. Entscheidend hierfür ist die Stärke des Einflusses ihrer Wechselwirkungen.<sup>808</sup>

Als Fazit der Berechenbarkeit wird deutlich, dass sich Komplexität in Bezug auf die statischen Systemelemente berechnen lässt. Die Berechenbarkeit von komplexen dynamischen Systemen ist nur unter Berücksichtigung von heuristischen Verfahren möglich. Die Schwierigkeit hierbei besteht in der Determinierung aller Systemkomponenten und der Prognose des Systemverhaltens.

In der Betrachtung der Komplexität von Bauvorhaben ist zu unterscheiden zwischen der strukturellen Komplexität, die sich aus dem physischen Ergebnis eines Objektes ableiten lässt, und der funktionalen Komplexität, die sich aus den Prozessabfolgen im Planungs-, Bau- und Managementprozess einstellt.

---

<sup>806</sup> Vgl. Ashby, W. R. (1963)

<sup>807</sup> Vgl. Luhmann, N. (1994)

<sup>808</sup> Vgl. Mainzer, K. (2008), S. 23

Beim Versuch der Bemessung wird deutlich, dass sich kein eindeutiger Komplexitätsgrad berechnen lässt, wohl jedoch Vergleichswerte fixiert werden können, die sich auf die zu berücksichtigenden Elemente und Relationen zurückführen lassen und somit also Basis für einen Grad von Komplexität in Bauvorhaben dienen können.

Die **Wahrnehmung** von Komplexität wird anhand von Aufbau, Dominanzen und Evolution des menschlichen Gehirns untersucht. Es besteht aus biologisch neuronalen Netzwerken und ist ein selbstreferentielles System. Wechselwirkungen mikroskopischer und makroskopischer Ebenen erzeugen das menschliche Bewusstsein. Das Gehirn ermöglicht es, Strukturen und Muster zu erkennen, diese aus gespeicherten Erinnerungen abzurufen und daraus Handlungen zu vollziehen. Diese Fähigkeit setzt voraus, dass eine ständige Weiterentwicklung erfolgen muss, um das Erkennen komplexer werdender Zusammenhänge zu ermöglichen. Hierzu wird ein hoher Grad an Abstraktionsfähigkeit benötigt. Rangfolgen, Regeln und Strukturen müssen zerlegt und nach bestimmten Kodierungen wieder zusammengefasst werden. Mustererkennung ist eine bedeutende Fähigkeit für die Wahrnehmung von Komplexität.

Zur Erfassung des Phänomens der „Wahrnehmung“ gehört der Ansatz aus dem Bereich der Human Relations<sup>809</sup>, der auf der Grundlage basiert, dass soziale Systeme gruppenspezifische Prozesse sind, die durch Beziehungen zwischen Menschen entstehen. Die Konzentration auf den Menschen im System bezieht sich sowohl auf seine Persönlichkeit als auch auf die ihn umgebende kulturelle Abhängigkeit. Komplexität wird von verschiedenen Menschen verschieden wahrgenommen. Die Wahrnehmung ist abhängig von Aufgabenstellung, Erfahrung, Einstellung und persönlichem Interesse. Je nach Situation werden Dinge von gleichen Personen zeitabhängig unterschiedlich bewertet.<sup>810</sup> Komplexe Systeme sind somit in der Wahrnehmung eine Konstruktion menschlicher Gedanken.<sup>811</sup>

Es ist daher wichtig, Transparenz zu schaffen, damit alle das gleiche Verständnis erlangen können. Den Betrachtern liegt oftmals eine Vielzahl von Informationen durch Zahlen, Daten und Fakten vor. Allein durch diesen Input lassen sich nur bedingte Realitäten ermöglichen. Die Vielzahl alleine ist nicht ausschlaggebend, sondern die Qualität der Informationen. Experten mit langjährigen Erfahrungen haben ein Bauchgefühl entwickelt. Sie fühlen intuitiv, was falsch oder richtig ist. Der erste Schritt hierzu ist sicherlich, die eigenen Gefühle wahrzunehmen und zu registrieren, und somit zu lernen, was Bauchgefühl überhaupt bedeutet.<sup>812</sup>

Die Fähigkeit zur Wahrnehmung schafft Realität. Eine verzerrte Wahrnehmung führt zu ungeeignetem Handeln. Das komplexeste Element in einem System ist der Mensch. Der Mensch kann als Absorptionsmechanismus für Komplexität wirken oder die Komplexität erhöhen. Komplexitätswissen muss bezüglich Wahrnehmungs-, Beschleunigungs-, Energie- und Organisationsfallen geprüft werden. Ein traditioneller, deterministischer Führungsstil ist in Organisationen eher zu vermeiden.<sup>813</sup>

---

<sup>809</sup> Vgl. Duden.de: "Stichwort: Human Relations, online im Internet:" [zuletzt geprüft am: 04.12.2016]: Human Relations bezeichnen eine in den Dreißigerjahren von den USA ausgegangene Richtung der betrieblichen Personal- und Sozialpolitik, die die Bedeutung der zwischenmenschlichen Beziehungen im Betrieb betont

<sup>810</sup> Vgl. Schmidt, A. P. (1999), S. 109

<sup>811</sup> Vgl. Ulrich, H. & Probst, Gilbert J. B (1991), S. 34

<sup>812</sup> Vgl. Gessler, M. (2012), S. 2009

<sup>813</sup> Vgl. Amann, W., et al. (2013), S. 122

Die Beantwortung der Teilfrage nach den charakterisierenden **Eigenschaften** von Komplexität wird in der Literatur sehr differenziert betrachtet. Eine eindeutige Begriffsbildung wird aufgrund der unterschiedlichen Betrachtungen erschwert. Zur Abgrenzung und Positionsbestimmung wurden für die wissenschaftliche Betrachtung dieser Arbeit eine detaillierte Spezifikation und eine klare Festlegung sowie die Verwendung von festen Regeln formuliert. Ausgehend von BANDTE<sup>814</sup> wurde der Begriff Komplexität konzentriert auf Grundlage nachfolgender charakteristischer Eigenschaften komplexer Systeme: Vielzahl und Varietät, Dynamik, Überlebenssicherung, Pfadabhängigkeit, Rückkopplungen, Nichtlinearität, Offenheit, Begrenzte Rationalität, Selbstorganisation, Selbstreferenz, Emergenz und Autopoiese. Die Charakteristika lassen sich voneinander abgrenzen und auf soziale Systeme wie Organisationen – und somit auch Bauvorhaben – übertragen. Die Grenzlinien zwischen den Eigenschaften sind weich und gleitend. Es obliegt dem Betrachter und seinen Fähigkeiten, die Anwendung dieser Eigenschaften als sinnvoll einzustufen oder diese zu ergänzen bzw. zu reduzieren.

Kapitel 3 schließt die Beantwortung der ersten Forschungsfrage: „Welches sind die charakterisierenden Eigenschaften von Komplexität und worin besteht die Schwierigkeit in der Wahrnehmung von Komplexität?“ ab und liefert Antworten zur Berechenbarkeit und Bewertung von Komplexität, die als Basis zur Erstellung des Bewertungsmodells in Kapitel 5 dienen.

In **Kapitel 4** „Bauvorhaben und Komplexität“ werden Bauvorhaben hinsichtlich ihres systemischen Aufbaus und der darin enthaltenen Komplexität untersucht. Es wird herausgestellt, dass Bauvorhaben als Projekte zu werten sind und die beiden Begriffe daher synonym verwendet werden können.

Eine hohe Komplexität tritt in Projekten auf, wenn folgende acht Merkmale auf ein Projekt zutreffen: neuartig (hohe Innovation), bereichsübergreifend (viele Beteiligte), interdisziplinär (viele Spezialisten), risikoreich (hohe Risiken), aufwendig (Zeit, Kosten, Ressourcen), meist strategisch bedeutend (existenziell), dringlich (enge Zielsetzungen) und außergewöhnlich (einmalig, speziell, besonders). Grundlegend erstreckt sich die Komplexität eines Bauvorhabens auf das Bauwerk (Objekt), die Prozesse (Projekt) und das Beziehungsgefüge (Verhalten).

Über die durchgeführte Expertenbefragung wurde das branchenspezifische Wissen über Komplexität im Bauwesen ermittelt und mit in die Modellbildung einbezogen. Die aggregierten Antworten sind überwiegend qualitativer Natur, liefern aber dennoch ein recht eindeutiges Bild bezüglich Ursachen und Wirkung, die im Umgang mit Komplexität wahrgenommen werden. Hier wurden als wesentliche Merkmale: mangelnde Transparenz, unzureichende Qualifikation, Inkongruenz zwischen Aufgabe und Entscheidung, divergierende Zielkongruenz, hohe Anzahl der Beteiligten und eine hohe Projektdynamik durch lange Laufzeiten genannt.

Es wurde deutlich, dass der Umgang mit Komplexität erlernbar ist und der Wunsch nach einem besseren Umgang bei den meisten Experten existiert. Die Experten sehen eine Notwendigkeit zur Erweiterung des Wissens im systemischen Denken und den Bedarf eines Vergleichsmodells für Wahrnehmung und Einschätzung von Komplexität von Bauvorhaben.

Weitere Grundlage der in Kapitel 5 folgenden Modellbildung lieferten fünf Schemata zur Bewertung von Komplexität in Projekten: PATZAK<sup>815</sup> (2009): Scoring-Schema zur Bewertung der Komplexität von

---

<sup>814</sup> Vgl. Bandte, H. (2007)

<sup>815</sup> Vgl. Patzak, G. (2009)

Projekten, IPMA<sup>816</sup> (2010): Complexity Sheet Deutsch V2.1 (Tabelle zur Bestimmung der Komplexität in Projekten), LECHNER<sup>817</sup> (2015): Vorschlag zur Einführung von Projektklassen, BRUNNER<sup>818</sup> (2016): Koordinierte „Planung der Planung“ und Schnittstellenklärung bei komplexen Bauvorhaben und KIRST<sup>819</sup> (2016): Analyse von Auswirkungen der Komplexität auf das Projektmanagement.

Die untersuchten Bewertungsmodelle unterscheiden sich hinsichtlich der analysierten Parameter. Gemein sind allen eine relative Bewertung der betrachteten Aspekte und eine Einstufung hinsichtlich der Komplexität von Projekten. Keines der Modelle lieferte alle Parameter zur Beurteilung von Komplexität unter systemischer Betrachtung von Bauprojekten, jedoch Ansatzmöglichkeiten für eine konzentrierte Betrachtung.

In **Kapitel 5** „Modellbildung und Bewertungsschema“ erfolgt schließlich die Zusammenführung aller Erkenntnisse hinsichtlich Aufbau und Eigenschaften von Systemen und deren Komplexität sowie spezifischer Indikatoren in Bauprojekten und deren Verknüpfungen.

Ausgehend von den in Kap. 3 beschriebenen charakterisierenden zwölf Eigenschaften komplexer adaptiver Systeme wird der Versuch einer Anpassung an den systemischen Aufbau und Ablauf von Bauvorhaben unternommen. Entscheidend für eine erfolgreiche Projektabwicklung ist, wie die Elemente und Teilsysteme zueinander stehen, und obwohl sie unterschiedliche Charakteristika bzw. Zustände aufweisen können, ein gemeinsames Verhalten erzeugen und eine Identität zum Umfeld herausbilden können. Hierzu sind neben Struktur und Veränderungen in einem komplexen System auch die Wahrnehmungen und das Verhalten der Beteiligten sowie die Umwelt eines Projektes maßgebend. Das „System“ Bauprojekt wird im Wesentlichen durch folgende fünf Merkmale beeinflusst, in denen sich die Komplexität ausdrückt:

1. Strukturen (Vielzahl und Varietät)
2. Veränderungen (Dynamik)
3. Wahrnehmung (Pfadabhängigkeit, Nichtlinearität, Begrenzte Rationalität)
4. Verhalten (Überlebenssicherung, Rückkopplungen, Selbstorganisation, Selbstreferenz, Emergenz, Autopoiese)
5. Umwelt (Offenheit)

Ausgehend von den in Kapitel 4 beschriebenen Teilsystemen eines Bauvorhabens ergeben sich für die Charakterisierung von Bauvorhaben fünf Subsysteme:

1. Zielsystem
2. Produktsystem
3. Handlungssystem
4. Handlungsträgersystem
5. Umsystem

---

<sup>816</sup> Vgl. IPMA - International Projekt Management Association (2016): "complexity\_sheet\_de\_v2.1" [zuletzt geprüft am: 17.02.2017]

<sup>817</sup> Vgl. Lechner, H. (2015): "Vorschlag zur Einführung von Projektklassen" [zuletzt geprüft am: 17.02.2017]

<sup>818</sup> Vgl. Brunner, C. (2016), Masterthesis

<sup>819</sup> Vgl. Kirst, D. (2016), Diplomarbeit

Auf Basis dieser fünf charakterisierenden Subsysteme von Bauvorhaben der in Kap. 4 beschriebenen Ergebnisse der Expertenbefragung, der analysierten fünf Bewertungsverfahren und unter Berücksichtigung von Dopplungen und Überschneidungen, lassen sich die ermittelten Aspekte auf zehn spezifische Indikatoren konzentrieren:

1. Ziele (Zielsystem)
2. Objekt (Produktsystem)
3. Neuartigkeit (Produktsystem)
4. Projekt (Handlungssystem)
5. Methodik (Handlungssystem)
6. Organisation (Handlungsträgersystem)
7. Ressourcen (Handlungsträgersystem)
8. Kultur (Umsystem)
9. Chancen/Risiken (Umsystem)
10. Umfeld (Umsystem)

Jeder Indikator wurde in Bezug auf die fünf Merkmale der Komplexität in Bauvorhaben untersucht und Teilaspekte zur Bewertung herangezogen. Es erfolgt eine relative Bewertung mit einer Einstufung von 1 bis 5 (sehr geringe bis sehr hohe Komplexität). Die Übertragung erfolgt unter dem Bewusstsein, dass die getroffene Auswahl den Stand der Forschung darstellt, ohne jedoch einen Anspruch auf Vollständigkeit oder Veränderbarkeit zu erheben.

Die Gesamtbetrachtung der spezifischen Komplexität aller Indikatoren führt zur Ermittlung verschiedener Komplexitätsgrade in Bauvorhaben:

- Spezifischer Komplexitätsgrad Indikator  $K_I$
- Spezifischer Komplexitätsgrad Merkmal  $K_M$
- Projektspezifischer Grad der Komplexität Bauvorhaben  $K_B$

Die Zusammenfassung der Bewertungen und die Ermittlungen der jeweiligen Komplexitätsgrade erfolgen in Tabellenform.

Die Wahrnehmung von Komplexität und somit die relative Bewertung von Teilaspekten sind geprägt durch den Reifegrad und die individuellen Schwerpunkte des Betrachters. Das Bewertungsmodell über die zehn ermittelten Indikatoren lässt jedoch eine möglichst große allgemeine Anwendung zu. Das Bewertungsschema ist so aufgebaut, dass bei Bedarf weitere Indikatoren hinzugefügt werden können und es somit dem Anwender eine hohe Flexibilität zur Bewertung ermöglicht.

Die Ausführungen in Kap. 5 beantworten die drei Forschungsfragen:

1. Durch welche Indikatoren wird Komplexität in Bauvorhaben erkennbar?
2. Lässt sich ein Bewertungsmaßstab durch Gewichtung der Indikatoren finden und in einem vereinfachten Verfahren der Komplexitätsgrad bestimmen?
3. Kann ein komplexes Bauvorhaben modelliert werden und kann dadurch der Umgang mit Komplexität vereinfacht werden?

Das entwickelte Modell lässt Komplexität in zehn Indikatoren von Bauvorhaben sichtbar werden, versieht es mit Bewertungsmaßstäben und Gewichtungen und ermittelt drei wesentliche Komplexitätsgrade. Die Umsetzung in Tabellenform erleichtert Anwendern den Umgang.



In **Kapitel 6** „Fallstudie und Optimierungspotenzial“ erfolgt abschließend die Verifizierung des Modells anhand einer Fallstudie aus dem Projektportfolio des Autors. Beschrieben wird ein reales Bauvorhaben für den Neubau einer US-Grundschule auf Basis der 21st Century Education Facilities Specification, mit Projektkosten in Höhe von ca. 50 Mio. Euro.

Das Bauvorhaben wird über die Modellierung einer Bewertung unterzogen und die jeweiligen Komplexitätsgrade unter den realen Bedingungen des Projektes ermittelt. Es folgt der Versuch einer Optimierung, wobei mögliche Veränderungen der Realität zur erneuten Einschätzung der Komplexität führen. Das Ergebnis zeigt, dass in Teilbereichen Optimierungen möglich werden und zu einer Reduzierung der Komplexität im Projekt führen können. Die festgestellten Optimierungsansätze sind jedoch projektspezifisch zu betrachten und können von Projekt zu Projekt variieren.

Durch den theoretischen komplexitätswissenschaftlichen Ansatz des indikatorenbezogenen Modells zur Bewertung von Komplexität in Bauvorhaben kann ein angemessener Umgang mit Komplexität im Bauprojektmanagement erreicht werden. Das Modell ermöglicht eine Handhabung zur besseren Beschreibung, Erklärung und Prognose der Steuerbarkeit eines Bauvorhabens und kann somit die Zielerreichung von Bauvorhaben verbessern.

## 7.2 Empfehlungen zu Risikoeinschätzung und Prävention

Die vorherrschende Orientierung des Projektmanagements ist nach wie vor linear-orientiert und basiert auf einem Ursache-Wirkung-Denken. Diese Denkwelt sieht eine Notwendigkeit zur Steuerung erst nach einer Abweichung und bekämpft das Problem dann, wenn es aufgetreten ist. Bei komplexen Systemen kann das jedoch dazu führen, dass man bei Beseitigung eines Problems zwei oder mehrere Probleme schafft. Meistens treten diese indirekten Wirkungen erst mit Zeitverzögerung auf. Damit fallen die eigentlichen Ursachen nicht direkt auf und man sucht an der falschen Stelle. Hiermit erzeugt man ein Kontinuum. Bei den heute vorhandenen hochkomplexen und stark vernetzten Strukturen und Prozessen sollte die Betrachtung über die linearen Ansätze hinausgehen und die Projektzusammenhänge global und mit Tiefe analysiert werden, um ein nachhaltiges Management zu erreichen.<sup>820</sup>

Die Systemtheorie bietet Hilfe durch ihr strukturierendes Denkmodell an. Sie bietet Ansätze zur analytischen Betrachtung von Komplexität. Mit ihr lässt sich eine Vielzahl von objektiven und subjektiven Betrachtungen ermitteln. Vereinzelt liegen diese natürlich im Graubereich der Ungewissheit und sind mit Unsicherheiten belegt. Kenntnisse über Vergleichsgrößen jedoch können bei der Kategorisierung von Projekten hilfreich sein, um so Fehlrteile durch eine Überforderung der handelnden Personen bei nichtausreichender Kompetenz zu begrenzen.<sup>821</sup> Bauvorhaben benötigen eine frühzeitige Betrachtung ihrer möglichen Komplexität. Es wird in Zukunft zunehmend erforderlich werden, bereits in der Projektvorbereitung die mögliche Komplexität zu ermitteln. Hieraus ergeben sich Erkenntnisse zur Strukturierung und zur Klärung von Prozessabläufen und notwendigen Kompetenzen. Somit lassen sich frühzeitig Machbarkeit und Projektziele realistisch bestimmen.<sup>822</sup>

Ein allgemein gültiges Modell wird nie alle sozioökonomischen Vorgänge in Bauprojekten beherrschen können, da eine nicht überschaubare Zahl an Unsicherheiten vorliegt. Es gibt zwar einige Erklärungsmodelle für den Umgang mit Projekten im Bauwesen, jedoch kein einheitliches Verständnis für die erforderlichen Erfolgsparameter.<sup>823</sup> Bedeutend für die Betrachtung von Systemen ist, dass die Wechselbeziehungen oftmals wichtiger sind als die Elemente an sich. Die Relationen zwischen den Elementen machen erst Handlungen aufgrund verändernder Dynamik erforderlich. Diese Erkenntnis ist einer der Schlüssel zum Umgang mit Systemen. Gerade die Beziehungen sind jedoch der am schwierigsten zu erkennende Systembestandteil. Damit Steuerung erfolgen kann, sind Information und Kommunikation erforderlich. Nur durch die Befähigung eines Systems zur Selbstorganisation und –regulierung sind diese in der Lage, zuverlässig zu reagieren.<sup>824</sup> In der heutigen Zeit sehen sich die Projektbeteiligten dem Anspruch ausgesetzt, möglichst schnell und rational Entscheidungen zu treffen. Den meisten Entscheidungen steht jedoch die hohe Komplexität der Entscheidungssachverhalte gegenüber. Die Entscheidungsträger müssen die Rationalität durch komplexitätsorientiertes Handeln gestalten.<sup>825</sup> Komplexität an sich ist etwas Natürliches und lässt sich nicht beherrschen. Der Umgang mit dieser ist jedoch erlernbar und führt zur Anpassung des Verhaltens. Um diesen Effekt zu nutzen, muss jedoch der Betrachtungshorizont für Komplexität erst erweitert werden.<sup>826</sup>

---

<sup>820</sup> Vgl. Vester, F. (2011), S. 16–18

<sup>821</sup> Vgl. Patzak, G. (2009), S. 42

<sup>822</sup> Vgl. Kalusche, W. (2016), S. 30

<sup>823</sup> Vgl. Eschenbruch, K. (unbek.): "Kontextuelles Projektmanagement - für die Bau- und Immobilienwirtschaft"

<sup>824</sup> Vgl. Malik, F. (2011), S. 72

<sup>825</sup> Vgl. Schimank, U. (2005), S. Abstract

<sup>826</sup> Vgl. Lange, S. (2015), S. 6

Komplexitätsbewältigung benötigt die Fähigkeit des Erkennens und setzt die Akzeptanz von Komplexität von den Beteiligten voraus. Sie erfordert weiterhin das Verständnis über die vorhandenen Prozesselemente, die Prozessabläufe und die Wirkungsbeziehungen untereinander.<sup>827</sup> Ein eindeutiger "Maßstab" zur generell gültigen Messung von Komplexität ist nicht möglich. Komplexität und deren Auswirkung sind immer abhängig von persönlichen Einschätzungen, denen wiederum subjektiv gefärbte Urteile zugrunde liegen. Eine Bewertung von Komplexität kann durch Personengruppen oder Einzelpersonen erfolgen. Komplexität lässt sich also als Maß der Unwissenheit über ein System definieren. Es ist also das Delta zwischen verfügbarem, erreichbarem und dem tatsächlich notwendigen Wissen zur Abbildung eines Sachverhaltes. Komplexität lässt sich messen, auch wenn sich die beschriebenen Merkmale nur schwer erfassen lassen. Es hängt von der entsprechenden Messskala ab. Das Messergebnis hat jedoch nur eine relative Bedeutung. Es kann dem Zwecke des Vergleichens in unterschiedlichen Zusammenhängen dienen.<sup>828</sup>

Im Ergebnis ist festzustellen, dass der Mensch mit Komplexität schlecht umgehen kann. Er flüchtet gerne in die Welt der selektiven Wahrnehmung und konstruiert seine eigenen Erklärungsmodelle der Systemumgebung, die Komplexität in oft unzulässig vereinfachter Sichtweise darstellen. Um Projekte zielorientiert zu führen, müssen die im Projektmanagement tätigen Menschen lernen, mit den immer komplexer werdenden Phänomenen des Projektumfeldes umgehen zu können.<sup>829</sup>

Ausgehend von den Mechanismen eines systematischen Risikomanagements<sup>830</sup> lassen sich aus dieser Arbeit für den Umgang mit Komplexität folgende fünf Schritte definieren:

1. Komplexität definieren
2. Komplexität identifizieren
3. Komplexität analysieren
4. Komplexität bewerten
5. Komplexität behandeln

Ohne den Willen, komplexitätsorientiert zu handeln, werden Bemühungen in diese Richtung scheitern. Hierzu bedarf es einer klaren Strategie, die auf einer breiten Basis getragen werden muss. Aus dieser leitet sich weiterer Handlungsbedarf ab.

Für die Schritte 1 bis 5 bietet das vorliegende Modell einen Handlungsansatz. Mit den zehn definierten Indikatoren wird eine Basis zur Identifikation und zur Analyse von Komplexität in Bauvorhaben geliefert. Das Bewertungsschema bietet eine Einstufung und Vorschläge zur Reduzierung und somit zur Behandlung von Komplexität an.

---

<sup>827</sup> Vgl. Schmidt, D. (1992): "Strategisches Management komplexer Systeme", Lang, Frankfurt am Main, S. 22

<sup>828</sup> Vgl. Patzak, G. (2009), S. 42

<sup>829</sup> Vgl. Patzak, G. (2009), S. 44–45

<sup>830</sup> Vgl. Hoffmann, W. (2015), S. 15

In den fünf Merkmalen der Komplexität in Bauvorhaben lassen sich nachfolgende fünf Präventionsmechanismen ableiten:

1. Begrenzung der strukturellen und funktionalen Vielfalt
2. Berücksichtigung der Veränderungsdynamik
3. Schaffen von Transparenz zur Verbesserung der Wahrnehmung
4. Schaffen einer vertrauensvollen und kooperativen Projektwelt zur Verbesserung des Verhaltens
5. Frühzeitige Berücksichtigung der umweltrelevanten Faktoren

Das vorliegende Modell erleichtert die Einschätzung der komplexitätsbezogenen Risiken und lässt durch die aufgezeigten Optimierungsmöglichkeiten ein präventives Verhalten zu. Entscheidend für den Erfolg einer Anwendung ist jedoch der Nutzer selbst. Sich einzulassen auf die Herausforderungen einer immer komplexer werdenden Welt setzt die Beschäftigung mit dem systemischen Gedanken voraus. Diese Arbeit leistet in diesem Kontext ihren Beitrag, der jedoch nicht abschließend zu werten ist. Ansätze für weitergehende Forschungsaufgaben folgen im nächsten Abschnitt.

### 7.3 Ausblick für die weitere Forschung

Die vorliegende Arbeit zeigt, dass der Umgang mit Komplexität erlernbar ist und der Wunsch nach einem besseren Umgang bei vielen Experten existiert. Die Kenntnisse über mögliche Auswirkungen von Komplexität auf den Projektverlauf setzen beim Betrachter jedoch ein systemisches Verständnis voraus. Damit sich diese Erkenntnisse auf breiterer Basis durchsetzen, muss dies von einer höheren Zahl von Anwendern der Baupraxis, den Lehrinstituten und dem Gesetzgeber gleichermaßen als bindende Voraussetzung für die Bewältigung der Herausforderungen einer immer komplexer werdenden (Bau-)Welt ebenfalls so gesehen werden.

Modelle für die systemische Führung von Bauprojekten sind teilweise bereits vorhanden (vgl. Kap. 2). Diese Modelle spielen aktuell gegenüber dem in der deutschen Bauwirtschaft verwendeten Standard der AHO<sup>831</sup> noch keine Rolle. Ebenso wenig finden diese Modelle Einzug in die Prozesslandschaft der öffentlichen Auftraggeber, wie z. B. in der RBBau<sup>832</sup> oder dem Vergabehandbuch des Bundes.<sup>833</sup> Im Endbericht der Reformkommission zum Bau von Großprojekten<sup>834</sup> wurde bereits Handlungsbedarf aufgezeigt, der sich in der vorliegenden Arbeit als komplexitätstreibend erwiesen hat. So wurden Elemente wie Kooperation, Risikomanagement, partnerschaftliche Zusammenarbeit, Transparenz, u. a. als Änderungsbedarf erkannt. Bisher sind keine dieser Aspekte in einer Richtlinie des Bundes umgesetzt oder ein systemischer Grundansatz angedacht worden.

Diese Erkenntnis führt letztlich zu der Notwendigkeit weitergehender Forschung in diesem Kontext und folgenden Forschungsmöglichkeiten:

- Untersuchung der zehn bauprojektorientierten Indikatoren hinsichtlich ihrer Eignung und Behandlung im Rahmen der vorliegenden systemischen Managementmodelle (vgl. Kap. 2)
- Weitergehende Betrachtung der zehn bauprojektorientierten Indikatoren hinsichtlich weiterer zu berücksichtigender Teilaspekte und Integration in das Bewertungsschema (vgl. Kap. 5)
- Analyse der zehn Handlungsempfehlungen der Reformkommission Bund auf Basis des vorliegenden Modells und Entwicklung von komplexitätsorientierten Optionen.
- Erstellung eines DV-Tools zur schnelleren Ermittlung der Komplexitätsgrade.

---

<sup>831</sup> Vgl. AHO (2014)

<sup>832</sup> Vgl. BMUB - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit [Hrsg.] (2009): "RBBau"

<sup>833</sup> Vgl. BMVBS - Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung [Hrsg.] (2008): "VHB - Vergabe- und Vertrags-handbuch für die Baumaßnahmen des Bundes"

<sup>834</sup> Vgl. BMVI - Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2015): "Reformkommission Bau von Großprojekten", Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Berlin



## Glossar

Agenten	Systemelemente, die ihre Zustände nach erfolgter Interaktion wechselseitig - nach Maßgabe dieser Interaktion - verändern.
Agilität	Prozesse im Projektmanagement zur Erhöhung von Transparenz und Flexibilität, zur Erzielung eines schnelleren Durchlaufs.
Algorithmus	Lösungsverfahren für ein bestimmtes Problem mit definierten Regeln und Anweisungen.
Asymmetrie	Auftreten unregelmäßiger Formen in Strukturen.
Attraktor	Zustand, in den ein dynamisches System langfristig hineingezogen wird.
Autonomie	Temporäre Überwindung operationaler Geschlossenheit, um eine flexible Anpassung von Strukturen an neue Attraktoren zu ermöglichen, die ein erfolgreiches Überleben sicherstellen.
Autopoiese	Fähigkeit eines Systems, sich zu bilden und zu erneuern und gleichzeitig seine Grenzen selbst festzulegen, ohne die eigene Identität zu verlieren.
Begrenzte Rationalität	Aus den einzelnen Entitäten eines Systems lassen sich aufgrund begrenzter Verfügbarkeit und Aufnahmefähigkeit von Informationen keine Rückschlüsse auf das Verhalten des Gesamtsystems ableiten.
Beobachtung	Zielgerichtete Wahrnehmung von Objekten, Phänomenen oder Vorgängen.
Bewusstsein	Fähigkeit des Gehirns zur Prägung individueller Vorstellungen von Raum und Zeit und der Struktur des Universums.
Beziehungen	Verbindungen zwischen Elementen, Unter- und Teilsystemen und zwischen dem System und der Umwelt.
Biokybernetik	Wissenschaft, die sich mit den Steuerungs- und Regelungsvorgängen in Organismen und Ökosystemen beschäftigt.
Blackbox	Kybernetisches System, dessen innerer Aufbau unbekannt ist, wobei die Resultate menschlichen Handelns zwar messbar sind, jedoch die Vorgänge der Entscheidungsfindung verborgen bleiben.
Chaos	Phänomen, bei dem sich beliebig viele kleine Störungen (oder Abweichungen) aufgrund von Nichtlinearität ständig verstärken und zu unregelmäßigem und unvorhersehbarem Verhalten führen.
Chaostheorie	Nicht klar umgrenztes Teilgebiet der Nichtlinearen Dynamik bzw. der Dynamischen Systeme, welches der Mathematischen Physik oder angewandten Mathematik zugeordnet ist.
Codierung	Herausfinden von Regeln und Mustern, mit deren Hilfe Daten gespeichert oder verschlüsselt werden können.

---

Constraint	Bedingung, Einschränkung, Auflage, Randbedingung u. a., die eine Begrenzung der Handlungsfähigkeit ausdrücken.
Cortex	Ansammlung von Nervenzellen, die sich als dünne Rindenschicht am äußeren Rand des Groß- und Kleinhirns befindet.
Deduktion	Schluss vom Allgemeinen auf das Besondere.
Determinismus	Jeder Zustand ist durch sein Entwicklungsgesetz eindeutig bestimmt.
Differenzierung	Tritt auf, wenn die Elemente eines Systems relativ zu den anderen neue Strukturen und Prozesse entfalten.
Diffusion	Ausbreitungsprozess einer Idee oder Problemlösung.
Diskontinuität	Ungleichgewicht: Das System verändert sich durch ungleichförmige oder nichtlineare Einwirkungen.
Dynamik	Veränderlichkeit eines Systems in Abhängigkeit des zeitlichen Verlaufs.
Element	Bildender Baustein eines Systems. Fungiert als unauflösbare Einheit. Kann auch ein hoch komplex zusammengesetztes Bauteil sein.
Elemente	Ein Element ist eine Einheit eines Systems, die nicht mehr unterteilt werden soll (weil es nichts "bringt", sich damit auseinanderzusetzen) oder die nicht mehr unterteilt werden kann, weil die größtmögliche Gliederungstiefe bereits erreicht ist.
Emergenz	Eigenschaften eines komplexen Systems, die seine Einzelteile nicht besitzen und die erst durch das Zusammenwirken der Einzelteile entstehen.
Entfaltung	Erweiterung der menschlichen Wahrnehmung, wonach neue Ordnungsstrukturen erkennbar sind bzw. entwickelt werden können.
Entität	Größe bzw. Einheit, in Bezug auf deren räumliches Vorhandensein bzw. mengenmäßigen Umfang oder der Gesamtheit seiner Existenz.
Entropie	Maß der Informationsdichte oder Informationsmangel.
Ereignis	Auftreten eines beobachtbaren Geschehens.
Erwartung	Annahme eines Handelnden darüber, was ein Anderer oder mehrere Andere tun würden bzw. was er oder Andere billigerweise tun sollten.
Ethik	Maßstäbe für die Beurteilung des menschlichen Handelns und der moralischen Vorstellungen des Einzelnen in der Gesellschaft, wobei die komplexen Rückwirkungen des Handelns berücksichtigt werden.
Euphemismus	beschönigende, verhüllende oder mildernde Umschreibung für ein unangenehmes Wort
Evolution	Dynamischer Prozess, bei dem bestehende Arten durch Selektion und Mutation bei gleichzeitiger Veränderung der Randbedingungen ihre Lebensfähigkeit optimieren und neue Arten emergent hervorbringen können.
Feedback	siehe Rückkopplung



---

Fraktal	Begriff für bestimmte natürliche oder künstliche Gebilde oder geometrische Muster.
Führung	Zielgerichtete Beeinflussung der Einstellungen und der Verhaltensweisen von anderen Personen.
Führungsqualität	Maß der Befähigung von Führungskräften, die Geführten zu einem optimalen Maß an Leistungserbringung zu bewegen, wobei der Einzelne ein hohes Niveau an Zufriedenheit erleben soll.
Fuzzy Logik	Unschärfe Logik, bei der es nicht nur "ja "oder "nein"- Aussagen gibt, sondern auch Zwischenstufen mit mehreren Wahrheitswerten wie z. B. "annähernd wahr" oder „ziemlich falsch".
Gehirn	Komplexes menschliches und selbstreferentielles Interface, das aufgrund seiner massiven Parallelverarbeitung bisher jedem künstlichen assoziativen Netzwerk weit überlegen ist.
Gehirnforschung	Forschungszweig, der sich mit der Struktur und den Funktionsweisen des menschlichen Gehirns beschäftigt.
Handlung	Tun, Dulden oder Unterlassen von Aktivitäten.
Hierarchie	Rangfolge oder Rangordnung
Homöostase	Selbststabilisierung eines Systems durch Rückkopplung innerhalb einer zulässigen Schwankungsbreite
Information	Teilmenge an Wissen, die ein Sender einem Empfänger mithilfe eines bestimmten Mediums übermittelt.
Innovation	Technische Neuerung, die mehr ist als lediglich eine Verbesserung und einen deutlich höheren Nutzen bietet.
Instabilität	Stationärer Zustand eines dynamischen Systems, in dem eine kleine Störung eine Veränderung des gesamten Systemzustands auslösen kann (Phasenübergang).
Intelligenz	Fähigkeit des Menschen, mittels Kommunikation, Intuition und vorhandenem Wissen komplexe Probleme zu lösen.
Interaktion	Wechselseitiges Aufeinandereinfließen von Akteuren oder Systemen. Sie ist eng verknüpft mit den übergeordneten Begriffen Kommunikation, Handeln und Arbeit.
Interdependenz	Wechselseitige Beziehung zwischen den Elementen eines Systems.
Interface	Ermöglicht, Differenzen zwischen unterschiedlichen Strukturen und Prozessen wahrzunehmen.
Intransparenz	Eigenschaft von dynamischen komplexen Systemen. Das vollständige System, mit all seinen Elementen und deren Wechselbeziehungen, lässt sich weder ganz erfassen noch beschreiben.
Intuition	Spontanes Artikulieren von Gedanken ohne eine Phase des intensiven Nachdenkens.

---

Irreversibilität	Nichtumkehrbarkeit von Prozessen.
Kanban	Japanisches System zur flexiblen, dezentralen Steuerung von Prozessen. Benachbarte Prozesse werden in einem Regelkreis verbunden. Es entstehen somit systemische Abhängigkeiten im Produktionsprozess.
Kapazität	Nutzungspotenzial eines Potenzialfaktors in quantitativer und qualitativer Hinsicht für eine definierte Bezugsperiode.
Kausalität	Ursache- und Wirkungsverknüpfung, wobei die Aussage, dass gleiche Ursachen gleiche Wirkungen haben, nur für isolierte Systeme getroffen werden kann, nicht jedoch für komplexe Systeme, bei denen vielfältige, rückgekoppelte Zusammenhänge bestehen.
Kommunikation	Austausch oder die Übertragung von Informationen (Wissen, Erkenntnisse oder Erfahrungen).
Kompetenz	Nachgewiesene Fähigkeit, Wissen und/oder Fertigkeiten anzuwenden, sowie dort, wo dies relevant ist, der Nachweis persönlicher Eigenschaften.
Komplexität	Komplexität wird als Fähigkeit eines Systems verstanden, das innerhalb eines Zeitverlaufs eine große Zahl von unterschiedlichen Zuständen annehmen kann.
Komplexitätsforschung	Untersucht die Gesetze des Wandels und der Strukturbildung durch nichtlineare Phasenübergänge sowie emergentes Verhalten.
Konflikt	Unvereinbare oder unvereinbar scheinende Interessen, Zielsetzungen oder Wertvorstellungen von Personen, gesellschaftlichen Gruppen, Organisationen oder Staaten.
Konstruktivismus	Philosophische Grundrichtung, in der modellhafte Abbildung der Wirklichkeit von innen nach außen erfolgt, im Gegensatz zur Abbildung von außen nach innen, wie bei der evolutionären Erkenntnistheorie.
Kontinuität	Dynamisches Gleichgewicht: Das System bewegt sich mit den internen oder externen Veränderungen stetig und gleichförmig.
Kultur	„Mentale Programmierung“ der Menschen in ihrem gesellschaftlichen Umfeld verstanden.
Kybernetik	Wissenschaft der Steuerung und Regelung von Maschinen, lebenden Organismen und sozialen Organisationen.
Lebensfähigkeit	Fähigkeit eines Systems, seine eigene Existenz durch Selbstorganisation zu erhalten.
Lenkung	Fähigkeit, ein System so unter Kontrolle zu halten, dass es seinen vorgegebenen Zweck und die gesetzten Ziele im Rahmen der vorgegebenen Zeithorizonte erreichen kann.
Linearität	In linearen dynamischen Systemen ist die Dynamik durch ein lineares Entwicklungsgesetz bzw. eine lineare Gleichung bestimmt. Dann sind Ursache und Wirkung proportional.

---

Matrix	Darstellungsform für Strukturen und Systemzusammenhänge, wobei Beziehungen zwischen Elementen in der aus Zeilen und Spalten bestehenden Tabelle markiert werden.
Motivation	Innere Bereitschaft und Antriebskraft, auf bestimmte Weise zu handeln.
Muster	Eine aus Grundelementen bestehende Struktur. Durch wiederholte Kombination dieser Grundelemente nach bestimmten Regeln können sehr komplexe Muster erzeugt werden.
Mustererkennung	Fähigkeit des Menschen, im Gehirn gespeicherte Kontexte abzurufen und diese für Denkprozesse nutzbar zu machen.
Neo(cortex)	Stammesgeschichtlich jüngster Teil der Großhirnrinde.
Netzwerke	Durch die Verknüpfung von Elementen entstehen Netzwerke. Je vielfältiger die Vernetzungen sind, desto komplexer sind die Rückkopplungsprozesse, die dort stattfinden.
Nichtlinearität	Systeme verhalten sich nichtlinear, wenn ihr Verhalten nicht mehr durch Ursache-Wirkung-Beziehung vorhersagbar ist und der Output nicht aus dem Input abgeleitet werden kann und Output nicht proportional zum Input ist. Ursache und Wirkung stehen nicht in einem einfachen, linearen Zusammenhang sondern es besteht eine komplizierte, häufig exponentielle Abhängigkeit.
Offenheit	Systeme können geschlossen oder offen hinsichtlich ihrer Grenzen zu Um-Systemen sein. Offenheit beschreibt die Fähigkeit eines Systems zur Relationenbindung zu anderen Systemen.
Organisation	Stabile Interaktionsmuster zwischen den Elementen einer Struktur, die in einem Zeitintervall beobachtet werden können. Somit bildet eine Organisation ein temporäres Interface.
Persistenz	Statisches Gleichgewicht: Das System bewegt sich, jedoch nur zur Beibehaltung des statischen Gleichgewichts. Es finden keine Veränderungen an den Eigenschaften des Systems statt.
Pfadabhängigkeit	Fähigkeit eines Systems, Erfahrungen zu speichern und ihre künftigen Handlungen darauf abzuleiten.
Projekt	Vorhaben, das im Wesentlichen durch Einmaligkeit der Bedingungen in ihrer Gesamtheit gekennzeichnet ist, wie z. B. Zielvorgabe, zeitliche, finanzielle, personelle oder andere Begrenzungen, projektspezifische Organisation.
Projektmanagement	Gesamtheit von Führungsaufgaben, -organisation, -techniken und -mitteln für die Initialisierung, Definition, Planung, Steuerung und den Abschluss von Projekten.
Prozess	Verlauf, Entwicklung oder System von Bewegungen.

---

Redundanz	Zustand von Überschneidungen; in der Kommunikationstheorie das mehrfache Vorhandensein derselben Information, auch mehrfaches Auftreten identischer Systemelemente, um Systemausfälle zu verhindern.
Rekursion	siehe Rückkopplung
Rekursivität	Rückbezüglichkeit eines Systems auf sich selbst; siehe auch Rückkopplung oder Feedback.
Relation	Beziehung zwischen einem Seienden oder Ereignis zu einem oder mehreren anderen bezeichnet.
Ressource	Materielles oder immaterielles Gut wie z. B. Betriebsmittel, Geldmittel, Boden, Rohstoffe, Energie oder Personen und Zeit.
Rückkopplung	Fähigkeit eines Systems, Teile der Ausgangsgröße direkt oder in modifizierter Form als Eingangsgröße in das System zurückzuführen. Sie wirken wie eine Selbstdiagnose und dienen zur Stabilisierung und Entwicklung des Systems.
Scrum	Scrum geht davon aus, dass die Komplexität der Projekte nicht detailliert planbar ist. Teilschritte mit kurzen Zeitabschnitten und Ergebnisbetrachtungen führen zu schrittweisen Verfeinerungen.
Selbstorganisation	Prozess, bei dem nicht durch Steuerung von außen, sondern durch die Interaktion der Elemente innerhalb des Systems eine Ordnung entsteht und erhalten wird.
Selbstreferenz	Fähigkeit eines Systems zur Selbstbeobachtung und Reflektivität. Sie wird auch als zirkuläre Kausalität bezeichnet. Selbstreferenz bezieht sich hier auf die Einheit, die ein einzelnes Element oder ein einzelner Prozess für sich selbst darstellt und letztlich durch deren Handeln zu einer eigenen Identität führt.
Selektion	Auswahl einer Alternative aus einer Vielzahl von Möglichkeiten.
Simulation	Durchspielen verschiedener alternativer Entwicklungsmöglichkeiten am Computer, um die Risiken von zu treffenden Entscheidungen zu minimieren.
Sinn	Physiologische Wahrnehmung der Umwelt mit Sinnesorganen.
Spieltheorie	Theorie zur Auswahl optimaler Verhaltensweisen von Systemen aus der Menge der möglichen Verhaltensstrategien in Konfliktsituationen. Im mathematischen Modell werden die Verhaltensstrategien als Spielstrategien aufgefasst.
St. Galler Konzept	Ansatz einer mehrdimensionalen Analyse der Unternehmung anhand von Führungs-, Organisations- und Entwicklungsmodellen mit dem Ziel, ein gedankliches Ordnungsmuster für sinnvolles Handeln zu schaffen.
Stabilität	Ein System, welches nicht starken Schwankungen unterliegt, wird als stabil bezeichnet. Ein stabiles System versucht seinen momentanen Zustand bei-

---

	zubehalten. Auch nach Störungen von außen versucht es umgehend, in diesen Zustand zurückzukehren.
Stress	Ausmaß an psychischen Belastungen bei Handelnden.
Struktur	Bestandteile und Relationen eines Systems, die durch spezifische Spielregeln eine bestimmte Einheit bilden und ihre Organisation verwirklichen.
Synergie	Zunahme des Wertes der Teile eines Systems durch gegenseitige Wechselwirkung.
System	Aufgaben-, ziel- oder zweckgebundene Einheit von Elementen, die in Wechselbeziehung zueinander stehen. Die Elemente besitzen eine Struktur, über die sie sich organisieren. Ein System hat eine definierte Abgrenzung zu seiner Umwelt. Systeme sind offen, wenn an der Schnittstelle zur Umwelt ein Austausch stattfindet. Bei einem geschlossenen System findet entsprechend keinerlei Austausch mit der Umwelt statt.
Systemtheorie	Wissenschaft von den grundlegenden Strukturen und Verhaltensweisen komplexer Systeme.
Systemumwelt	„siehe Umwelt“
Team	Kleine Gruppe von Personen, deren Fähigkeiten einander ergänzen und die sich für ein gemeinsames Ziel engagieren sowie gegenseitig zur Verantwortung ziehen.
Teilsystem	Menge von Elementen, die über eine bestimmte Beziehungsart miteinander verknüpft sind bzw. bestimmte Gemeinsamkeiten haben. Diese Beziehungen können das gesamte System überlagern.
Toleranz	Aufgeschlossenheit gegenüber einer Vielfalt von Auffassungen und Meinungen zu konkreten Sachverhalten.
Überlebenssicherung	Die Sicherung des eigenen Überlebens ist eine unauslöschbare Grundeigenschaft (neben anderen untergeordneten Zielen) komplexer offener Systeme.
Umsystem	Bereich, der außerhalb der Systemgrenzen liegt, zu dem das System aber Beziehungen aufweisen kann. Die Summe aller Umsysteme bildet die Systemumwelt (siehe auch Umwelt).
Umwelt	Begriff, mit dem ein Lebewesen oder etwas, das in Analogie zu einem Lebewesen behandelt wird, in kausalen Beziehungen steht. Der Umweltbegriff ist kategorial verschieden vom Begriff der Umgebung, der räumlich (und nicht kausal) definiert ist.
Untersystem	Kleinere, in sich abgrenzbare Einheit eines Systems, die bei einer hierarchischen Gliederung entsteht. Eine solche Untergliederung ist über mehrere Stufen möglich.
Varietät	Maßzahl für Komplexität, definiert als die Anzahl der möglichen Zustände, die ein System einnehmen kann. Hierbei darf die Regelkapazität des Reglers nicht größer sein als seine Kapazität als Übertragungskanal.

---

Vernetzung	Ein System ist vernetzt, wenn Eingriffe in ein Teilsystem Auswirkungen auf andere Elemente oder Teilsysteme haben.
Wahrnehmung	Subjektive Interpretation aufgenommener Daten, d.h. die Erzeugung von Wirklichkeit mittels Interfaces.
Wahrscheinlichkeit	Grad der Möglichkeit des Eintritts eines Ereignisses oder Grad der Gewissheit oder Glaubwürdigkeit einer Aussage.
Wissen	Gesamtheit der Kenntnisse und Fähigkeiten, die Individuen zur Lösung von Problemen einsetzen. Dies umfasst sowohl theoretische Erkenntnisse als auch praktische Alltagsregeln und Handlungsanweisungen. Wissen stützt sich auf Daten und Informationen, ist im Gegensatz zu diesen jedoch immer an Personen gebunden. Es wird von Individuen konstruiert und repräsentiert deren Erwartungen über Ursache-Wirkung-Zusammenhänge.
Zeit	Die Zeit beschreibt die Abfolge von Ereignissen, hat also im Gegensatz zu anderen physikalischen Größen eine eindeutige, unumkehrbare Richtung.
Ziele	Angestrebte Wirkungen von Handlungen.

## Literatur

- Adam, D. (1998): "Komplexitätsmanagement" (Schriften zur Unternehmensführung), Dr. Th. Gabler Verlag, Wiesbaden
- Adam, M. (2000): "Lebensfähigkeit sozialer Systeme" (Stafford Beer's Viable-System-Model im Vergleich), Zugleich: St. Gallen, Univ., Diss., 2000
- Aggteleky, B. & Bajna, N. (1992): "Projektplanung: ein Handbuch für Führungskräfte" (Grundlagen - Anwendung - Beispiele), Hanser, München, Wien
- AHO (2014): "Projektmanagementleistungen in der Bau- und Immobilienwirtschaft" (Heft Nr. 9), 4. Auflage, Bundesanzeiger Verlag, Berlin
- Alfen, H. W., et al. (2010): "Lebenszyklusorientiertes Risikomanagement für PPP-Projekte im öffentlichen Hochbau" (Abschlussbericht zum Forschungsprojekt), Verlag der Bauhaus-Universität Weimar, Weimar
- Amann, W., et al. (2013): "Chefsache Komplexität" (Navigation für Führungskräfte), Gabler, Wiesbaden
- Arthur, W. B. & Arrow, K. J. (2000): "Increasing returns and path dependence in the economy", Univ. of Michigan Press, Ann Arbor
- Ashby, W. R. (1963): "An introduction to cybernetics", 5. Auflage, Chapman & Hall, London
- Axelrod, R. (1997): "The complexity of cooperation" (Agent-based models of competition and collaboration), Univ. Press, Princeton, NJ
- Bandte, H. (2007): "Komplexität in Organisationen", Deutscher Universitäts-Verlag GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, Zugleich: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 2006
- Barnard, C. I. & Boetticher, K. W. (1970): "Die Führung großer Organisationen", Girardet, Essen
- Baumgartner, J. S. (1963): "Project management", R. D. Irwin, Homewood Ill.
- Bauszus, J./S. P. (2013): "Wer mit wahren Zahlen operiert, verliert" (Die Lügenbilanz der deutschen Großbauprojekte), [www.focus.de/politik/deutschland/tid-26329](http://www.focus.de/politik/deutschland/tid-26329) [zuletzt geprüft am: 23.01.2013]
- Bea, F. X., et al. (2008): "Projektmanagement", Lucius & Lucius, Stuttgart
- Bech, J. (2014): "Die Funktion des öffentlichen Bauherrn im Projektmanagement" (Bauherrenaufgaben und Organisationsschäden, dargestellt anhand von Fallstudien), DVP-Verlag, Berlin, Zugleich: Cottbus, BTU, Diss., 2013
- Beck, T. (1996): "Die Projektorganisation und ihre Gestaltung", Duncker & Humblot, Berlin, Zugleich: Tübingen, Univ., Diss., 1995
- Beer, S. (1973): "Kybernetische Führungslehre", Herder und Herder, Frankfurt Main, New York
- Beer, S. (1994): "Decision and control" (The meaning of operational research and management cybernetics), Reprinted. Auflage, Wiley, Chichester
- Bertelsen, S. (2003): "Construction as a Complex System", <http://leanconstruction.dk/media/16764/Construction%20as%20a%20Complex%20System.pdf> [zuletzt geprüft am: 23.01.2016]

- Binnig, G. (1997): "Aus dem Nichts" (Über die Kreativität von Natur und Mensch), 2. Auflage, Piper, München
- Birkenbihl, V. F. (2011): "Von "Null Ahnung" zu etwas Komplexität: gehirn-gerechte Einführung"
- Bliss, C. (1998): "Integriertes Komplexitätsmanagement" (Ansätze und Lösungsmöglichkeiten), Wiss. Ges. für Marketing und Unternehmensführung, Münster
- Bliss, C. (2000): "Management von Komplexität" (Ein integrierter, systemtheoretischer Ansatz zur Komplexitätsreduktion), Gabler, Wiesbaden, Zugleich: Münster, Univ., Diss., 1998
- BMJV - Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz [Hrsg.] (2012): "VOB - Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen" (VOB 2012)
- BMUB - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit [Hrsg.] (2009): "RBBau" (Richtlinien für die Durchführung von Bauaufgaben des Bundes)
- BMUB - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2016): "Reformkommission Bau von Großprojekten" (Bessere Kosten-, Termin- und Qualitätssicherheit bei Bundesbauten), BMUB, Berlin, Endbericht
- BMVBS - Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung [Hrsg.] (2008): "VHB - Vergabe- und Vertragshandbuch für die Baumaßnahmen des Bundes"
- BMVBS - Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung [Hrsg.] (2013): "HOAI - Honorarordnung für Architekten und Ingenieure" (HOAI 2013)
- BMVI - Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2015): "Reformkommission Bau von Großprojekten" (Komplexität beherrschen – kostengerecht, termintreu und effizient), Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Berlin, Endbericht
- Borgert, S. (2012): "Holistisches Projektmanagement" (Vom Umgang mit Menschen, Systemen und Veränderung), Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg
- Borgert, S. (2013): "Resilienz im Projektmanagement" (Bitte Ansnallen, Turbulenzen! Erfolgskonzepte Adaptiver Projekte), Gabler
- Brandes, D. & Brandes, N. (2014): "Einfach managen" (Komplexität vermeiden, reduzieren und beherrschen), 2. Aufl. Auflage, Redline-Verl., München
- Bremermann, H. J. (1962): "OPTIMIZATION THROUGH EVOLUTION AND RECOMBINATION" (From Self-Organizing Systems (1962)),  
<http://holtz.org/Library/Natural%20Science/Physics/Optimization%20Through%20Evolution%20and%20Recombination%20-%20Bremermann%201962.htm> [zuletzt geprüft am: 13.11.2016]
- Brunner, C. (2016): "Koordinierte „Planung der Planung“ und Schnittstellenklärung bei komplexen Bauvorhaben", Masterthesis SRH Hochschule, Heidelberg
- Bubenik, A. (2001): "Die Fassade und ihr Einfluss auf die schlüsselfertige Bauausführung", Driesen, Taunusstein, Zugleich: Darmstadt, Univ., Diss., 2001
- Bubner, D. (2006): "Risikomanagement bei Bauprojekten", Diplomarbeit BTU Cottbus, Cottbus
- Bühl, W. L. (2003): "Grenzen der Autopoiesis", [http://www.vordenker.de/buehl/wlb\\_grenzen-autopoiesis.pdf](http://www.vordenker.de/buehl/wlb_grenzen-autopoiesis.pdf) [zuletzt geprüft am: 12.11.2016]



- Dierig, C., et al. (2016): "Deutschlands Problem ist der deutsche Ingenieur" (VW-Skandal: Deutsche Ingenieure sind ein Auslaufmodell), <http://www.welt.de/wirtschaft/article147773198/Deutschlands-Problem-ist-der-deutsche-Ingenieur.html> [zuletzt geprüft am: 13.02.2016]
- DIN 18205:2016-11 (2016): "Bedarfsplanung im Bauwesen", Beuth Verlag GmbH, Berlin
- DIN 69901-1:2009-01 (2009): "Projektmanagement – Projektmanagementsysteme – Teil 1: Grundlagen", Beuth Verlag GmbH, Berlin
- Dittes, F.-M. (2012): "Komplexität" (Warum die Bahn nie pünktlich ist), Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg
- Dörfel, F. (unbek.): "Fuzzy Projektmanagement"
- Dörner, D. (2012): "Die Logik des Misslingens" (Strategisches Denken in komplexen Situationen), 11. Auflage, Rowohlt-Taschenbuch-Verl, Reinbek bei Hamburg
- Dreger, W. (1975): "Projekt-Management" (Planung und Abwicklung von Projekten), Bauverl., Wiesbaden
- Drews, G. & Hillebrand, N. (2010): "Lexikon der Projektmanagement-Methoden", 2. Auflage, Haufe, Freiburg, Berlin, München
- Duden.de: "Stichwort: Bauchgefühl, online im Internet:", <http://www.duden.de/rechtschreibung/Bauchgefuehl> [zuletzt geprüft am: 02.11.2016]
- Duden.de: "Stichwort: Be-ha-vi-o-ris-mus, online im Internet:", <http://www.duden.de/rechtschreibung/Behaviorismus> [zuletzt geprüft am: 04.12.2016]
- Duden.de: "Stichwort: einfach, online im Internet:", [http://www.duden.de/rechtschreibung/einfach\\_einmal\\_simpel](http://www.duden.de/rechtschreibung/einfach_einmal_simpel) [zuletzt geprüft am: 02.12.2016]
- Duden.de: "Stichwort: Emergenz, online im Internet:", <http://www.duden.de/suchen/dudenonline/emergenz> [zuletzt geprüft am: 28.01.2017]
- Duden.de: "Stichwort: Entität, online im Internet:", <http://www.duden.de/suchen/dudenonline/entitaet> [zuletzt geprüft am: 07.01.2017]
- Duden.de: "Stichwort: fraktal, online im Internet:", <http://www.duden.de/rechtschreibung/fraktal> [zuletzt geprüft am: 26.01.2017]
- Duden.de: "Stichwort: funktional, online im Internet:", <http://www.duden.de/rechtschreibung/funktional> [zuletzt geprüft am: 07.01.2017]
- Duden.de: "Stichwort: Fuzzylogik, online im Internet:", <http://www.duden.de/rechtschreibung/Fuzzylogik> [zuletzt geprüft am: 09.12.2016]
- Duden.de: "Stichwort: Human Relations, online im Internet:", [http://www.duden.de/rechtschreibung/Human\\_Relations](http://www.duden.de/rechtschreibung/Human_Relations) [zuletzt geprüft am: 04.12.2016]
- Duden.de: "Stichwort: komplex, online im Internet:", <http://www.duden.de/rechtschreibung/komplex> [zuletzt geprüft am: 16.01.2016]
- Duden.de: "Stichwort: kompliziert, online im Internet:", <http://www.duden.de/rechtschreibung/kompliziert> [zuletzt geprüft am: 02.12.2016]

- Duden.de: "Stichwort: persistent, online im Internet:",  
<http://www.duden.de/rechtschreibung/persistent> [zuletzt geprüft am: 26.01.2017]
- Duden.de: "Stichwort: Rationalität", <http://www.duden.de/rechtschreibung/Rationalitaet> [zuletzt geprüft am: 28.01.2017]
- Duden.de: "Stichwort: Risiko, online im Internet:", <http://www.duden.de/rechtschreibung/Risiko> [zuletzt geprüft am: 22.01.2017]
- Duden.de: "Stichwort: Selbstorganisation, online im Internet:",  
<http://www.duden.de/rechtschreibung/Selbstorganisation> [zuletzt geprüft am: 28.01.2017]
- Duden.de: "Stichwort: Selbstreferenz, online im Internet:",  
<http://www.duden.de/suchen/dudenonline/Selbstreferenz> [zuletzt geprüft am: 28.01.2017]
- Duden.de: "Stichwort: System, online im Internet:", <http://www.duden.de/rechtschreibung/System>  
[zuletzt geprüft am: 24.12.2016]
- Duden.de (2015): "Stichwort: win-win-Situation, online im Internet:",  
[http://www.duden.de/rechtschreibung/Win\\_win\\_Situation](http://www.duden.de/rechtschreibung/Win_win_Situation) [zuletzt geprüft am: 16.01.2016]
- DVP [Hrsg.] (2015): "DVP-Frühjahrstagung in München" (Zukunftstrends im Bauprojektmanagement), DVP-Verlag, Berlin
- Eschenbruch, K. (unbek.): "Das Projekt als Konstrukt - Hard- und Softskills des Projektmanagements"
- Eschenbruch, K. (unbek.): "Kontextuelles Projektmanagement - für die Bau- und Immobilienwirtschaft"
- Eschenbruch, K.: "Projektmanagement in der Krise? Was sind die baujuristischen Instrumente zur Stabilisierung von Großprojekten?", [http://www.bbb-professoren.eu/files/Tagungsband/20130905\\_Tagungsband.pdf](http://www.bbb-professoren.eu/files/Tagungsband/20130905_Tagungsband.pdf) [zuletzt geprüft am: 01.06.2015]
- Eschenbruch, K. (2015): "Projektmanagement und Projektsteuerung für die Immobilien- und Bauwirtschaft", 4. Auflage, Werner, Köln
- Europäisches Forum für Baukybernetik (2013): "Kybernetik" (Baukybernetik),  
<http://www.baukybernetik.at/de-de/baukybernetik/kybernetik.aspx> [zuletzt geprüft am: 08.03.2013]
- Ewert, W. (op. 1996): "Handbuch Projektmanagement öffentliche Dienste" (Grundlagen, Praxisbeispiele und Handlungsanleitungen für die Verwaltungsreform durch Projektarbeit), Kellner, Bremen [etc.]
- Faber-Praetorius, B. & Zippel, S. (2012): "Integratives Projektmanagement im Lebenszyklus der Immobilie" (Konzeption und Strategie für ein komplexitätsgerechtes Vorgehen), Books on Demand, Norderstedt, Zugleich: Hamburg, HafenCity Univ., Diss., 2012
- Felkai, R. & Beiderwieden, A. (2013): "Projektmanagement für technische Projekte" (Ein prozessorientierter Leitfaden für die Praxis), 2. Auflage, Imprint: Springer Vieweg, Wiesbaden
- Foerster, H. v. (2003): "Der Diskurs des radikalen Konstruktivismus" (Erkenntnistheorien und Selbstorganisation), 1. Aufl., [Nachdr.] Auflage, Suhrkamp, Frankfurt am Main
- Frahm, M. (2013): "Baukybernetik", Books on Demand, Norderstedt
- Franczyk, B., et al. (2004): "Metriken der Umfangsmessung und Analyse der Stakeholder" (PESOA-Report No. TR13/2004)

- Frese, E., et al. (1980): "Projektorganisation Theoretische Grundlagen und praktische Gestaltung", Sander, Dortmund
- Fricker, A. R. (1996): "Eine Methodik zur Modellierung, Analyse und Gestaltung komplexer Produktionsstrukturen", 1. Auflage, Verl. der Augustinus-Buchh, Aachen, Zugleich: Aachen, Techn. Hochsch., Diss., 1996
- Friedrichsen, U. (2011): "Agilität Gestern, Heute und Morgen: Eine Bestandsaufnahme und ein Blick in die Zukunft" in: OBJEKTSpektrum2/2011, 43–46
- Gabler.de: "Stichwort: Agile Softwareentwicklung, online im Internet:", <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/381707695/agile-softwareentwicklung-v5.html> [zuletzt geprüft am: 23.04.2017]
- Gabler.de: "Stichwort: Kanban, online im Internet:", <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/74282/kanban-system-v8.html> [zuletzt geprüft am: 23.04.2017]
- Gabler.de: "Stichwort: Prinzipal-Agenten-Theorie, online im Internet:", <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/prinzipal-agent-theorie.html> [zuletzt geprüft am: 12.02.2017]
- Gabler.de: "Stichwort: Rückkopplung, online im Internet:", <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/rueckkopplung.html> [zuletzt geprüft am: 22.01.2017]
- Gabler.de: "Stichwort: Scrum, online im Internet:", <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/381707698/scrum-v6.html> [zuletzt geprüft am: 23.04.2017]
- Gassmann, O. (2006): "Praxiswissen Projektmanagement" (Bausteine, Instrumente, Checklisten), 2. Auflage, Hanser, München [u.a.]
- Gawlick, R. (2017): "Bedürfnispyramide nach Maslow", <http://www.abraham-maslow.de/beduerfnispyramide.shtml> [zuletzt geprüft am: 12.07.2017]
- Gell-Mann, M. (1995): "Das Quark und der Jaguar" (Vom Einfachen zum Komplexen - die Suche nach einer neuen Erklärung der Welt), 3. Auflage, Piper, München
- Gerkan, M. v. (2013): "Black Box BER" (Vom Flughafen Berlin Brandenburg und anderen Großbaustellen; wie Deutschland seine Zukunft verbaut), Quadriga, Berlin
- Gessler, M. (2012): "Kompetenzbasiertes Projektmanagement (PM 3)" (Handbuch für die Projektarbeit, Qualifizierung und Zertifizierung auf Basis der IPMA Competence Baseline Version 3.0), 5. Auflage, GPM Deutsche Gesellschaft für Projektmanagement, Nürnberg
- Gomez, P. (1981): "Modelle und Methoden des systemorientierten Managements" (Eine Einführung), Haupt, Bern
- Görres, L. (2016): "Projekt-Management von Großprojekten in der Vorvertragsphase" (Verbesserung des Projekt-Managements von Großprojekten in der Vergabe- und Angebotsphase durch eine Analyse der Störfaktoren und des Konfliktpotentials baubetrieblicher Prozesse), 1. Auflage
- Grasl, O. (2004): "Prozessorientiertes Projektmanagement" (Modelle, Methoden und Werkzeuge zur Steuerung von IT-Projekten), 1. Auflage, Hanser, München

- Greiner, P., et al. (2009): "Baubetriebslehre - Projektmanagement" (Erfolgreiche Steuerung von Bauprojekten), 4. Auflage, Vieweg + Teubner, Wiesbaden
- Grimm, R. (2009): "Einfach Komplex" (Neue Herausforderungen Im Projektmanagement), Vs Verlag Fur Sozialwissenschaften
- Gröpl, C. (2001): "Haushaltsrecht und Reform" (Dogmatik und Möglichkeiten der Fortentwicklung der Haushaltswirtschaft durch Flexibilisierung, Dezentralisierung, Budgetierung, Ökonomisierung und Fremdfinanzierung), Mohr Siebeck, Tübingen, Zugleich: Regensburg, Univ., Habil.-Schr., 2000
- Grösser, S. (2011): "Projekte scheitern wegen dynamischer Komplexität" in: Projektmanagement Aktuell5
- Grote, H. (2002): "Kostensenken mit KOPF: Kybernetische Organisation Planung und Führung" (Die Revolution des Baumanagements), Patzer (September 2002), Berlin - Hannover
- Hagen, S. (2009): "Projektmanagement in der öffentlichen Verwaltung" (Spezifika, Problemfelder, Zukunftspotenziale), Gabler, Wiesbaden, Zugleich: Berlin, Techn. Univ., Diss, 2008
- Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V. (DBI) (2012): "Großprojekte in der Kritik - zu Recht?" (Wie Überschreitungen von Bauzeiten vermieden und Baubudgets eingehalten werden können), Berlin
- Herbst, L. (2004): "Komplexität und Chaos" (Grundzüge einer Theorie der Geschichte), 1. Auflage, Beck, München
- Herrmann, N. (1997): "Das Ganzhirn-Konzept für Führungskräfte" (Welcher Quadrant dominiert Sie und Ihre Organisation?), Ueberreuter, Wien
- Hill, W., et al. (1998): "Organisationslehre 2", 5. Auflage, Haupt, Berlin [etc.]
- Hoffmann, W. (2015): "Kurzanleitung Risikomanagement", 1. Auflage, DVP-Verlag, Berlin
- Höfling, W. (1996): "Vernetzt Denken", <http://www.entwicklung-training.de/downloads/vernetzt.pdf> [zuletzt geprüft am: 25.01.2015]
- Hofstadter, D. R. (1985): "Goedel, Escher, Bach" (Ein endloses geflochtenes Band), 7. Auflage, Klett-Cotta, Stuttgart
- Hofstätter, P. R. (1993): "Gruppendynamik" (Kritik der Massenpsychologie), 3. Auflage, Rowohlt, Reinbek bei Hamburg
- IPMA - International Projekt Management Association (2016): "complexity\_sheet\_de\_v2.1" (IPMA-Tabelle zur Bestimmung der Komplexität), [https://www.p-m-a.at/pma-download/cat\\_view/38-zertifizierung-ipma-level-a-d.html](https://www.p-m-a.at/pma-download/cat_view/38-zertifizierung-ipma-level-a-d.html) [zuletzt geprüft am: 17.02.2017]
- Jakoby, W. (2013): "Projektmanagement für Ingenieure" (Ein praxisnahes Lehrbuch für den systematischen Projekterfolg), 2. Auflage, Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden
- Jenny, B. (2014): "Projektmanagement" (Das Wissen für den Profi), 3. Auflage, vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, Zürich
- Joedicke, J. (1969): "Moderne Architektur" (Strömungen und Tendenzen), Krämer, Stuttgart
- Kalusche, W. (2005): "BKI - Praxis, Lehre und Forschung der Bauökonomie" (Zur Geschichte der Ausbildung von Architekten), Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern GmbH, Stuttgart

- Kalusche, W. (2016): "Projektmanagement für Bauherren und Planer", 4. Auflage, De Gruyter Oldenbourg, Berlin
- Kauffman, S. A. (1998): "Der Öltropfen im Wasser" (Chaos, Komplexität, Selbstorganisation in Natur und Gesellschaft), Ungekürzte Taschenbuchausg. Auflage, Piper, München, Zürich
- Kauffman, S. A. (2000): "Investigations", Oxford University Press, New York
- Kaufmann, L.: "Komplexitäts-Index-Analyse von Prozessen. Eine Methode zur Ermittlung von Ressourcenbeanspruchungen im Rahmen des Prozeß(kosten)managements" in, 212–221
- Kirchhof, R. (2003): "Ganzheitliches Komplexitätsmanagement" (Grundlagen und Methodik des Umgangs mit Komplexität im Unternehmen), 1. Auflage, Dt. Univ.-Verl, Wiesbaden, Zugleich.: Cottbus, Techn. Univ., Diss., 2002
- Kirsch, W. (1988): "Die Handhabung von Entscheidungsproblemen" (Einführung in die Theorie der Entscheidungsprozesse), 3. Auflage, Kirsch, Herrsching
- Kirst, D. (2016): "Analyse von Auswirkungen der Komplexität auf das Projektmanagement von Bauvorhaben", Diplomarbeit Technische Universität, Kaiserslautern
- Kochendörfer, B., et al. (2008): "Bau-Projekt-Management" (Grundlagen und Vorgehensweisen), 4. Auflage, Vieweg + Teubner in GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden
- Koggelmann, J. (2015): "Die Ergebnisse der Reformkommission aus Sicht des BMVI" 2015 in: "DVP-Frühjahrstagung in München": DVP [Hrsg.], DVP-Verlag Berlin, 1–24
- Könen, A.: "Öffentliche Bauprojekte" (Risiken oft unterschätzt), [http://www.gabot.de/index.php/News-Details/52/0/?&no\\_cache=1&tx\\_ttnews%5Btt\\_news%5D=223805](http://www.gabot.de/index.php/News-Details/52/0/?&no_cache=1&tx_ttnews%5Btt_news%5D=223805) [zuletzt geprüft am: 27.12.2016]
- Krieg, W. (1971): "Kybernetische Grundlagen der Unternehmungsgestaltung", Haupt, Bern, Zugleich.: St. Gallen, Univ., Diss., 1971
- Kuster, J., et al. (2011): "Handbuch Projektmanagement", Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg
- Land Rheinland-Pfalz - Ministerium der Finanzen [Hrsg.] (1998): "Landesbauordnung Rheinland-Pfalz" (LBauO)
- Land Rheinland-Pfalz - Ministerium der Finanzen [Hrsg.] (2008): "Vergabe- und Vertragshandbuch für die Durchführung von Bauaufgaben des Landes (VHB)" (Ausgabe 2008 - Stand August 2011)
- Lange, S. (2015): "Komplexität im Projektmanagement" (Methoden und Fallbeispiele für erfolgreiche Projekte), Springer Vieweg, Wiesbaden
- Lauber, J.: "LeanNash: Wer ist schuld, dass Bauprojekte bezüglich Kosten, Termin und Ergebnis gravierend daneben gehen? Was ist Abhilfe im Sinne der FM?" in: "Facilitymanagement 2014 - Messe und Kongress, Frankfurt am Main, 25. - 27.02.2014, Tagungsband": Mesago [Hrsg.], VDE VERLAG BERLIN, 86–89
- Lechner, H. (2015): "Vorschlag zur Einführung von Projektklassen", <http://www.pmttools.eu/download/Projektklassen.pdf> [zuletzt geprüft am: 17.02.2017]
- Lent, B. (2013): "IT-Projektmanagement als kybernetisches System" (Intelligente Entscheidungsfindung in der Projektführung durch Feedback), Imprint: Springer Vieweg, Wiesbaden
- Liebelt, W. & Sulzberger, M. (1989): "Grundlagen der Ablauforganisation", Schmidt, Giessen

- Lorenz, E. N. (1995): "The essence of chaos", 1. Auflage, University of Washington Press, Seattle
- Lorenz, E. N. (2008): "The Essence of Chaos", [Nachdr.]. Auflage, Univ. of Washington Press, Seattle
- Luhmann, N. (1966): "Theorie der Verwaltungswissenschaft" (Bestandsaufnahme und Entwurf), Grote, Köln
- Luhmann, N. (1991): "Soziale Systeme" (Grundriß einer allgemeinen Theorie), 4. Aufl. Auflage, Suhrkamp, Frankfurt am Main
- Luhmann, N. (1991): "Soziologische Aufklärung 1" (Aufsätze zur Theorie sozialer Systeme), 6. Auflage, Westdt. Verl., Opladen
- Luhmann, N. (1992): "Beobachtungen der Moderne", VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden
- Luhmann, N. (1994): "Soziale Systeme" (Grundriss einer allgemeinen Theorie), 4. Auflage, Suhrkamp, Frankfurt am Main
- Luhmann, N. (1999): "Zweckbegriff und Systemrationalität" (Über die Funktion von Zwecken in sozialen Systemen), 6. Auflage, Suhrkamp, Frankfurt am Main
- Maeda, J. (2006): "The laws of simplicity", MIT Press, Cambridge Mass.
- Mainzer, K. (2008): "Komplexität", UTB, Paderborn
- Malik, F. (1993): "Systemisches Management, Evolution, Selbstorganisation" (Grundprobleme, Funktionsmechanismen und Lösungsansätze für komplexe Systeme), Haupt, Bern, Wien u.a
- Malik, F. (1998/2002): "Komplexität - was ist das?" (Modewort oder mehr? Kybernetisches Führungswissen Control of High Variety-Systems), <http://www.kybernetik.ch/dwn/komplexitaet.pdf> [zuletzt geprüft am: 19.05.2015]
- Malik, F. (2000): "Führen, Leisten, Leben" (Wirksames Management für eine neue Zeit), 8. Auflage, DVA, Stuttgart
- Malik, F. (2008): "Strategie des Managements komplexer Systeme" (Ein Beitrag zur Management-Kybernetik evolutionärer Systeme), 10. Auflage, Haupt, Bern, Hochsch., Habil.-Schr.--St. Gallen, 1977
- Malik, F. (2011): "Strategie" (Navigieren in der Komplexität der Neuen Welt), Campus, Frankfurt am Main
- Mayer, T.-L., et al. (2008): "Advanced project Management" (Herausforderungen - Praxiserfahrungen - Perspektiven), Lit, Berlin, Münster
- Mesago [Hrsg.]: "Facilitymanagement 2014 - Messe und Kongress, Frankfurt am Main, 25. - 27.02.2014, Tagungsband", VDE VERLAG BERLIN
- Meyer, C. M., et al. (2007): "Integration des Komplexitätsmanagements in den strategischen Führungsprozess der Logistik", 1. Auflage, Haupt, Bern, Techn. Univ., Institut für Logistik und Unternehmensführung, Diss. u.d.T.: Meyer, Christian Martin: Komplexitätsmanagement in der Logistik--Hamburg-Harburg, 2006
- Neumann, K. (2009): "KNOW-WHY: Management kapiert Komplexität" (Wie und warum Manager mehr begreifen und sich weniger auf Best Practice verlassen müssen), Books on Demand, Norderstedt
- Ohlberger, M. (2016): "Die Projektorganisation", Masterthesis SRH Hochschule, Heidelberg

- Pape, U. J. (2003): "Natürliche Beispiele von Multiagentensysteme", [http://www.ag-nbi.de/lehre/03/S\\_SI/Referate/Pape/swarm\\_ex.pdf](http://www.ag-nbi.de/lehre/03/S_SI/Referate/Pape/swarm_ex.pdf) [zuletzt geprüft am: 31.12.2016]
- Patzak, G. (2009): "Messung der Komplexität von Projekten" in 5, 42–45
- Patzak, G. & Rattay, G. (2009): "Projektmanagement" (Leitfaden zum Management von Projekten, Projektportfolios, Programmen und projektorientierten Unternehmen), 5. Auflage, Linde, Wien
- Peak, D. & Frame, M. (1995): "Komplexität - das gezähmte Chaos", Birkhäuser, Basel [u.a.]
- Pfarr, K. (1983): "Geschichte der Bauwirtschaft", Dt. Consulting-Verl, Essen
- Pfarr, K. (1984): "Grundlagen der Bauwirtschaft", Dt. Consulting Verl, Essen
- Pfetzinger, K. & Rohde, A. (2011): "Ganzheitliches Projektmanagement", 4. Auflage, Schmidt, Gießen [i.e.] Wettenberg
- Pfläging, N. & Steinmann, P. (2014): "Organisation für Komplexität" (Wie Arbeit wieder lebendig wird - und Höchstleistung entsteht), Aktualisierte und erw. Neuaufl. Auflage, Redline, München
- Piekenbrock, D. (2009): "Gabler Kompakt-Lexikon Volkswirtschaftslehre" (4.200 Begriffe nachschlagen, verstehen, anwenden ; [A - Z]), 3. Auflage, Gabler, Wiesbaden
- Principe, S. (1994): "Anwendungsorientierter Modelleinsatz im Management" (Konzeptionelle Grundlagen für den Einsatz des Sensitivitätsmodells), St. Gallen, Zugl.: St. Gallen, Hochsch. f. Wirtschafts-, Rechts- u. Sozialwiss., Diss
- Probst, G. J. B. (1981): "Kybernetische Gesetzhypothesen als Basis für Gestaltungs- und Lenkungsregeln im Management" (Eine Methodologie zur Betrachtung von Managementsituationen aus kybernetischer Sicht), Haupt, Bern, Zugl.: St. Gallen, Hochschule St. Gallen für Wirtschafts- und Sozialwiss. Diss., 1981
- Probst, G. J. B. (1987): "Selbst-Organisation" (Ordnungsprozesse in sozialen Systemen aus ganzheitl. Sicht), Parey, Berlin, Hamburg, Zugl.: St. Gallen, Hochsch. für Wirtschafts- u. Sozialwiss., Habil.-Schr., 1987
- Pruckner, M. (2002): "Die Management-Kybernetik und St.Gallen", [www.managementkybernetik.com/www.kybernetik.ch](http://www.managementkybernetik.com/www.kybernetik.ch) [zuletzt geprüft am: 01.06.2014]
- Raufeisen, M. (1999): "Konzept zur Komplexitätsmessung des Auftragsabwicklungsprozesses" (Eine empirische Untersuchung), TCW-Transfer-Centrum, München, Zugleich: München, Techn. Univ., Diss., 1998
- Reiß, M. (1991): "Projektmanagement, Produktmanagement, Prozessmanagement" (Perspektiven integrativer Organisationsgestaltung), BWI, Abt. II, Stuttgart
- Reuter, J. (1998): "Komplexität und Dynamik der Implementierung von Wettbewerbsstrategien", Deutscher Universitätsverlag, Wiesbaden
- Richter, K. & Rost, J.-M. (2002): "Komplexe Systeme", Orig.-Ausg. Auflage, Fischer-Taschenbuch-Verl, Frankfurt am Main
- Rosemann, M. (1996): "Komplexitätsmanagement in Prozeßmodellen" (Methodenspezifische Gestaltungsempfehlungen für die Informationsmodellierung), Gabler, Wiesbaden, Univ., Diss.--Münster, 1995
- Rosenkranz, F. (2006): "Geschäftsprozesse" (Modell- und computergestützte planung), Springer, Berlin

- Russell-Walling, E. (2011): "50 Schlüsselideen Management", Imprint: Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg
- Schäfers, A. T.U.: "Gehirn und Lernen", <http://www.gehirnlernen.de/gehirn/> [zuletzt geprüft am: 04.12.2016]
- Schelle, H., et al. (2005): "ProjektManager", 2. Auflage, GPM Dt. Ges. für Projektmanagement, Nürnberg
- Schelle, H., et al. (2008): "Die Lehre vom Projektmanagement, in: Projekte erfolgreich managen", TÜV-Rheinland
- Scherf, O. (2003): "Komplexität aus systemischer Sicht", Dissertation Universität, Sankt Gallen
- Schimank, U. (2005): "Die Entscheidungsgesellschaft" (Komplexität und Rationalität der Moderne), VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden
- Schleicher, M. (2012): "Komplexitätsmanagement bei der Baupreisermittlung im Schlüsselfertigbau", Kassel University Press, Kassel, Zugleich: Kassel, Techn. Univ., Diss., 2011
- Schmid, A. & Hanisch, B. (2015): "Das institutionelle Scheitern von Projekten – Public Project Management" in: Projektmanagement Aktuell2, 15–22
- Schmidt, A. P. (1999): "Endo-Management" (Entrepreneurship im Interface des World Wide Web), 2. Auflage, Haupt, Bern, Stuttgart, Wien
- Schmidt, D. (1992): "Strategisches Management komplexer Systeme" (Die Potentiale computergestützter Simulationsmodelle als Instrumente eines ganzheitlichen Managements - dargestellt am Beispiel der Planung und Gestaltung komplexer Instandhaltungssysteme), Lang, Frankfurt am Main, Univ., Diss.--Stuttgart, 1991
- Schreyögg, G. (1997): "Organisation" (Grundlagen moderner Organisationsgestaltung ; mit Fallstudien), 2. Auflage, Gabler, Wiesbaden
- Schuster, H. G. (2001): "Complex adaptive systems" (An introduction), Scator-Verl., Saarbrücken
- Schwanger, M. (1994): "Managementsysteme", Campus-Verl., Frankfurt/Main
- Schwanger, M. & Körner, M. (2003): "Systemisches Projektmanagement" in: zfo2, 75–85
- Senge, P. M. (1994): "The fifth discipline fieldbook" (Strategies and tools for building a learning organisation), N. Brealey, London
- Simon, H. A. (1996): "The sciences of the artificial", 3. Auflage, MIT Press, Cambridge, Mass
- Spiegel Online (2014): "Bundesbauministerin Hendricks berichtet über Kostensteigerungen bei Großprojekten", <http://www.spiegel.de/spiegel/vorab/bauministerin-hendricks-ueber-kostensteigerungen-beigrossprojekten-a-984155.html> [zuletzt geprüft am: 24.09.2017]
- Springer Fachmedien Wiesbaden [Hrsg.] (2013): "Gabler Kompakt-Lexikon Wirtschaft" (4.500 Begriffe nachschlagen, verstehen, anwenden), 11., akt. Aufl. 2013. Korr. Nachdruck 2012. Auflage, Springer Gabler, Wiesbaden
- Springer Gabler Verlag (Herausgeber), Gabler Wirtschaftslexikon: "Stichwort: Komplexität, online im Internet:", <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/komplexitaet.html> [zuletzt geprüft am: 24.09.2017]



Springer Gabler Verlag (Herausgeber), Gabler Wirtschaftslexikon: "Stichwort: System, online im Internet:", <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/3210/system-v12.html> [zuletzt geprüft am: 24.09.2017]

Springer Gabler Verlag (Herausgeber), Gabler Wirtschaftslexikon: "Stichwort: Systemtheorie, online im Internet:", <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/54955/systemtheorie-v8.html> [zuletzt geprüft am: 03.09.2017]

Stacey, R. D. (1997): "Unternehmen am Rande des Chaos" (Komplexität und Kreativität in Organisationen), Schäffer-Poeschel, Stuttgart

Steeger, O. (2013): "Die Trennung von Planung und Bauausführung führt zu großen Schwierigkeiten" in: Projektmanagement Aktuell3, 14–20

Steinbuch, P. A. (2000): "Projektorganisation und Projektmanagement", 2., überarb. Aufl. Auflage, Kiehl, Ludwigshafen (Rhein)

Streck, S. & Wischhof, K. (2009): "Materialband zum Leitbild Bau", Wuppertal/Hamburg

Stüttgen, M. (1999): "Strategien der Komplexitätsbewältigung in Unternehmen" (Ein transdisziplinärer Bezugsrahmen), Haupt, Bern, Univ., Diss.--St. Gallen, 1999

Stüttgen, M. (2003): "Strategien der Komplexitätsbewältigung in Unternehmen" (Ein transdisziplinärer Bezugsrahmen), 2. Auflage, Haupt, Bern, Stuttgart, Wien

Thiedeke, U. (2009): "Einführung in die Theorien sozialer Systeme" (Was sind Systeme?), Zusammenfassung zur Vorlesung WS 2009/10, [http://www.staff.uni-mainz.de/thiedeke/VORL\\_TSS\\_WS09\\_10\\_Zusf051109.pdf](http://www.staff.uni-mainz.de/thiedeke/VORL_TSS_WS09_10_Zusf051109.pdf) [zuletzt geprüft am: 15.04.2013]

THIS (2012): "BAUUNTERNEHMEN MIT GUTEN ERGEBNISSEN 2011 - Nur wenige Firmen zeigten Verluste" (Tabelle der 50 größten deutschen Bauunternehmen in 2011.) [zuletzt geprüft am: 03.09.2014]

Ulrich, H. (2001): "Systemorientiertes Management" (Das Werk von Hans Ulrich), Studienausg. Auflage, Haupt, Bern, Stuttgart, Wien

Ulrich, H. & Probst, Gilbert J. B (1991): "Anleitung zum ganzheitlichen Denken und Handeln" (Ein Brevier für Führungskräfte), 3. Auflage, Haupt, Bern, Stuttgart

VDI 3633:2013-12 (2013): "Simulation von Logistik-, Materialfluss- und Produktionssystemen - Begriffe", Beuth Verlag GmbH, Berlin

Vester, F. (2011): "Die Kunst vernetzt zu denken" (Ideen und Werkzeuge für einen neuen Umgang mit Komplexität; ein Bericht an den Club of Rome; [der neue Bericht an den Club of Rome]), 8. Auflage, Dt. Taschenbuch-Verl., München

Volkman, W. (2003): "Projektentwicklung" (Handbuch für die planerische und baupraktische Umsetzung ; Methoden, Arbeitshilfen, Vordrucke ; [incl. CD mit WINWORD-Dokumenten und EXCEL-Tabellen]), 2. Auflage, Verl. für Wirtschaft und Verwaltung Wingen, Essen

Volkman, W. (2016): "Projektmanagement von Immobilienprojekten" (Grundlagen), [http://www.volkman-pm.de/images/kunde/pdfs/PM\\_Grundlagen\\_2016.pdf](http://www.volkman-pm.de/images/kunde/pdfs/PM_Grundlagen_2016.pdf) [zuletzt geprüft am: 17.01.2017]

Volkman, W. & Schneider, W. (2013): "Kurzanleitung Prozessorientiertes Bauprojektmanagement", 1. Auflage, DVP-Verlag, Berlin

- Weaver, W.: "SCIENCE AND COMPLEXITY" ("Science and Complexity", American Scientist, 36:536 (1948)), Based upon material presented in Chapter 1 "The Scientists Speak," Boni & Gaer Inc., 1947, <http://people.physics.anu.edu.au/~tas110/Teaching/Lectures/L1/Material/WEAVER1947.pdf> [zuletzt geprüft am: 13.11.2016]
- Weigand, F.: "Aufwandsschätzung in IT-Großprojekten Function Point Methode" ((FPA)), <https://www.matthes.in.tum.de/file/stdmz5ua8sr7/Sebis-Public-Website/-/Proseminar/Weigand-Function-Point-Methode-Ausarbeitung.pdf> [zuletzt geprüft am: 04.09.2017]
- Whitehead, A. N. & Holl, H. G. (1984): "Wissenschaft und moderne Welt", 1. Auflage, Suhrkamp, Frankfurt am Main
- Wiener, N. (1966): "Mensch und Menschmaschine" (Kybernetik und Gesellschaft), 3. Auflage, Athenäum Verlag, Frankfurt a.M, Bonn
- Wiener, N. (1971): "Ich und die Kybernetik" (Der Lebensweg e. Genies), Genehmigte Taschenbuchausg. Auflage, Goldmann, München
- Wildemann, H. (2004): "Komplexitätsmanagement" (Leitfaden zur Einführung eines durchgängigen Komplexitätsmanagements im Unternehmen), 5. Auflage, TCW-Verlag, München
- Will, L. (1983): "Die Rolle des Bauherrn im Planungs- und Bauprozess", 2. Auflage, Lang, Frankfurt a.M, Berlin, Zugleich: Berlin, Techn. Univ., Diss., 1982
- Willke, H. (1991): "Eine Einführung in die Grundprobleme der Theorie sozialer Systeme", 3. Auflage, Fischer, Stuttgart
- Willke, H. (2000): "Grundlagen" (Eine Einführung in die Grundprobleme der Theorie sozialer Systeme ; mit einem Glossar), 6. Auflage, Lucius & Lucius, Stuttgart
- www.pm-handbuch.com: "Stichwort: Projekt, online im Internet:", <http://www.pm-handbuch.com/begriffe/> [zuletzt geprüft am: 04.02.2017]
- Zohar, D. & Böhler, M. (2000): "Am Rande des Chaos" (Neues Denken für chaotische Zeiten), Midas-Management-Verlag, St. Gallen, Zürich, New York

# Anhang A - Interviewliste

Interviewliste Expertenbefragung (Alphabetisch)											
Nr.	Nachname	Vorname	Titel	Firma/Institution	BH	OP	BF	Funktion	Straße	PLZ	Stadt
28	Allen	Hans Wilhelm	Prof. Dr.-Ing.	Bauhaus-Universität Weimar		1		Professur Betriebswirtschaftslehre im Bauwesen	Marienstraße 7A	99423	Weimar
24	Bargstädt	Hans-Joachim	Prof. Dr.-Ing.	Bauhaus-Universität Weimar			1	Professur für Baubetrieb und Bauverfahren	Marienstraße 7A	99423	Weimar
13	Basten	Holger	Dipl.-Ing.	LBB Landesbetrieb Liegenschafts- und Baubetreuung	1			Geschäftsführer	Rheinstraße 4E	55116	Mainz
9	Bech	Jan	Dipl.-Ing.	GMISH Gebäudemanagement Schleswig-Holstein AOR	1			Projektleiter	Fasanenweg 15	24321	Lütjenburg
3	Dörringhaus	Peter	Dr.-Ing.	Codema International GmbH		1		Geschäftsführer/Projektleiter	Girardestraße 2-38/Eingang 4	45131	Essen
34	Duus	Michael	Dipl.-Ing.	WSP Deutschland AG		1		Geschäftsleitung Projektmanagement Düsseldorf	Tersteegenstraße 25	40474	Düsseldorf
11	Eschenbruch	Klaus	Dr. Jur.	Kapellmann und Partner, Rechtsanwälte	1			Partner, Fachanwalt für Bau- und Architektenrecht	Stadtorf 1	40219	Düsseldorf
12	Faber-Praetorius	Berend	Prof. Dr.-Ing.	Hochschule 21 GmbH	1			Professor für Bau und Immobilien	Harburger Str. 6	21614	Buxtehude
38	Fehrs	Wolfgang	Dipl.-Ing.	Architekturbüro Fehrs/Steffen		1		Geschäftsführer Architekturbüro	Rensburger Str. 173	24537	Neumünster
25	Hecker	Klaus	Dipl.-Ing.	Hecker   Architekten		1		Leitender Architekt	Am Klarensprung 12	42551	Velbert
39	Helmus	Manfred	Prof. Dr.-Ing.	Bergische Universität Wuppertal			1	Lehrstuhl Baubetrieb & Bauwirtschaft	Pauluskirchstr. 7	42285	Wuppertal
16	Herrmann	Martha		GIF (Gesellschaft für Immobilienwirtsch. Forschung e.V.)	1			Leiterin der Geschäftsstelle	Mosbacher Str. 9	65187	Wiesbaden
27	Huber	Helmut	Dipl.-Ing.	Huber Ingenieurgesellschaft			1	Selbstständig	Löhmeierstraße 30	66119	Saarbrücken
1	Kalusche	Wolfgang	Prof. Dr.-Ing.	BTU Cottbus		1		Lehrstuhl Planungs- und Bauökonomie	Konrad-Wachsmann-Allee 1	03046	Cottbus
2	Körkemeyer	Karsten	Prof. Dr.-Ing.	Technische Universität Kaiserslautern			1	Lehrstuhl Baubetrieb und Projektmanagement	Gottlieb-Daimler-Straße, 14	67663	Kaiserslautern
21	Landowski	Daniel	Dipl.-Ing.	Preuss Projektmanagement GmbH	1			Projektleiter	Einsteinstr. 1	81675	München
33	Lang	Lutz	RA	BTU Cottbus	1			Rechtsanwalt, Notar, FA für Baurecht, Gastprofessor an der BTU Cottbus	Konrad-Wachsmann-Allee 1	03046	Cottbus
31	Lechner	Hans	Prof. Dr.-Ing.	TU Graz		1		Leiter Institut für Baubetrieb + Bauwirtschaft, TU Graz	Lessingstr. 25/III	A 8010	Graz
23	Linke	Uwe	Dipl.-Ing.	Zentrales Gebäudemanagement Stadt Krefeld	1			Technische Leiter	Mevissenstr. 65	47792	Krefeld
32	Lorenz	Henrik	Dipl.-Ing.	formart GmbH & Co. KG		1		Projektleiter	Hamborner Str. 55	40472	Düsseldorf
20	Metzger	Axel		Bilfinger Construction GmbH			1	Geschäftsführer Major Projects	Gustav-Nachtigal-Str. 3,	65187	Wiesbaden
10	Penkwith	Ingo	Dipl.-Ing.	Immobilienwirtschaft Stadt Essen	1			Leiter	Lindennalee 59-67	45121	Essen
5	Petroschka	Torsten	Dipl.-Ing.	Sander Hofrichter Architekten		1		Leitender Architekt	Kapellengasse 11	67071	Ludwigshafen
6	Preuss	Norbert	Dr.-Ing.	Preuss Projektmanagement GmbH		1		Geschäftsführer	Einsteinstr. 1	81675	München
36	Ruf	Hans-Ulrich	Dipl.-Ing.	Architektenkammer Nordrhein-Westfalen		1		Architekt und Gutachter	Moreller Weg 56	52074	Aachen
19	Sauter	Jürgen		Imtech Bauunternehmung			1	CEO	Hammer Str. 62	21079	Hamburg
30	Schach	Rainer	Prof. Dr.-Ing.	TU Dresden			1	Leiter Institut für Baubetriebswesen	Nürnberg Str. 31A	01062	Dresden
8	Schneider	Werner	Dipl.-Ing.	DU Diederichs Projektmanagement AG & Co. KG	1			Vorstand	Laurentiusstr. 21	42103	Wuppertal
7	Schofer	Rainer	Dr.-Ing.	SMV Bauprojektsteuerung Ingenieurgesellschaft mbH	1			Geschäftsführer	Wichmannstr. 5	10787	Berlin
4	Schwabe	Matthias	Dr.-Agr.	Universitätsmedizin Mainz	1			Leiter	Martin-Luther-Straße 11	55131	Mainz
35	Siemon	Klaus Dieter	Dipl.-Ing.	Siemon Sachverständige + Ingenieure GmbH		1		Geschäftsleiter und Gutachter	Kasseler Straße 92	34246	Vellmar
17	Speier	Ludger	Dr.-Ing.	ZERNA Planen und Prüfen GmbH		1		Geschäftsführender Gesellschafter	Lise-Meitner-Allee 11	44801	Bochum
40	Sterck	Wilfried	Dipl.-Ing.	Gebäudemanagement Stadt Aachen	1			Architekt und Projektmanager	Lagerhausstraße 20	52064	Aachen
15	Viering	Markus	Dr.-Ing.	KVL Bauconsult GmbH	1			Geschäftsführender Gesellschafter	Spichernstr. 2	10777	Berlin
14	Volkmann	Walter	Dipl.-Ing.	Walter Volkmann - Dipl.-Ing. Architekt BDA		1		Freiberufler	Wilstr. 39	47057	Duisburg
22	Waibel	Christian	Dipl.-Ing.	Max Bögl Bauunternehmung GmbH		1		Leiter Vertrags- und Baubetriebsmanagement	Postfach 1120	92301	Neumarkt
26	Wanninger	Rainer	Prof. Dr.-Ing.	TU Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig			1	Leiter Institut für Bauwirtschaft und Baubetrieb	Schleintzstr. 23A	38106	Braunschweig
18	Wittenberg	Reinhold		Aug. Prien Bauunternehmung		1		Leitung Controlling und IT	Dampfschiffsweg 3-9;	21079	Hamburg
37	Zimmermann	Josef	Prof. Dr.-Ing.	Technische Universität München			1	Lehrstuhl für Bauprozessmanagement und Immobilienentwicklung	Arcisstrasse 21	80333	München
29	Zoeppritz	Sebastian	Prof. Dr.-Ing.	Hochschule Augsburg	15	13	12	Professur für Städtebau und Entwurf	Baumgartnerstraße 16	86161	Augsburg

## Anhang B - Fragebogen



Interview/Fragebogen	04.02
----------------------	-------

<b>Thema:</b>	Zum Umgang mit der Komplexität großer Bauvorhaben
<b>Name:</b>	
<b>Titel/Funktion:</b>	
<b>Institution:</b>	
<b>Anschrift:</b>	
<b>E-Mail:</b>	
<b>Telefon:</b>	

1. Bitte nennen Sie Gründe für nicht zielgerecht laufende große Bauvorhaben?
  
2. Bitte definieren Sie den Begriff „große Bauvorhaben“?
  
3. Bitte definieren Sie den Begriff „Komplexität“?
  
4. Wirken sich Erfahrung und Routine der Projektbeteiligten auf die Komplexität aus?  
Falls ja, wie?
  
5. Verändert sich die Komplexität durch die Neuartigkeit (Besonderheit) der Projekthinhalte?  
Falls ja, wie?
  
6. Wirken sich erhöhte Anforderungen an die Projektziele auf die Komplexität aus? Falls ja, wie?
  
7. Haben Sie Erfahrungen mit systemorientiertem, kybernetischem Projektmanagement?  
Falls ja, welche?
  
8. Lässt sich Komplexität messen oder berechnen? Falls ja, wie?
  
9. Könnte man der zunehmenden Komplexität im Bauwesen entgegenzutreten? Falls ja, wie?
  
10. Wenn es eine Empfehlung zur Bewertung der Komplexität eines Projektes gäbe, würde Sie diese im Rahmen der Akquise und zur Risikoanalyse einsetzen?

## Anhang C - Auswertung der Fragebogen

Nr.	<b>1</b> <b>Ursachen</b> <b>Nennen Sie Gründe für nicht zielgerecht laufende große Bauvorhaben?</b>
1	<p>Die in letzter Zeit in Kritik geratenen Projekte haben folgende Gemeinsamkeit: Es sind öffentliche Projekte und sie gründen sich auf einem Bestand. Weiterhin sind es alles Projekte, die sehr innovativ sind und einen hohen technischen Anspruch haben.</p> <p>Das Problem der öffentlichen Bauten liegt in der Bauherrenorganisation begründet. Die obersten Entscheider sind Politiker ohne Baukenntnisse, die die Bedeutung der Bauherrenaufgaben nicht ausreichend kennen oder aus politischen Gründen nicht wahrnehmen. Exemplarisch sei hier der starke öffentliche Einfluss genannt, der sich nicht mehrheitsfördernd auswirken kann, wenn zu hohe Kosten genannt werden. Damit kann man ein Projekt schnell politisch tot machen.</p> <p>Die Projekte werden somit politisch instrumentalisiert. Es findet keine ehrliche Berichterstattung mehr statt. Es regiert die Unehrllichkeit, man operiert mit geschönten Zahlen, Planer werden unter Druck gesetzt, man verhindert den Informationsfluss und somit die Transparenz im Projekt.</p> <p>Hinzu kommt, dass oftmals die verantwortlichen Bauherren wechseln bzw. beim Auftreten größerer Probleme flüchten und somit sich wechselnde Verantwortlichkeiten ergeben, die eine durchgängige Projektführung behindern.</p> <p>Am Rande bemerkt wären die staatlichen Hochbauverwaltungen eher in der Lage, diese Projekte führen zu können. Diese genießen jedoch leider kein hohes Ansehen in der Bauherrenschaft. Stattdessen werden externe Projektleiter eingesetzt, die jedoch oftmals das Geschäft nicht beherrschen.</p>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Projekte sind früher auch schon danebengegangen</li> <li>- Betrifft nicht nur Bauprojekte sondern auch andere Projekte</li> <li>- Diese Projekte stehen unter enormen Zeitdruck, hierdurch oftmals Überschneidung von Planung, Ausschreibung und Ausführung</li> <li>- Hierdurch mehr Schnittstellen bei geringerem Kenntnisstand</li> <li>- Höhere Anzahl der Projektbeteiligten</li> <li>- Großer öffentlicher Einfluss</li> </ul>
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- technischen Zusammenhänge werden immer vielfältiger</li> <li>- Verbindung zwischen den einzelnen Schnittstellen ist schlechter durchschaubar</li> <li>- Es wird höheres technisches Wissen benötigt und somit höhere Anforderungen an die Beteiligten gestellt</li> <li>- hierdurch höherer Steuerungsaufwand Weiterhin - größere Anzahl von Projektbeteiligten</li> <li>- Entscheider mit geringem Wissen über Projektmanagement und Planungs- bzw. Bauabläufe</li> <li>- Entscheider, die nicht entscheiden wollen</li> <li>- stärkere Einflussnahme der Öffentlichkeit (NGO)</li> </ul>
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>- geringe Vorlaufzeiten</li> <li>- kurze Planungszeiten</li> <li>- stringente Kosten- und Terminvorgaben</li> <li>- spätes Einbeziehung der Nutzer</li> <li>- späte Abstimmung mit Stakeholder</li> <li>- Projekte sind komplexer geworden, da immer mehr Beteiligte</li> </ul>
5	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Projekte unter hohem politischen Druck</li> <li>- politische Gremien sind oftmals überfordert</li> <li>- Entscheider haben i.d.R. keine Fachkompetenz</li> <li>- Bauherren nehmen ihre Aufgaben nicht wahr</li> <li>- vermehrt schlechte TGA-Planung</li> </ul>
6	<p>Die zzt. in den Medien diskutierten Projekte sollte nicht davon ablenken, dass es eine Vielzahl von zielgerecht laufenden Projekten in Deutschland gibt. Am Leistungsbild zur Erbringung der Aufgaben liegt es sicherlich nicht. AHO Heft 9 deckt alle diesbezüglichen Anforderungen ab.</p> <p>Es gibt eher ein Durchführungsproblem. Hierfür möchte ich folgende Felder anführen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Organisatorische Vorgaben werden oftmals zu spät umgesetzt.</li> <li>• Das Entscheidungs- und Änderungsmanagement wird nicht ausreichend gelebt.</li> <li>• Terminfestlegungen und Entscheidungen fallen oftmals zu spät.</li> <li>• Die Schnittstelle zwischen der Bauherrenorganisation und der Projektsteuerung ist häufig Ursache für die Problematik. Es fehlen oftmals konkrete Schnittstellendefinitionen auf beiden Seiten.</li> <li>• Die Entscheider sind oftmals Gremien. Das funktioniert häufig nicht. Sie brauchen eine fähige Person auf der Bauherrenseite, die qualifiziert führt. Das ist wichtiger als alle Tools.</li> </ul> <p>Ursachen der Fehlentwicklungen sind oftmals unrealistische Vorgaben in der Termin- oder Kostenplanung. Dies führt zu einer stärkeren Überlagerung der Prozesse. In der Terminplanung überschneiden sich dann die Leistungsphasen stark, was in der Summe zu kürzeren Planungszeiten führt. Dies hat wiederum starke Auswirkungen auf die Ausführungsphase. Weiterhin wird die Inbetriebnahmephase oft stark unterschätzt und nicht ordentlich in der Terminplanung erfasst.</p>
7	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Projektbeginn, ohne ausreichendes Bedarfsprogramm</li> <li>- Baubeginn, ohne ausreichenden Planungsstand</li> <li>- Kombination unterschiedlicher Nutzungen, die schwer verträglich sind.</li> <li>- lange Genehmigungsverfahren</li> <li>- unzureichendes Stakeholdermanagement</li> <li>- unzureichende Projektgliederung (Projektteilung)</li> </ul> <p>Probleme liegen oftmals bei den Entscheidern, nicht bei der Projektsteuerung. Projekte brauchen klare Strukturen und Zielsetzungen.</p>
8	<p>Zzt. publizieren Projekte sind Negativbeispiele. Die meisten Projekte gut laufen. Für die Zielverfehlungen in besagten Projekten gibt es klare Ursachen.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- unsaubere Vertragsmodalitäten.</li> <li>- hohe technische Anforderungen und schlechte Strukturen.</li> <li>- wenig erprobte Verfahren</li> <li>- hoher technischer Anteil</li> <li>- schwankende Marktpreise bei langjährigen Projekten</li> </ul>

9	<p>Das Projektmanagement wird im Projekt eingeführt, jedoch nicht gelebt. Es gibt eine Inkongruenz von Aufgabe und Entscheidung. Führung von Projekten erfordert Sachkompetenz (Fachkompetenz) und Positionskompetenz (Führung). Ist Sachkompetenz vorhanden, aber die Positionskompetenz (Entscheidungskompetenz) nicht übertragen, so lassen sich Projekte nicht zielgerecht führen.</p> <p>In meinen Worten möchte ich hierzu folgenden Gedanken ergänzen:                  Man kann in einem Projekt nicht, nicht PM betreiben. Die Einführung von Projektmanagement in einem Projekt steht synonym für die Wahrnehmung koordinierender Aufgaben durch die jeweils verantwortlichen Personen. Werden koordinierende (PM-) Aufgaben nicht wahrgenommen, missachtet der Verantwortliche organisatorische Grundgesetze in einem Projekt.</p>
10	<p>Ist hier nicht der Fall. Die fremden Projekte kann ich nicht beurteilen. Meine persönliche Meinung ist, dass bei Großprojekten baulich / betriebswirtschaftlich unqualifizierte Führungskräfte die Entscheidungen treffen dürfen (Flughafen Berlin, Nürburgring, HBF Stuttgart).</p>
11	<p>a) Es ist zweifelhaft, ob Fehlsteuerungen bei großen Bauprojekten im Augenblick besonders häufig auftreten; das Augenmerk der Öffentlichkeit ist allerdings hierauf fokussiert.                  b) Die Planbarkeit durch den Menschen ist begrenzt. Ihre Grenzen wirken sich insbesondere bei größeren, komplexen, sozioökonomischen Unternehmungen aus. Bei Bauprojekten gilt nichts anderes wie bei der Führung großer Unternehmen.                  c) Wie auch in sonstigen sozioökonomischen Unterfangungen spielen Erfahrung und Können der handelnden Personen eine entscheidende Rolle. Wo Defizite in Bezug auf Erfahrung und Können vorhanden sind, besteht eine hohe Gefahr des Misslingens.</p>
12	<p>Ich/wir am Institut glauben, dass die Projektmanagementinstrumente, die wir anwenden, nur bedingt geeignet sind, der realen Komplexität zu begegnen. Mit der zunehmenden Komplexität von Großprojekten wird das immer deutlicher...</p>
13	<p>Die Anzahl der großen Projekte in Schieflage hat sich in Summe nicht erhöht. Es befinden sich Einzelprojekte im Fokus, die aufgrund politischer Einflussnahme aus dem Ruder gelaufen sind.                  Diese sind jedoch nicht signifikant für die breite Masse an Projekten. In besagten Projekten ist die Fehlentwicklung bereits in der Projektstartphase entstanden, die sich durchgängig fortgesetzt hat. Man hat die Öffentlichkeit nicht ausreichend mit einbezogen und durch politische Verschleierung ein hohes Schadensausmaß geschaffen.</p>
14	<p>Durch die hohe Komplexität der meisten heutigen Projekte, wie z.B.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bürgerbegehren</li> <li>2. Neue Bauelemente und Materialien</li> <li>3. Vorschriftenflut</li> <li>4. Ausbildungsdefizite junger Architekten und Ingenieure hinsichtlich Projektabwicklung</li> <li>5. Die immer höhere Komplexität der Technischen Gebäudeausrüstung (siehe Anlage: Komplexität der TGA)</li> </ol>
15	<p>Diese Fragen sind nur zu beantworten, in dem man sich mit den einzelnen Projekten auseinandersetzt. Ich würde an dieser Stelle gerne auf meine Artikel in der Immobilienzeitung verweisen, da ich mich genau zu den Fehlerhäufigkeiten bei Großbauvorhaben ausgelassen habe. Nachfolgend Auszüge daraus:                  Projektvorlaufphase (Bauherrenstruktur/ -kompetenz/ -organisation) Bereits vor dem Start eines Bauprojektes werden häufig bereits die ersten (und vielleicht schwerwiegendsten) Fehler begangen – die Bauherrenorganisation wird aufgebaut. Die Tatsache, dass ein Bauprojekt bereits ab einem Volumen von auch unter 100 Mio. € wie ein Kleinunternehmen zu führen ist, wird dabei häufig verkannt. Eine Plausibilitätsprüfung zeigt schnell, dass bei einer angenommenen Planungs- und Bauzeit von 4-5 Jahren ein Umsatz von 20-25 Mio. € pro Jahr realisiert werden muss. Dies entspricht dem Jahresumsatz eines KMU (Kleine und Mittlere Unternehmen) mit – in der Regel – mindestens einer drei Ebenen umfassenden Führungsstruktur. Der als Dienstleister (unabhängig davon, ob mit einem Dienst- oder Werkvertrag versehen) tätige Projektsteuerer tut sich natürlich schwer, die Kompetenz seines Auftraggebers in Frage bzw. auf den Prüfstand zu stellen. Die Erkenntnis hieraus hat Auswirkungen auf die dann zu entwickelnde Ablauforganisation des Projektes. So müssen Entscheidungsabläufe in Form von Workflows erarbeitet werden, in denen die Bauherrenstruktur Berücksichtigung findet. Entscheidungswege und -zeiten von wenigen Tagen als Grundlage einer Terminplanung heranzuziehen, sind bei Bauherren wie Großkonzernen oder der öffentlichen Hand sträflich – trotzdem ist dies eine häufige Vorgehensweise. Im Zuge der Überprüfung der oben bereits erwähnten Großbauvorhaben – aber auch zahlreicher weiterer – hat sich ein neues Leistungsbild, die Gremienberatung entwickelt. Leider bestehen Aufsichtsgremien immer noch häufig nur aus den Gesellschaftern, die wiederum nicht unbedingt über eine ausreichende fachliche Kompetenz verfügen. Das wäre noch unproblematisch, wenn innerhalb des Gremiums dieser Sachverhalt erkannt und externer Sachverstand eingeschaltet werden würde. Eindeutiger Vorteil eines solchen Gremienberaters ist die von eigenen Interessen unabhängige Beratung, die auf die tatsächlichen Probleme des Projektes hinweisen kann, aber auch Vorschläge zur Korrektur unterbreiten sollte. Die Funktion des Baugutachters muss dabei konsequent von den operativen Aufgaben der Projektleitung, der Projektsteuerung und des Baumanagements getrennt sein. Planung und Planung der Planung In dieser, immer noch deutlich vor der Realisierung liegenden Phase treten eine große Anzahl von Fehlermustern auf. Sieht man von den eher seltenen Fällen ab, an denen ein Bauherr sich seinen vielleicht namhaften Architekten bereits im Vorfeld ausgesucht hat, werden Planungsleistungen oft nur über den Preis vergeben. D. h. nicht der Geeigneteste sondern der Billigste erhält den Auftrag. Die Eignung und Prüfung der tatsächlich vorhandenen Ressourcen steht oft im Hintergrund. Hinzu kommt, dass meist Kostenobergrenzen und Terminabläufe definiert werden, die bereits bei Festlegung unrealistisch sind. Reserven werden unterhalb von 5 % eingepreist und eine Risikobewertung findet in den seltensten Fällen statt. Mit Hilfe einer Risikomatrix, welche im laufenden Projektgeschehen aufzustellen und fortzuschreiben ist, könnte eine Bewertung der Risiken nach folgenden Gesichtspunkten erfolgen: Bereits in sehr frühen Projektphasen werden detaillierteste Terminpläne zur Bauausführung erstellt. Es wird festgelegt, wann welche Stütze im 7. OG geschalt, bewehrt und betoniert werden soll. Der am dringendsten benötigte „Detailterminplan Planung“, aus dem hervorgeht, welcher Plan (oder gerne auch Plansatz), wann vom Architekten an den Tragwerksplaner oder Haustechnikplaner zu übergeben ist, findet sich kaum. Um ein konsequentes Termincontrolling bereits in der Planungsphase durchführen zu können, sollten bereits bei Vertragsabschluss mit den Planungsbeteiligten verbindliche Planliefer- und Freigabetermine vereinbart werden. Diese Planverfolgung kann nicht nur die Schnittstelle/Liefergrenze zwischen Generalplaner und Generalunternehmer betreffen, sondern beispielsweise auch die Prozesskette Objektplaner-Tragwerksplaner-Fachplaner bei der Überwachung von internen Prozessen. Parallel hierzu ist es notwendig, die Genehmigungs- und Freigabeprozesse auf Seiten der Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden zu verfolgen, damit auch mögliche Verzögerungen und Probleme in diesen Bereichen frühzeitig erkannt werden können.</p>
16	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kosten werden nicht realistisch geplant – günstigstes Angebot erhält den Zuschlag</li> <li>• Schlechtes Stakeholdermanagement</li> <li>• Kommunikation kommt zu kurz</li> </ul>
17	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Projektziele sind nicht klar kommuniziert mit allen Beteiligten</li> <li>• Die Organisation steht nicht</li> <li>• Verantwortlichkeiten und Befugnisse sind nicht geklärt und damit der Wille zur Entscheidung nicht vorhanden</li> <li>• Entscheidungswege – gerade im öffentlichen Bereich- sind zu lang</li> </ul>
18	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baubegleitende Planung durch die Planer des Bauherrn</li> <li>• Planungsunterlagen liegen nicht vor</li> <li>• Änderungswünsche werden zu spät kommuniziert</li> <li>• Entscheidungen durch Bauherrn werden verspätet getroffen</li> </ul>
19	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unfertige oder schlechte Planung</li> <li>• Änderungen während der Bauphase</li> <li>• Keine übergreifende Koordination</li> <li>• Keine Arbeitsvorbereitung</li> <li>• Keine Vorfertigungspotentiale genutzt</li> </ul>

20	<ul style="list-style-type: none"> <li>Planung bei Vertragsabschluss nicht weit genug fortgeschritten oder nicht genau genug definiert</li> <li>Unrealistische Budgets und Terminvorgaben die z.T. veraltet sind</li> <li>Beschreibung des Bausolls ungewollt oder auch gewollt nicht präzise</li> <li>z.T. massive Änderungen des Bausolls durch den AG während der Bauzeit und verspätete Entscheidungen</li> <li>Unternehmen sind aufgrund des Wettbewerbs gezwungen (zu) billig anzubieten und versuchen später über Lücken im Vertrag und Nachträge noch Gewinn zu erwirtschaften</li> </ul>
21	<ul style="list-style-type: none"> <li>zu knapp dimensionierte Bauherrenressourcen</li> <li>zu lange Entscheidungszeiten (oft durch E.-Wege durch Gremien) bei Bauherren</li> <li>kurzfristig definierte Terminziele mit der Folge der Parallelisierung sequentieller Vorgänge</li> <li>suboptimale Planungscoordination durch zu hohe Entfernung von Projekt-, insb. Planungsbeteiligten voneinander</li> <li>wesentliche Änderungen in späten Projektphasen, oft in Verbindung mit nicht sachgerechten pauschalierten Vergaben (und entsprechendem Konfliktpotenzial)</li> </ul>
22	<ul style="list-style-type: none"> <li>baubegleitende Planung</li> <li>Vielzahl an Änderungswünsche</li> <li>fehlende Erfahrung auf mindestens einer Seite</li> <li>lange Entscheidungswege auf Auftraggeberseite</li> <li>Vielzahl an Projektbeteiligten</li> <li>unklare Aufgabendefinition</li> </ul>
23	<ul style="list-style-type: none"> <li>mangelnde Grundlagenermittlung in den LPH 1-2</li> <li>nicht ausreichende Einbindung späterer Nutzer</li> <li>fehlende Planungstiefe im Hochbau und der Technik</li> <li>zeitlich zu geringe Planungsphasen und damit Bausolländerungen in der Ausführung</li> <li>ungenügendes Projektmanagement</li> </ul>
24	<p>Wie viele Gründe wollen Sie? Der häufigste Grund ist wohl, dass Auftraggeber und Auftragnehmer nicht die gleiche Vorstellung vom Bau-Soll haben bzw. während der Bauausführung entwickeln. Dabei spielt eine große Rolle, dass in Großprojekten oft die Auftraggeberseite nicht eine einzelne verantwortlich handelnde Person ist, sondern dass dort wiederum mehrere Parteien in unterschiedlichen Konstellationen und Hierarchien am Tisch sitzen und mitreden. Hinzu kommt, dass oft die Vertreter des Auftraggebers mit der kompetenten Projektleitung überfordert sind und dann das Projekt eher nur noch verwalten. Auch auf Auftragnehmerseite sind Großprojekte oft durch Personalnot in Führungspositionen gekennzeichnet, oder werden mittelmäßige Bauleiter bei Großvorhaben „untergebracht“ anstatt ihnen eigene kleine Vorhaben anzuvertrauen. Auch Personalfuktuation bei länger laufenden Projekten kann zum Problem werden. Insbesondere in der "Freikette" der Nach- und Nachnahmennehmer lässt das Interesse am großen Ganzen über die unterschiedlichen Hierarchie- und Vertragsebenen sehr schnell nach.</p> <p>Ich halte die rein technischen Ursachen, dass beispielsweise ein Unternehmen einen Ausführungsfehler macht, nicht für so gravierend im Vergleich. Doch diese Liste ist bei weitem nicht abschließend. Da lassen sich – je nach Differenzierungsgrad und Strukturierung – sicherlich bis zu 50 Gründe nennen, wegen der ein Bauvorhaben unwiderbringlich aus dem Ruder laufen könnte.</p>
25	Diverse Änderungen in der Planung während der Ausführung durch den Bauherrn, dadurch erhebliche Nachtragsgenehmigung erforderlich mit großen Verzögerungen
26	Baubegleitende Planung; bei öffentl. AG: politische Einflussnahme auf Projektziele und sogar auf Details; politisch motivierte zu niedrige Budgetansätze; zu wenig Öffentlichkeitsarbeit; fehlende eigene Kompetenz des AG; zu viele involvierte Institutionen
27	1. Mangelhafte Präzisierung der Bauaufgabe durch die Bauherrschaft 2. Wesentliche Änderungen der Bauaufgabe während des Bauprozesses 3. Mängel bei der Auswahl von Fachplanern 4. Fehler im Ausschreibungs- und Vergabeverfahren 5. Mängel in der Kostenermittlung und in der Kostenkontrolle
28	Schlechte Projektentwicklung und Planung (Planungsfehler), unvollständige Ausschreibungen und Verträge sowie schlechte Arbeits-(Vorbereitung) Inkompetentes Personal und Managementstrukturen auf Bauherrn wie auf Bauausführungsseite Kommunikationsprobleme auf der Baustelle Fehlendes Risikomanagement Kleinteiligkeit der Organisationsstrukturen (Fachlosvergabe), Anzahl der Schnittstellen und Atomisierung der Verantwortung Mangelnder Zahlungsfluss (zeitgerechte Verfügbarkeit der Mittel v.a. bei öffentlichen Aufträgen)
29	A) Die Vielfalt der Ziele, d.h. die mangelnde Kongruenz der Ziele der am Bauvorhaben beteiligten B) Die zunehmende Komplexität, s.u. C) Die Schwierigkeit, die Komplexität zu handhaben: Informationsflüsse, Entscheidungsabläufe D) Mit der Summe der Entscheidungen wächst die Zahl der Fehlentscheidungen
30	- Inkompetentes Projektteam - Fachleute sind gefordert, nicht Politiker! - Falsches Vergabeverfahren, je komplexer umso eher sollte schlüsselfertig beauftragt werden. Gleichzeitig ist nur die Funktionalität zu fordern! Überzogene Funktionalitäten sollten in einer Risikobewertung beurteilt werden. - Richtiges Risikomanagement vorsehen - Entscheidungskompetenzen sind vorab detailliert festzulegen. Entscheidungspflichten sind vorzugeben! - Planung nicht rechtzeitig (z. B. Zum Zeitpunkt des Rohbaubeginns muss die Haustechnik im Konzept durchgeplant sein) - Adjunktion sollte zwangsweise vorgesehen werden. - Einbindung der Öffentlichkeit ist sicherzustellen.
31	Mangelnde Projektvorbereitung (PS1) Zu geringe Planungstiefe (LPH 3) Zu geringe Kapazität am Anfang Zu geringe Fähigkeit im Umgang mit Komplexität
32	- Wenn ein Bauvorhaben nicht zielgerecht verläuft, entspricht der Ablauf/das Ergebnis nicht den ursprünglich angesetzten Vorgaben für die Termine und/oder Kosten und/oder Qualität. Gründe hierfür können liegen in der Projektanbahnung, bei der aufgrund vieler Unbekannten (unpräzise Bedarfsplanung, fehlendes Raumprogramm, noch nicht vorhandenes Baurecht, ...) sowie möglicherweise „politischem“* Druck fehlerhafte Annahmen getroffen werden. Diese werden teilweise zu optimistisch getroffen, um ein Projekt überhaupt zum Laufen zu bekommen.  *Hierunter können bspw. unternehmerische Überlegungen stecken unbedingt in einen bestimmten Teilmarkt Fuß zu fassen oder zusätzlichen Umsatz zu generieren.
33	Planungs- und Ausführungsmängel, Unzureichende Koordination, Insolvenzen von Planungs- oder Ausführungsbeteiligten, unzureichendes Risikomanagement in der Projektvorbereitung, Vergabeverzögerungen, zu späte Erfassung und Berücksichtigung von Nutzerwünschen und dadurch bedingte Nachträge, rechtliche Konflikte zwischen Baubeteiligten.

34	<p>Problem der Zieldefinition, vielfach Wunschziele anstatt realistischer Zielvorgaben</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mangelnde Disziplin auf Bauherrenseite hinsichtlich der Projektziele und der Projekttrandbedingungen</li> <li>• Ggf. divergierende Interessen auf Seite der Entscheidungsträger</li> <li>• Projektstruktur nicht hinsichtlich wesentlicher Einflussfaktoren (AG-Struktur, Aufgaben, Transparenz, technische Abhängigkeiten etc.) optimiert</li> <li>• Mangelnde Qualität von Planern, Objektüberwachungen und Projektsteuerung</li> <li>• Mangelnde Qualität von ausführenden Firmen</li> </ul>
35	Kommunikationsdefizite, fehlende Schnittstellenkoordination
36	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nicht rechtzeitig und vollständig geklärte Voraussetzungen verschiedenster Art (z.B. Finanzierung, Bau recht, Zuständigkeiten)</li> <li>- Unehrlliche, intransparente und manipulierte Projektziele (z.B. „geschönter“ Kostenrahmen, falsche Fertigstellungstermine)</li> <li>- Fehlende bzw. unzureichende Bedarfsplanung</li> <li>- Zu kurze Vorlaufzeiten für die verschiedenen Planungsbereiche (z.B. Verzicht auf Untersuchung von Planungsalternativen, fehlerhafte und/oder unvollständige Planung)</li> <li>- Falsche, unvollständige oder nicht rechtzeitige Entscheidungen des Auftraggebers</li> <li>- Nachträgliche zusätzliche Anforderungen und Planungsänderungen während des Bauvorhabens</li> <li>- Fehler bei der Vergabe von Bauleistungen durch die Annahme des billigsten Angebots an Stelle des annehmbarsten Angebots</li> </ul>
37	Keine oder ungeeignete Aufbau- und Ablauforganisation.
38	<p>Mangelnde Baukompetenz beim Bauherrn erzeugt bei der Aufstellung der Planungsvorgaben (Baubeschreibung, Kosten, Termine, Qualitäten) unnötige und kostenrelevante Zwänge sowie Umplanungen während der Bauphase, die Auswirkungen auf den Zeit- sowie Kostenplan haben. Projekte werden durch absichtlich zu gering geschätzte Kosten schön gerechnet. Planungsrelevante Aspekte finden keine ausreichende Berücksichtigung mit der Folge, dass Umplanungen oder Einschränkungen in Kauf genommen werden müssen.</p> <p>Der eigentliche Zweck einer Investition wird von den Planern unzureichend beachtet, wichtige Funktionen und Ziele werden aufgrund anderer Interessen nicht berücksichtigt.</p> <p>Die Terminplanung wurde nicht optimiert und entsprechend vertraglich berücksichtigt.</p> <p>Vom Auftrags-Leistungsverzeichnis abweichende oder zusätzliche Leistungen werden von den Unternehmern ausgenutzt, um überhöhte Preise durchzusetzen.</p> <p>Beauftragte Leistungen werden von den Unternehmern nicht in der vertraglich festgelegten Qualität ausgeführt.</p> <p>Überzahlung von Unternehmern aufgrund nicht rechtzeitig erkannter Abrechnung nicht ausgeführter Leistungen bzw. falscher Rechnungspositionen</p>
39	Mangelnde Vorbereitung
40	<p>Die Gründe für nicht zielgerichtet laufende Projekte können verschieden sein. Häufig entstehen jedoch aus meiner Sicht Probleme durch mangelnde Leistungen der Projektbeteiligten oder aber auch durch Fehler oder Versäumnisse im Bereich der LPH 0 bis 1. Hier sind häufig schon im Bereich NBP Versäumnisse festzustellen die sich im späteren Projektverlauf negativ auswirken.</p> <p>Entscheidend für die Probleme ist jedoch zumeist die mangelhafte Qualität der Leistungen der fachlich Beteiligten.</p>

<b>2</b>	<b>Größe Bauvorhaben</b>
<b>Nr.</b>	<b>Definieren Sie den Begriff „große Bauvorhaben“?</b>
1	<p>Große Bauvorhaben würde ich ab einer Projektkostensumme von 50 Mio. € definieren.</p> <p>Die Projektkosten sind jedoch nicht alleine ausschlaggebend. Vielmehr ist die vorliegende Projekt-organisation, Anzahl der Beteiligten, eine differenzierte Nutzung (z.B. Mischnutzung) für die Definition mit ausschlaggebend.</p> <p>Weiterhin stellt sich die Frage, ob es im Vorfeld die Chance zur Erstellung einer ordentlichen Bedarfsplanung gibt.</p> <p>Schwierige Projekte sind i.d.R. immer Infrastruktur- und Verkehrsprojekte, sowie Projekte mit starkem politischem Interesse. Diese sind hoch flexibel und mit ständigen Änderungen behaftet.</p>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Projektkosten: &gt;50 Mio. €</li> <li>- Hohe Anzahl von Beteiligten</li> <li>- Beteiligung von NGO's</li> <li>- Umfang der Genehmigungsverfahren</li> </ul>
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Projektkosten &gt;100 Mio. €, bzw.</li> <li>- Projektkosten &gt; 50 Mio. € bei hochtechnischen Projekten wie im Krankenhaus oder Anlagenbau</li> <li>- Anzahl der Beteiligten</li> </ul>
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Auch ein Projekt mit niedrigen Projektkosten kann sehr komplex sein.</li> <li>- Projektkosten &gt; 1 Mio. € bei medizinischen Forschungsprojekten</li> <li>- Eher maßgebend sind wohl die Rahmenbedingungen</li> </ul>
5	Projekte ab 40 Mio. € Kosten (KG 300-600)
6	<p>Bezogen auf die Projektkosten sehe ich hier 50 Mio. € als Definition. Allerdings kann dies kein alleiniges Kriterium sein. Auch Projekte unter diesem Wert können äußerst komplex sein.</p> <p>Ein großes Bauvorhaben definiert sich über</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hohe Beteiligung politischer Gremien</li> <li>• Hohe Anzahl von Beteiligten</li> <li>• Lange Projektlaufzeiten</li> </ul>
7	<p>Baukosten sind kein Synonym für Komplexität.</p> <p>unter 10 Mio. € Steuerung durch OP möglich.</p> <p>bis ca. 80 Mio. € Routineprojekte für PS</p> <p>über 80 Mio. € = Großprojekte. Hier müssen differenzierte Vorab-Analysen erfolgen.</p>
8	Große Bauvorhaben sind für mich komplexe Projekte. Diese treffe ich i.d.R. bei einer Projekt-summe > 100 Mio. € an.
9	Eine hohe Anzahl von Aufgaben ist durch eine Vielzahl von Beteiligten zu erledigen. Mit längerer Laufzeit, höheren Kosten und einer hohen Anzahl von beteiligten Personen wird das Bauvorhaben „groß“. Die Notwendigkeit für Projektmanagement sehe ich bei Investitionskosten ab 1 Mio. €.
10	Komplexe Bauvorhaben, nicht nach Höhe der Kosten; jedoch mindestens 2 Mio. € Baukosten



11	Es gibt keine Grenze für große Bauvorhaben. Zu dieser Frage verweise ich auf meinen Aufsatz „Bei Großprojekten ist alles anders?“, BauR 2004, S. 1 f. Bei einem Hochbauprojekt würde ich heute von einem Großprojekt ab rd. 100 Mio. € sprechen.
12	Uns interessieren komplexe Bauvorhaben. Also nicht unbedingt hohe Bauvolumen, sondern eher die Vielzahl von Beteiligten, sich ändernde fachliche Herausforderungen, eine hohe Anzahl von potentiellen Störungen etc.
13	Als öffentlicher Auftraggeber sehe ich eine Investitionssumme ab 30 Mio. € als großes Projekt. Hier beginnt für mich eine Dimension mit hoher Anzahl von Projektbeteiligten und damit ein ho-her Koordinationsaufwand.
14	Das kommt auf Sichtweise jedes Einzelnen an. Große Bauvorhaben sind Projekte mit hoher Komplexität.
15	Größe im Sinne von Bauvolumen fängt bei mir bei ca. 100 Mio. € an. Wenngleich auch kleinere Baumaßnahmen sehr kompliziert bzw. komplex (siehe unten) sein können.
16	Faktoren sind <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bauvolumen in €</li> <li>• Wahrnehmung durch die Öffentlichkeit</li> <li>• Dauer der Umsetzung</li> </ul>
17	Unter Komplexität verstehe ich umfangreiche Schnittstellen, Genehmigungswege und Beteiligungen Dritter verbunden mit z. T. technischem Neuland, innovativen Bauverfahren bzw. Baustoffen
18	• > 25 Mio. Euro
19	• > Mio. 10 €
20	• Da ist abhängig vom Marktumfeld. Bei uns gilt ein Projekt ab 25 Mio. Euro als Großprojekt. (Vor 2013 lag diese Grenze bei 50 Mio. Euro).
21	• Investitionsvolumen KGR 200-700 DIN 276 >20 Mio. Euro netto
22	• > 5 Mio. Euro Auftragssumme
23	• Im Hochbaubereich ab ca. 5 Mio. Euro Bausumme.
24	Größe Bauvorhaben sollten am besten nach objektiv messbaren Kriterien eingestuft werden, also etwa alles was über 50 Mio. € investitionssumme liegt, alles was mehr als 20000 m <sup>2</sup> BGF hat oder andere rein objektiv und auch von außen einfach messbare Kriterien. Die Philipp Holzmann AG hat einmal in einer Kartell-Abwehrrschlacht gegen die Hochtief AG die Gruppe aller Bauvorhaben mit mehr als 25 Mio. € Auftragssumme begründet und als Großvorhaben definiert. Das hat das damalige Kartellamt gerne aufgegriffen und dann alle deutschen Bauvorhaben danach geclustert. Im Übrigen würde ich mich sonst an die Definitionen der VOB/A zum EU-Schwellenwert halten (was die Definition der anrechenbaren Kosten angeht) und dann auf dieser Grundlage eine Schwelle 10 oder 25 oder 50 Mio. € als Grenze definieren.
25	Ab einer Bausumme von 6,0 bis ca. 25,0 Mio. EUR (300 + 400)
26	Es gibt keine Definition für Großbaustellen und Großbauvorhaben; alle Versuche, dies im Bauvolumen festzumachen, werden scheitern. Im Zweifel: Bauvorhaben sind groß, wenn sie mediale Beachtung finden
27	Nach fast 30 jähriger Tätigkeit als Projektsteuerer definiere ich ein „großes Bauvorhaben“ im Hochbau wie auch im Tiefbau als eine Baumaßnahme, deren Bauwerkskosten (KG 300 + 400 DIN 276) über 10 Mio. Euro liegen. Das ist ein sehr niedriger Grenzwert; er ermöglicht aber einen für eine Forschungsarbeit angemessene Zahl von Bauvorhaben.
28	Definition gibt es nicht. Lt. Reformkommission Großprojekte 100 Mio. €; hängt aber m.E. auch vom Bausektor ab.
29	?, bzw.: Für die systemische Betrachtung weniger erheblich
30	- Ist nicht an einem Kriterium zu definieren! - Ein Kriterium kann Auftragssumme sein (z. B. > 100 Mio. €) - Eingriff in die Umwelt/Stadtbild - Bedeutung für die Gesellschaft
31	über 100 Mio. €
32	- Um eine Vergleichbarkeit dieses abstrakten Begriffes zu ermöglichen, ist eine Kenngröße erforderlich. Diese können die Investitionskosten (Mio. EUR) oder das Bauvolumen (qm BGF oder cbm BRI) sein, welches abhängig von der Unternehmensart ist. Ein Bauunternehmen wird sich eher auf das Bauvolumen beziehen als ein Projektentwickler, welcher zumeist die Gesamtinvestitionskosten im Auge hat. Darüber hinaus hängt eine Einordnung dieses Begriffes auch von der Größe des realisierenden Unternehmens und bei der Betrachtung von Immobilien von der Immobilienart ab. Im Wohnungsbau liegen aus meiner Sicht die Grenzen hierfür in der Regel niedriger als bei Büroimmobilien, da Wohnimmobilien zumeist kleinteiliger sind. Daher kann aus meiner Sicht keine pauschale Aussage über Grenzwerte „großer Bauvorhaben“ getroffen werden.
33	Baukosten höher als 10 Mio.€
34	Bauvolumen > 30 Mio. € <ul style="list-style-type: none"> <li>• Große Anzahl von Projektbeteiligten (Einzel planer, Einzelvergaben)</li> <li>• Hohe Komplexität des Projektes hinsichtlich der Anzahl von Teilprojekten, die miteinander inhaltlich logistisch, konzeptionell, terminlich und kostentechnisch verknüpft bzw. untereinander abhängig sind</li> <li>• Großer flächenmäßiger Umgriff</li> </ul>
35	Größe von 100 Mio. € aufwärts
36	- Definition nach der Höhe der Kosten: Gesamtkosten über 30 bis 50 Mio. EUR (außerhalb der Honorartabelle der HOAI: 25 Mio. EUR anrechenbare Kosten) - Definition nach den Projektinhalten und -umständen: „komplexes Bauvorhaben“ (s.u.)
37	Der Begriff bedarf keiner Definition. Es muss nicht zwischen kleinen, großen, mittelgroßen, ganz kleinen etc. Bauvorhaben unterschieden werden. Die Regeln sind für alle gleich. Aus der Perspektive eines Bauherrn ist sein jeweiliges Bauvorhaben immer das wichtigste. Siehe: „Zimmermann, J.; Nohe, B.: Ziele von Bauherren und Bauunternehmen sind im Grundsatz unterschiedlich. In: Purrer, W.: Bauen in einer Allianz – Vermeidung von Interessenskonflikten durch gemeinsame Ziele. ICC 2013. Bauwirtschaft und Projektmanagement. Band 25. Innsbruck, 2013“. Ansonsten ist ein „großes“ Bauvorhaben ein Bauvorhaben, das ein großes Betriebsergebnis anliefert.
38	Größe Bauvorhaben können auch unter 25 Mio. liegen.
39	> 1 Million EURO

40	Allgemein besteht bei der Stadt Aachen die Auffassung, dass große Bauvorhaben ab einem Investitionsvolumen von 10 Mio. € beginnen. Die Größe allein macht hier allerdings nicht die Komplexität der Maßnahmen aus.
----	--

Nr.	3 Komplexität Definieren Sie den Begriff „Komplexität“?
1	<p>(3) Komplex werden Projekte durch eine Vielzahl von verschiedenen Nutzungen bzw. viele Nutzer, viele Projektbeteiligte. Große öffentliche Wirksamkeit durch Beteiligung von Träger Öffentlicher Belange (TÖB), bzw. Non Government Organisations (NGO) wie z.B. Bürgerinitiativen. Weiterhin spielt das Bauen im Bestand und die Art der Finanzierung eine Rolle bei der Komplexität.</p> <p>(5,6,16) Eine gute Organisation berücksichtigt die Komplexität der einzelnen Elemente. Demnach muss die Projektstruktur der Komplexität folgen. Die Beteiligten sind zu analysieren und das Verhalten dieser im Risikomanagement zu berücksichtigen. Dies setzt eine Planung des Verhaltens der Beteiligten voraus.</p> <p>Es ist Aufgabe der Projektorganisation, die Komplexität beherrschen zu können. Bereits bei der Bedarfsplanung muss die Komplexität erkannt werden, d.h. Umwelteinflüsse, die gesamte Informationspolitik zu den NGO (Non Government Organisation, z.B. Bürgerinitiativen) sowie die Akzeptanz der Bevölkerung ist mit einzubeziehen</p> <p>Man muss diese Einflüsse erkennen, analysieren und klären, um diese dann steuern zu können.</p> <p>Es sind nur wenig gute Strukturen im Bauprojektmanagement bekannt, die Komplexität beherrschbar machen. Wichtige Voraussetzung ist in jedem Fall eine klare Trennung von Aufbau- und Ablaufstrukturen. Strukturen müssen einfach gehalten werden und sollten differenziert über Verträge fixiert werden, d.h. Rechte und Pflichten sind über Leistungsinhalte zu klären und zu vereinbaren. In der Projektvorbereitung muss alles genau erfasst werden. Wichtig ist hier die Analyse der Beteiligten und Verfahren.</p> <p>Neben der klaren Definition der Rollen müssen diese allerdings auch gelebt werden. Erfahrungsgemäß werden die Rollen von den weiter oben in der Hierarchie stehenden Personen am wenigsten gelebt. Diese halten sich seltener an die festgelegten Regeln. Notwendig ist hier also eine durchgängige Disziplin und Transparenz.</p> <p>(4) Die Komplexität der Projekte wird im Wesentlichen beeinflusst durch</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wechsel von Nutzern + Nutzungen bzw. neuen Bedarfsvorstellungen</li> <li>• zu kurzer Planungszeit</li> <li>• besondere Genehmigungsverfahren (Umweltauflagen, langwierige Genehmigungsverfahren, Denkmalschutzanforderungen usw.)</li> <li>• instabile Planungsgrundlagen</li> <li>• Finanzierung aus mehreren Quellen (Unstimmigkeiten).</li> </ul> <p>13/21 - Es gibt eine Korrelation zwischen Komplexität und Projekterfolg</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Komplexität erschwert Erfolg, da viele Risiken</li> <li>- Viele Vorgaben erzeugen zusätzliche Komplexität</li> <li>- Es gilt das Ursache-Wirkung-Prinzip</li> </ul>
2	<p>(5,6,16) - Projektorga auf Komplexität ausrichten</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Analyse und Planung von möglichem Verhalten der Beteiligten</li> <li>- Die Komplexität muss am Projektstart geplant werden</li> <li>- wichtig ist die Informationssteuerung</li> </ul> <p>(4) - technische Merkmale (z.B. Krankenhausbau)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Projektzyklus (nur Erstellungsphase oder Schnittstelle in der Betriebsphase, z.B. „Commissioning“)</li> <li>- vertragliche Abhängigkeiten (Art der Vergabe, Verträge mit Nutzern, Vertragsstrafen usw.)</li> <li>- Finanzierung</li> <li>- kulturelle Abhängigkeiten</li> </ul>
3	<p>(3) Komplexität ist für mich der Schwierigkeitsgrad eines Projektes. Komplex wird ein Projekt dann, wenn ich besondere Kompetenzen für das eingesetzte Personal benötige, um diese Projekte führen zu können.</p> <p>(5,6,16) Komplexität durch die Anzahl der Beteiligten Organisationen und Personen</p> <p>Maßgebend sind hier die Aufbauorganisation, Rahmenbedingungen (Regel und Abläufe), Entscheidungsfindungsprozesse und Genehmigungsverfahren.</p> <p>(4) Merkmale der Komplexität sind</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Technische Anforderungen</li> <li>• Anzahl der Beteiligten (AG + AN)</li> <li>• Einfluss der Öffentlichkeit</li> </ul>
4	<p>(3) Komplexität ist für mich die Breite der Möglichkeiten, aus denen ich wählen kann.</p> <p>(5,6,16) Die Wahl der Projektorganisation hat für mich einen wesentlichen Einfluss auf das Projekt. Projekte mit Stabsstellen sind gut für strategische Projekte. Matrix-Organisationen erweisen sich als gute Möglichkeit. Das kann jedoch die Komplexität aufgrund divergierender Zielsetzungen beeinflussen. Eine optimale Lösung muss für jedes Projekt gefunden werden.</p> <p>(4) Die unterschiedlichen Sichtweisen der Nutzer im Gegensatz zu den Baufachleuten sind für mich wesentliche Merkmale.</p>
5	<p>(3) Komplexität ist da ineinandergreifen verschiedener Fachbereiche. Viele verschiedene Beteiligte kommen mit unterschiedlichen Interessen zusammen.</p> <p>(5,6,16) Einzelvergaben mit einer Vielzahl von Beteiligten steigert die Komplexität. Kumulierte Vergabeverfahren senken zwar die Komplexität und das Risiko für den Bauherrn, jedoch nicht die Komplexität des Projektes. Sie kann diese sogar noch erhöhen. Sie bietet dem Bauherrn jedoch höhere Sicherheiten.</p> <p>(4) Hier würde ich einen hohen Anteil von TGA oder viele unterschiedliche Prozessabläufe als Kriterium ansetzen.</p>

6	<p>(3) Viele Beteiligte intern und extern, anspruchsvolle Planung, kurze Termine, knappe Kosten (5,6,16) Merkmale finden sich in der Aufbau- und Ablaufstruktur. Notwendige Kriterien der Aufbaustruktur sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Klare Rollenklärung</li> <li>• Personalisierte Entscheidungskompetenz</li> <li>• Trennung der Nutzerseite vom Projektmanagement</li> <li>• Integration der TGA in das PM</li> <li>• Kompetente Projektbeteiligte</li> </ul> <p>Bei der Ablaufstruktur sollten verschiedene Gesprächsebenen eingeführt werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Top-Ausschuss für Entscheidungen in Geld und Funktionalität</li> <li>• Bauherren-Ausschuss für strategische Entscheidungen</li> <li>• Planungskommission für Planungsinhalte</li> <li>• Bauleitungskommission während der Bauausführung</li> <li>• PM-Kommission für die Prozesssicht.</li> </ul> <p>(4)Komplex wird ein Projekt für mich, wenn</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anteil der TGA &gt; 40 % der Baukosten</li> <li>• Hohe Anzahl der zu beteiligenden Nutzer</li> <li>• Wenig Projektroutine beim Auftraggeber</li> <li>• Hohe Anforderungen an die Termin- und Kostenvorgaben</li> </ul>
7	<p>(3) Ich habe hierzu keine allgemeine Definition. Ich definiere dies eher als Bauchgefühl und die Meinung des Bauherrn. (5,6,16) • Anzahl der Beteiligten (incl. Nutzer)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anzahl der Schnittstellen</li> </ul> <p>(4) Bauherrensicht:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anzahl der Beteiligten und damit der Schnittstellen</li> <li>• Fülle der zu treffenden Entscheidungen</li> </ul> <p>Planersicht:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Umfang der Technischen Gebäudeausrüstung und energetischen Maßnahmen</li> <li>• Fülle der Einzelbestimmungen von Bauvorschriften und Genehmigungsverfahren.</li> <li>• Fülle der Produktvielfalt im Baugewerbe (hier fehlt zunehmend die Übersicht)</li> <li>• Anzahl unterschiedlicher Nutzer bzw. Nutzungen</li> </ul>
8	<p>(3) Komplexität entsteht durch die Anzahl der Schnittstellen in folgenden Bereichen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufgaben</li> <li>• Orte</li> <li>• Beteiligte</li> <li>• Interessen</li> <li>• Vernetzte Strukturen</li> </ul> <p>(5,6,16) • Anzahl der Beteiligten</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anzahl der Aufgaben</li> <li>• Anzahl der Schnittstellen</li> <li>• Besonderheit der Bauaufgabe</li> </ul> <p>(4) Alle Auswirkungen, die von außen auf die Organisation einwirken beeinflussen deren Komplexität. Zu nennen wäre hier:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erschließung</li> <li>• Genehmigung</li> <li>• NGO</li> </ul>
9	<p>(3) Die Anzahl der vorhandenen Elemente und die Erfassbarkeit durch den Menschen (siehe auch meine Dissertation) unter Einfluss eines Zeitfaktors. Komplexität entsteht durch einen Mangel an Zeit. Mit höherer Intelligenz lässt sich Komplexität besser begreifen („Geniedichte ist begrenzt“). Arbeitsteilung, entsteht unter anderem aus Materialien- und Vielfalt der Gewerke oder aus der Trennung von Planung und Baurealisierung, Zunahme der Vorschriften, Zunahme an Informationen (Know-how) etc.. Aus Arbeitsteilung entsteht die Koordinationsnotwendigkeit. Je höher die Arbeitsteilung, je höher ist die Komplexität eines Projektes. (5,6,16) Die Anzahl der Schnittstellen zwischen Personen und deren Aufgaben. (4) Alle Punkte, die einem Arbeitspaket zuzuordnen sind. Hier zu nennen wären die Produktionsfaktoren: Zeit-Arbeit-Finzen-Boden-Material (siehe auch meine Dissertation).</p>
10	<p>(3) Vielzahl von Beteiligten, Anforderungen, politische Abstimmungen und Meinungen (Bevölkerung, Bezirksvertretungen, Rat, Medien), Bauen im Bestand während der Nutzung</p> <p>Im Rahmen der Planung oder/und Ausführung sind eine Vielzahl von MeinungsträgerInnen und EntscheiderInnen einzubinden und ein sinnvolles Ergebnis zu erzielen, das von möglichst vielen mitgetragen wird und dabei auch noch die Medien relativ positiv berichten. (5,6,16) Bauliche Komplexität, Bauen im Bestand während der Nutzung, weniger Neubauvorhaben</p>
11	<p>(4) Unter „Komplexität“ verstehe ich die bei Bauprojekten relevante Schwierigkeit, eine Vielzahl von Projektaufgaben innerhalb vorgegebener Zeit zu lösen und dabei viele Schnittstellen und viele Beteiligte zu steuern. Die Quantität der Aufgabenstellung und der Beteiligten wie auch die Schwierigkeiten der Aufgabenbewältigung in den einzelnen Problembereichen eines Projektes bestimmen die Komplexität. Selten lassen sich alle zu erwartenden Aufgabenstellungen erkennen und planmäßig bewältigen. (5,6,16) Die Komplexität der Projektorganisation wird einerseits durch eine klare bzw. weniger klare Aufbau- und Ablauforganisation, andererseits durch Fähigkeit der in der Projektorganisation tätigen Menschen beeinflusst. (4) Die Komplexität beeinflussende Merkmale lassen sich nicht abschließend erfassen. Ehrgeizige Projektziele in Bezug auf Kosten und Termine führen von vornherein zu einer Komplexität großer Bauvorhaben. Diese steigt zudem mit der Anzahl der zu steuernden Beteiligten und Aufgaben.</p>
12	<p>(3) Wir halten es da mit Hans Ulrich und Gilbert Probst, die Komplexität als "Fähigkeit eines Systems in kurzen Zeiträumen eine große Zahl von verschiedenen Zuständen annehmen zu können" definieren. (5,6,16) Struktur und Verhalten. Struktur: Die Art und Weise der Zusammensetzung des Systems Verhalten: Die Interaktionen der Elemente des Systems (4) 1. Die grosse Anzahl an Systemelementen (Personen, Technologien, Interessen etc.) 2. Die hohe Eigendynamik, d.h. die Nicht-Vorhersagbarkeit des Systemverhaltens (Störungen, Einflüsse von Umsystemen etc.)</p>
13	<p>(3) Komplexität ist im Kern eine mathematische Definition. Es sind Abhängigkeiten, die gehandelt werden müssen. Zur Definition der endlichen Systeme benötigt man Algorithmen. Hohe Anzahl von Algorithmen = hohe Komplexität. (5,6,16) Die Aufbau- und Ablauforganisation bestimmt hier die Komplexität. Viele Ebenen und Beteiligte erhöhen die Komplexität. Merkmal könnte die Anzahl der horizontalen und vertikalen Ebenen sein. Im Bereich der Aufbauorganisation sehe ich eine geringere Komplexität, da hier ein einfacher Soll-Ist-Vergleich möglich ist. Veränderungen in der Aufbauorganisation sind schneller handelbar. Hinsichtlich der Ablauforganisation ist dieser Vergleich viel schwerer erkennbar und steuerbar, da die Kommunikation erschwert ist. Im Projektablauf kommt die zeitliche Komponente hinzu. (4) Merkmale sind die Vielfältigkeit und die Schwierigkeit der Anforderungen, z.B. technisch, organisatorisch, fachlich, sowie die Kosten und Termine. Liegt die Zielsetzung auf mehreren Anforderungen, erhöht sich die Komplexität. Die Erkennung von Komplexität und damit die Definition ist jedoch schwierig.</p>

14	<p>(3) Komplex ist der Gegensatz zu einfach. Komplex ist ein System, das schwer zu durchschauen ist; welches aus einer Vielzahl von Elementen besteht, die alle miteinander in Beziehung stehen.</p> <p>Hohe Komplexität bei Bauvorhaben kann durch Strukturierung (nach verschiedenen Gesichtspunkten) auf die nächst niedere Ebene zurückgeführt und damit beherrschbar gemacht werden.</p> <p>(5,6,16) - viele Planungsbeteiligte</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- hohe Standards der TGA</li> <li>(4) - Viele Beteiligte im Projekt</li> <li>- viele Funktionsbereiche des Objektes</li> <li>- hohes Risikopotential durch: sich wandelnde Vorschriften, unsicheren Baugrund, unsichere Genehmigungszeiträume, unsichere Finanzierung, Nichtbeherrschung des Planerpoools, technische Schwierigkeiten bei der Umsetzung der Vorstellungen der Architekten und Ingenieure, etc.</li> </ul>
15	<p>(3) k.A.</p> <p>(5,6,16) Viele Projektbeteiligte, z. B. bei einem Krankenhausbau. Wir betreuen seit 6 Jahren das Bundeswehrkrankenhaus in Berlin. Bauherr ist das BBR (Bundesministerium für Bauwesen und Raumordnung), Nutzer die Bundeswehr bzw. die Wehrbereichsverwaltung und dann natürlich die Ärzte des Bw. Anhand des Organigramms kann man die Komplexität der Organisation erahnen. Im Projektag wird dies noch deutlicher.</p> <p>(4) An erster Stelle dürfte die Anzahl (und die Kompetenz (s. o.)) der Stakeholder eines Projektes stehen. Aber auch äußere Rahmenbedingungen beeinflussen die Komplexität eines Bauvorhabens (z. B. Innenstadtprojekt, angrenzende U-, S-Bahn, am Fluß gelegen, etc.)</p>
16	<p>(3) Ein komplexes System steht aus einer Vielzahl an Elementen mit unterschiedlichen Ausprägungen, die über vielfältige Beziehungen miteinander in Verbindung stehen. Das komplexe System ist schwer überschaubar und unterliegt ständigen Veränderungen. (5,6,16) Die Wahl der Organisationsform (reine P-Organisation oder Matrix) – daraus ergibt sich die zeitliche Verfügbarkeit der einzelnen Mitarbeiter und die Anzahl der einzusetzenden Mitarbeiter. Einfluss hat auch die fachliche Kompetenz und die Professionalität des Einsatzes des Projektmanagements (als Methode). (4) • Die Vielzahl der Beteiligten/Stakeholder • Die Kommunikation mit den Stakeholdern • Die Veränderungen während der Entwicklungs- und Realisierungszeit (die Veränderungen können aus unterschiedlichen Bereichen resultieren: z. B. Lieferanten, Personaleinsatz, Kostenkalkulation, Umfeld, gesetzliche Änderungen).</p>
17	<p>Unter Komplexität verstehe ich umfangreiche Schnittstellen, Genehmigungswege und Beteiligungen Dritter verbunden mit z. T. technischem Neuland, innovativen Bauverfahren bzw. Baustoffen</p>
18	<ul style="list-style-type: none"> <li>• In puncto Gebäudegeometrie</li> <li>• Räumliche Gegebenheiten (Innenstadtlage, Hochwassergebiet Hafen Hamburg etc.)</li> <li>• Zusammenspiel zu vieler Entscheidungsträger auf Seiten des Bauherrn/-Vertreter</li> <li>• Besondere technische Herausforderungen, die selten bundesweit gebaut werden (z.B. Schießanlage für Polizei)</li> </ul>
19	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Das Zusammenspiel mehrerer Einzelgewerke die voneinander abhängig sind</li> </ul>
20	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Komplex ist eine Bauaufgabe m.E. dann, wenn sie aus vielen unterschiedlichen Aufgaben (Arbeiten) besteht, die abhängig voneinander (z.B. zeitliche Abfolge, Qualität) sind und in der Regel von verschiedenen Abteilungen eines Unternehmens oder Nachunternehmern erbracht werden. Dabei sind die Anzahl der unterschiedlichen Arbeiten und deren Kopplungen so groß, dass bei Veränderungen, Verzögerungen oder gar Versagen einer Komponente eine Aussage über die Entwicklung des Gesamtprojektes nicht einfach möglich ist. Manchmal ist nicht die eigentliche Bauaufgabe komplex sondern die erforderliche Logistik zur Bereitstellung bestimmter Materialien o.Ä.</li> </ul>
21	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hohe Ausprägung von mehreren der folgenden Faktoren: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Anzahl der internen und externen (Stakeholder) Projektbeteiligten</li> <li>- Anforderungen funktionaler, gestalterischer und technischer Art an das Bausoll</li> <li>- Verhältnis zwischen Zielniveau von Kosten (geringes Budget) und Zeit (kurzfristiger Termin) zum Bausoll</li> </ul> </li> </ul>
22	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Komplexität beschreibt die Beziehungen der Elemente eines Systems. Wir unterscheiden zwischen technischer und, mit externer und interner Komponente, organisatorischer Komplexität</li> </ul>
23	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maßnahmen die über das bisher bekannte Normalsoll hinausgehen, besondere architektonische oder technische Anforderungen oder Rahmenbedingungen, z.B. in den Bereichen Projeklaufzeit- oder kosten.</li> </ul>
24	<p>Komplexität ist der länger währende Zustand eines Projekts, bei dem viele unterschiedliche Einflussgrößen dynamisch auf das System einwirken können, und die von einer Einzelperson nur noch schwer oder gar nicht mehr überschaut und daher nicht mehr sicher gesteuert werden können.</p>
25	<p>Ineinandergreifen von mehreren unterschiedlichen Funktionen und Vorgaben in einem Bauvorhaben</p>
26	<p>Viele Beteiligte; viele Schnittstellen zwischen Beteiligten; insbesondere Beteiligte sehr unterschiedlicher Disziplinen; Unmöglichkeit einer einzelnen Personen, das Gesamtvorhaben zu überblicken</p>
27	<p>Baumaßnahmen mit mehreren Funktionen und unterschiedlichen Aufgabenpaketen im Rahmen einer übergeordneten, umfassenden Bauaufgabe, die durch die Bauherrschaft definiert wird.</p>
28	<p>Viele Schnittstellen (Fachlose und Beteiligte) Integration umfangreicher komplizierter Technik Großes Projektvolumen Viele unterschiedliche Vorgänge Struktur der Zeitplanung, viele zeitkritische Vorgänge</p>
29	<p>Die Anzahl der beeinflussenden Parameter und ihre Abhängigkeiten untereinander / ihre gegenseitigen Beeinflussungen/Beeinflussungsmechanismen, und die unzureichende Kenntnis derselben.</p>
30	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Generell: Projekte sind dann komplex, wenn zahlreiche Einflüsse aufeinander abzustimmen sind.</li> <li>- In der Planungsphase: somit Projekte, bei denen planerisch zahlreiche Einflüsse zu beachten sind (z. B. Industrieprojekte)</li> <li>- In der Ausführung: zahlreiche Gewerke aufeinander abzustimmen!</li> </ul>
31	<p>k.A.</p>
32	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Komplexität beschreibt bei einem Projekt den Zustand, dass man es nicht einfach beschreiben/darstellen lässt, selbst wenn man die Einzelbestandteile und deren Wechselwirkungen kennt.</li> </ul>
33	<p>Vorhaben, in dem eine Vielzahl von Beteiligten eine Vielzahl von Interessen einbringen und eine Vielzahl von Anforderungen zu erfüllen ist.</p>
34	<p>Vielschichtigkeit eines Projektes hinsichtlich Bauteile, Funktionen, Anforderungen, Ausführungsmodell, Projektbeteiligte</p>
35	<p>Viele Projektbeteiligte, viele technologische, organisatorische Abhängigkeiten, viele unterschiedliche Interessenvertreter</p>

36	- Allgemein: „Absolutes Gegenteil von Einfachheit, Übersichtlichkeit und Bestimmtheit“ - Auf Bauvorhaben bezogen: Bauvorhaben, das gekennzeichnet ist durch eine Vielzahl schwieriger Sachverhalte (u.a. Vielfalt der Anforderungen und Projekthinhalte, Vielzahl der Projektbeteiligten, stark unterschiedliche Interessenslagen, enger Kosten- und/oder Terminrahmen)
37	Wurde bereits in der Kybernetik definiert: Als Maß für die Vernetzung der primitiven Objekte: siehe Zimmermann, J.; Eber, W. (2014) Mathematical Background of Key Performance Indicators for Organizational Structures in Construction and Real Estate Management, Procedia Engineering, Volume 85, 2014, Pages 571-580 Als Maß für die relative Information eines Knotens: siehe Shannon C. E. (1948): A mathematical Theory of Communication. In: Bell System Technical Journal. Short Hills N.J. 27.1948, (July, October), S. 379–423, 623–656. ISSN 0005-8580. Als Maß für die Dimension de r Konfigurationsraumes einer Projektstruktur: siehe immermann, J.; Eber, W. (2012), Development of Heuristic Indicators of Stability of Complex Projects in Real Estate Management, Business and Management–2012, Selected papers. Vilnius, 2012, Pages 1269-1277, Vilnius Gediminas Technical University, 2012, ISBN 978-9955-28-311-9.
38	Warum ? „Komplex“ Spezialisiert, höherer Aufwand Viele Detail-Maßnahmen
39	Große Gesamtheit an parallel ablaufenden Vorgängen oder Aufgaben
40	Die Komplexität in einem Bauprojekt entsteht aus meiner Sicht durch die Vielzahl von Schnittstellen und besondere Anforderungen an Termine, Kosten und Qualitäten. Allgemein würde ich sagen, dass die Komplexität mit der Anzahl an Einflussgrößen steigt.

<b>4</b>	
<b>Nr.</b>	<b>Wirken sich Erfahrung und Routine der Projektbeteiligten auf die Komplexität aus? Falls ja, wie?</b>
1	(4) k.A. (10) Es sollten entsprechende Benchmarks gesetzt werden, z.B. €/m <sup>2</sup> NF oder€/Nutzereinheit. Jede Änderung muss immer darauf bezogen werden. Am Anfang sollte ein Modellprojekt = Nullvariante stehen, die als Basisplan herangezogen werden kann. Damit lassen sich Änderungen erläutern. Es müssen alle die Wahrheit sagen! 6/16 Es sind nur wenig gute Strukturen im Bauprojektmanagement bekannt, die Komplexität beherrschbar machen. Wichtige Voraussetzung ist in jedem Fall eine klare Trennung von Aufbau- und Ablaufstrukturen. Strukturen müssen einfach gehalten werden und sollten differenziert über Verträge fixiert werden, d.h. Rechte und Pflichten sind über Leistungsinhalte zu klären und zu vereinbaren. In der Projektvorbereitung muss alles genau erfasst werden. Wichtig ist hier die Analyse der Beteiligten und Verfahren. Neben der klaren Definition der Rollen müssen diese allerdings auch gelebt werden. Erfahrungsgemäß werden die Rollen von den weiter oben in der Hierarchie stehenden Personen am wenigsten gelebt. Diese halten sich seltener an die festgelegten Regeln. Notwendig ist hier also eine durchgängige Disziplin und Transparenz. 10/18 - Die Beteiligten im Projektmanagementprozess müssen Theorie begründet arbeiten - Eine komplexitätsorientierte Personalentwicklung ist erforderlich - Neben Hardskills werden auch Softskills benötigt 12/20 - Man muss die Projektbeteiligten begeistert können (12) Die Komplexität wird von den meisten Projektbeteiligten nicht wahrgenommen oder man will es nicht. Viele denken nicht komplex sondern nur in „Kosten“. Menschen wollen „einfache Dinge“. Sensibilität für Komplexität muss bei der Projektleitung vorhanden sein. Man muss abstrakt arbeiten und das Projekt mit Leben erfüllen. Das Projektmanagement setzt eine Strategie voraus und damit klare Ziele. Die vorgegebene Strategie sollte verlässlich sein, auch über eine Wahlperiode hinaus. 15/23 Politik = keine PL/PM = müssen viel wissen Bauherren = müssten sich verändern; Baufachleute müssen vorhanden sein Komplexität ist die Kernursache für die Probleme großer Bauvorhaben.
2	4 -Erfahrung und Routine der Projektbeteiligten unumgänglich um mit Störeinflüssen professionell umgehen zu können - Bei langen Projektlaufzeiten Risiko durch Personalwechsel 10 Frühzeitiges einbinden der Projektbeteiligten kann das Risiko, Anzahl der Schnittstellen und somit die Komplexität reduzieren. Z.B. Partnering-Verfahren 6/16 Gute Strukturen mit wenigen Schnittstellen. Besser GU/GÜ als Gewerke Weise Vergabe 12 Kompetentes Personal senkt Komplexität. Fachliche und persönliche Kompetenz erforderlich. Ausreichende Ressourcen müssen vorhanden sein.
3	4 Für die notwendigen Interaktionen im Projektmanagement ist Erfahrung und Routine eine Voraussetzung. Dies gilt speziell für Führungspersonal. Technisches know how ist unabdingbar für Bauprojekte. Ein Grunderfahrungsschatz muss im Projektmanagement vorhanden sein. Für die AGO sehe ich das nicht unbedingt als Grundvoraussetzung. Beim Auftraggeber ist es eher personenabhängig, als dass Erfahrung und Routine eine wesentliche Rolle spielen würde. 10 Die Zieldefinition am Projektstart ist oftmals sehr allgemein formuliert. Die Bündelung von Aufgaben und somit Reduzierung der Schnittstellen (z.B. GPL oder GU) führen nicht zur Reduzierung von Komplexität. Sie wird nur auf andere Bereiche verlagert. Gute Einzelplaner mit guter Projektsteuerung sind oftmals besser, als ein GPL, der unorganisiert vorgeht. 6/16 Für komplexe Projekte wird eine separate Projektstruktur benötigt. Eine Aufbaustruktur, die sich für ein Projekt aus einer Matrixorganisation zusammensetzt, wird nicht funktionieren. Es dürfen keine „double binds“ entstehen, da sich sonst zu viele nicht projektzielorientierte Abhängigkeiten ergeben. Es müssen klare Rollen und Verantwortungen geschaffen werden. Die Strukturen sollten möglichst einfach sein. Die Auftraggeber müssen da mitmachen. 12 Je komplexer das Projekt, desto fähiger muss das Personal sein. Im PM-Team müssen entsprechende Kapazitäten und Ressourcen vorhanden sein.
4	4 Erfahrung und Routine der Projektbeteiligten wirken sich dämpfend auf die Komplexität aus. Positiv sind feste Partner/Teams, die öfters zusammenarbeiten. 10 Je früher die Beteiligten mit einbezogen werden, umso größer die Wahrscheinlichkeit des Projekterfolges. Hier ist die Kreativität des Projektmanagement gefordert, negatives in positives Potenzial um zusetzen. 12 Ja. Je mehr Personal, desto höher die Komplexität. Der Output je Person wird geringer. Mehr Personal sollte nur schrittweise zugeführt werden. Am Anfang sollten die Fachleute mit einem breiten Basiswissen stehen und später die Spezialisten hinzukommen. Die eingesetzten Skills und Kapazitäten sollten dem Projektverlauf folgen.
5	4 Erfahrene Partner senken die Komplexität. Ein besonderes Augenmerk ist auf die Nutzerkoordination zu richten. Die Bauherrenvertreter müssen fachlich und didaktisch kompetent sein. 10 Ja. Wichtig sind gute Schnittstellenklärungen. Die Bauherren haben allerdings nur eine geringe Auswahl an Planern und Baufirmen, die sich mit komplexen Projekten gut auskennen. 12 Die Projektsteuerer müssen teamorientiert denken. PS sollte nicht auf Kosten der Planer gehen. PS muss stärker auf den Auftraggeber einwirken. Wichtig ist Transparenz und Kommunikation. Oftmals ist es besser mit den Mitarbeitern, als mit den Vorgesetzten zu reden

6	<p>4 Die Nutzerseite muss sehr stark vom PS gesteuert werden. Es dürfen, nach Freigabe der Planung, keine starken Einflüsse des Nutzers mehr erfolgen. Das PM-Team sollte alle Fachbereiche umfassen und das „know how“ der TGA in die Planungsprüfung einbezogen werden. Architekten und Bauingenieure erkennen oftmals nicht, ob eine ausreichende Koordination der TGA stattgefunden hat. Der Bauherrenvertreter sollte Projekte in gleichem Umfang bereits betreut haben. Komplexe Projekte stellen hohe Anforderungen an die Kompetenz dieser Personen. Sie benötigen ausreichend Profil im Innenbereich.</p> <p>10 Ich halte die Partnering-Modelle für schwierig und sehe nur 2 Anwendungsfälle:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Außerst geringe Planungszeiten mit starken Überschneidungen der Leistungsphasen, so-dass Planung und Ausführung zeitlich sehr stark parallel läuft.</li> <li>• Die gewählte Baufirma und deren Mitarbeiter müssen Erfahrungen mit diesen Modellen haben und spezifisches Projekt-Know-how.</li> </ul> <p>Für alle anderen Projekte würde ich die klassische Vertragsvergabe als Einzel- oder GU-Auftrag vorziehen.</p> <p>Prof. Diederichs hat hierzu ausgesagt: „Partnering-Modelle werden in der Regel teurer, als klassische Projekte“. Ich teile diese Meinung.</p> <p>12 Dr. Eschenbruch hat definiert: Die „Geniedichte“ im Projektmanagement ist begrenzt. Dies bezieht sich auf die Dienstleister im Projektmanagement, wie auch die Bauherrenebene.</p> <p>In der Projektsteuerung kommt es darauf an, bei größeren Projekten neben dem Kopf, geeignete Persönlichkeiten Für die Segmente Kosten, Termine, Verträge im Team dauerhaft zu verankern</p>
7	<p>4 Zur Bewältigung der Komplexität ist Routine auf beiden Seiten der Projektpartner notwendig. Stellt der Bauherr keinen kompetenten Projektleiter, kann man keine Projektsteuerung machen. Hier muss man die Bauherren frühzeitig beraten.</p> <p>10 Grundsätzlich ja, wobei dies sehr stark von den beteiligten Firmen abhängt. Baufirmen mit Erfahrungen in diesen Verfahren (z.B. Züblin) lassen sich hier zielorientiert einbinden. Das geht jedoch nur, wenn man direkt mit diesen Firmen verhandeln kann, nicht jedoch für die öffentliche Hand.</p> <p>12 Ja! Wir brauchen professionelle Mitarbeiter auf beiden Seiten.</p>
8	<p>4 Die Psychologische Komponente ist hier noch wichtiger als die Qualifikation. Hier braucht man „Einfühlungsvermögen“ und muss den „Nasenfaktor“ berücksichtigen.</p> <p>10 Ja, in der Regel schon. Im Bereich der Planung ist es durchaus vorstellbar frühzeitig eine vernünftige Teambildung hinzubekommen. Die Beteiligung der Baufirmen für die Ausführungsphase sehe ich hier schon schwieriger. Evtl. könnte man Partnering-Verfahren machen. Das Ergebnis ist eher fragwürdig. Bei GU-Vergaben verlagert man nur die Komplexität auf Dritte. Dadurch wird die Komplexität eher höher, da weniger Einflussnahme besteht.</p> <p>12 Je komplexer ein Projekt, desto mehr Personal und höhere Qualifikationen sind erforderlich. Hier sind zusätzliche Spezialisten gefragt.</p>
9	<p>4 Ja! Die Vertrautheit mit der Ordnung von Systemen dient zur Reduktion der Komplexität. Kompetenz und Erfahrung sind wichtig, da sonst keine fachliche Kommunikation möglich. Das erhöht die Komplexität.</p> <p>Der Begriff „Shareholder sollte nochmals geprüft werden, da die DIN 69901-5 nur den Begriff „Stakeholder“ kennt.</p> <p>10 Ja, auf jeden Fall! Es gibt störanfällige Stakeholder (z.B. NGO), die die Projektziele sehr stark beeinflussen. Zu spätes Einbinden der Projektbeteiligten führt zur Erhöhung der Komplexität, da oftmals neue oder zusätzliche Einflüsse auf die Projektziele erfolgen.</p> <p>12 Eingesetztes Personal und Komplexität bedingen sich gegenseitig. Alle Strukturelemente erzeugen zusätzliche Komplexität. Je mehr Personen, desto höher die Komplexität. Oftmals werden mehr Leute beschäftigt, als Arbeit zur Verfügung steht. In den mittleren Führungsebenen ist ein hoher Machteinfluss vorhanden, ohne dass echte Aufgaben zur Verfügung stehen. Dieser Einfluss muss rechtzeitig und vorausschauend erkannt werden. Wir beschäftigen uns zu wenig mit den Projektrisiken (siehe meine Dissertation). Eine Darstellung über den best-middle-worst case, z.B. bei Kostenaufstellungen, ist unumgänglich. Die Risikobewertung muss vom worst case ausgehen. Das gibt dem Projektmanager größere Budgetsicherheit und somit eine Reduzierung der Komplexität.</p>
10	<p>4 Sehr stark, je erfahrener (und intelligent bei der Umsetzung der Erfahrungen in neue Projekte) das Team, desto besser läuft es.</p> <p>10 Nein</p> <p>12 Ja, ein komplexes Projekt benötigt anderes Personal (erfahreneres)</p>
11	<p>4 Projekte, die scheitern, sind meistens (aber nicht immer) vom Kopf her krank. Wenn Bauerfahrung und Routine der Projektbeteiligten (Shareholder) fehlen, wird dies in der Regel auf die Projektleitung abfärben. Wichtig ist deshalb, dass die Projektleitung von wirklich erfahrenen und routinierten Projektbeteiligten gebildet wird, die sich auch gegenüber Aufsichtsgremien behaupten können.</p> <p>10 Bei neuartigen Projektaufgaben kann es zweckmäßig sein, Projektbeteiligte in die Zielfindung stärker einzubinden. Bei Standardsituationen wäre dies sehr unzweckmäßig. Die Projektbeteiligten verfolgen bei der Zieldefinition stets eigene Interessen, es sei denn, es werden keine klassischen Austauschverträge geschlossen.</p> <p>12 Sind die im Projektmanagement tätigen Beteiligten nicht ausreichend erfahren und fähig, ergeben sich zwangsläufig Fehlsteuerungen und damit steigt die Komplexität des Projektes.</p>
12	<p>4 In der Regel positiv auf die Fähigkeit mit Störungen umzugehen bzw. diese von vornherein mit einzukalkulieren. Vgl. auch Studien von Dietrich Dörner. Gut lesbar dargestellt in "Die Logik des Misslingens".</p> <p>10 Komplexität lässt sich nur bedingt reduzieren, bzw. Komplexitätsreduktion ist nicht unbedingt die beste Strategie, insbesondere nicht bei der Berücksichtigung von Stakeholderinteressen bei der Projektzieldefinition. Hier kommt es im Gegenteil darauf an, die Vielfalt von Interessen der Stakeholder zu erkennen, um auf möglichen, spätere Störungen vorbereitet zu sein. Im Komplexitätsmanagement nennt man dies Varietäts-erhöhung. Die Methode "isom.focus" versucht in einem moderierten Workshop die Zielvorstellungen der maßgeblichen Projektbeteiligten in ihrem Zusammenwirken zu verstehen und macht damit Projekte robuster.</p> <p>12 Je mehr Personal, desto mehr Systemelemente, desto mehr mögliche Projektzustände, desto mehr Komplexität.</p> <p>Je kompetenter das Projektmanagementpersonal im Komplexitätsmanagement ist, desto höher ist die Chance auf den Einsatz realitätsgerechter Methoden.</p>
13	<p>4 Erfahrene Beteiligte haben immer auch Routine, die sich in normalen Projekten als vorteilhaft erweist. Projekte mit besonderen Merkmalen benötigen auch besonderes „Umgehen“. Hier kann sich Routine oftmals negativ auswirken. Beim Projektbeginn ist hier Routine hilfreich, bei Projektfortschritt eher hinderlich. Intelligente, motivierte und anpassungsfähige Beteiligte sind hier von Vorteil.</p> <p>10 Ja. Eine frühzeitige Vermittlung der Kernziele ist hilfreich. Hierzu ist Information notwendig, also eine Frage der Kommunikation. Partnering-Modelle werden nicht billiger und senken nicht die Komplexität; sie verlagern diese nur.</p> <p>12 Ja. Die Merkmale Ausbildung, Erfahrung und Persönlichkeit tragen zum Gelingen eines Projektes bei. Komplex werden Projekte dann, wenn das Projektmanagement auf mehrere Personen aufgeteilt werden muss.</p>
14	<p>4 Der oberste Projektleiter muss Erfahrung (Senior-Projektleiter) mit der Abwicklung von komplexen Projekten haben und muss seine Mitarbeiter anleiten können.</p> <p>10 Ein Projekt ohne Bedarfsplanung zu beginnen ist ein Kardinalfehler! Die Komplexität bleibt gleich.</p> <p>12 Nein!</p> <p>Tom De Marco hat über dieses Thema ein bemerkenswertes Buch geschrieben.</p> <p>Tom de Marco, Der Termin, Ein Roman über Projektmanagement, Hanser Verlag, ISBN 3-446-40165-2, 1998</p>
15	<p>4 Sehr positiv, zumindest bis zu einem bestimmten Alter. Je mehr Berufserfahrung, und somit je mehr nicht nur fachliche Kompetenz, sondern auch soziale Kompetenz, findet sich dann im Team.</p> <p>10 k.A.</p> <p>12 Hier sollte ein sehr großer Zusammenhang bestehen. Da mit der Komplexität eines Projektes nicht nur die Anzahl der am Projekt tätigen steigen sollte, sondern auch deren Qualifikation und Erfahrungsschatz mit ähnlichen Projekten.</p>
16	<p>4 Hier ist zu unterscheiden, hinsichtlich der fachlichen Erfahrung und PM-Erfahrung. Beides ist förderlich, das Projekt bleibt aber weiterhin komplex - es ist aber besser auf die Zielerreichung ausgerichtet.</p> <p>10 Für mich versteht sich die Komplexität als Vielseitigkeit – diese Vielseitigkeit wird auch durch Einbeziehung der Beteiligten erhalten, aber die Bewältigung der Komplexität wird erleichtert, da die Beteiligten mit ihrem unterschiedlichen Wissen zur vollständigen Zieldefinition beitragen.</p> <p>12 Systemorientiertes PM fördert die Auseinandersetzung mit den Beziehungen zwischen den Projektbeteiligten und fördert die stetige Anpassung an Veränderungen. Vorhandene Pläne müssen aufgrund von neu dazukommenden Faktoren bzw. Wegfall angepasst werden und haben damit Auswirkungen auf das gesamte System. Es fördert den Umgang mit Komplexität.</p>

17	Je erfahrener die Projektbeteiligten mit den notwendigen Projektstrukturen sind, umso erfolgreicher werden Projekte abgewickelt.
18	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Technische und logistische Komplexität lässt sich durch (bedingt) Erfahrung reduzieren</li> <li>• Komplexität durch die Auftraggeberseite nur sehr begrenzt beherrschbar</li> </ul>
19	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Positiv, es werden gewisse „Unterlassungssünden“ aufgrund der Erfahrung vermieden.</li> </ul>
20	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wenn die Beteiligten die ein Projekt konzipieren und planen sehr erfahren sind, kann die Komplexität u.U. verringert werden. Meines Erachtens allerdings nur in begrenztem Maße. In der Ausführung kann man sagen, dass erfahrene Projektleiter, Bauleiter etc. auf AN - und AG - Seite nicht so leicht von komplexen Situationen, die bei einem Großprojekt unausweichlich sind, überfordert werden und somit negative Auswirkungen auf das Projekt minimiert werden. Die Komplexität kann u.U. durch gute Arbeitsvorbereitung und/oder Alternative Ideen im begrenzten Maße reduziert werden.</li> </ul>
21	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Meiner Meinung nach reagieren die Projektbeteiligten je nach Erfahrung/Routine auf die (weitgehend gegebene) Komplexität des Projektes; Den beeinflussbaren Teil der Komplexität versuchen erfahrene Projektbeteiligte so weit wie möglich zu senken.</li> </ul>
22	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mit der Kenntnis der Zusammenhänge kann die Komplexität reduziert werden.</li> </ul>
23	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zweifelsfrei positiv</li> </ul>
24	<p>Nein, Komplexität ist ein absoluter Begriff bzw. sollte als solcher auch definiert werden.</p> <p>Allerdings geht es anders herum: es können Erfahrung und Routine helfen, die Komplexität besser zu bewältigen. Denn erfahrene Projektleiter „riechen“ mögliche Problemzonen oder kritische Entwicklungen besser als Berufsanfänger. Auch haben sie in ihrem Köcher eine ganze Reihe von Tools und schon in der Vergangenheit ausprobierte Maßnahmen, mit denen sie die Auswirkungen lindern oder sogar die Wurzeln der Probleme beseitigen können.</p> <p>Leider gilt dabei nicht: 3 gute Projektleiter auf einem Projekt sind dreimal so wirkungsvoll wie einer. Denn oft haben Projektleiter ihre ganz eigene Art und Weise eine kooperative und problemorientierte Aura zu schaffen, die nicht immer mit der anderen Arbeitsweise eines anderen führenden und guten Projektleiters kompatibel ist.</p> <p>Was können wir in der akademischen Ausbildung tun, damit nicht auch die nächste Generation der Projekt-leiter wieder bei Adam und Eva anfängt. Sprich, welche gegenüber früheren Generationen zusätzlichen Fähigkeiten und Fertigkeiten bekommen sie von uns mitgegeben, die nicht wieder bei den Grundregeln von Kommunikation beginnen und auch über das Telefonieren mit Handys und schnellere Versenden von SMS hinaus reichen?</p>
25	JA!!! Gute und ausreichende Zeit bei der Planung aller Gewerke und schon hier die durchgehende Zusammenarbeit aller Beteiligten. BIM ist nicht zwingend notwendig, da hierdurch oft zu viel Zeit durch zu wenig Entscheidungsfreudigkeit verloren geht
26	Nein, die Komplexität entsteht aus der Sache heraus. Erfahrung und Routine äußern sich aber darin, wie professionell mit der Komplexität umgegangen wird. Erfahrung und Routine können Prozesse vereinfachen. Erfahrung und Routine führt zu höherer Entscheidungsfreudigkeit, was Prozesse verkürzt.
27	Erfahrung und Routine der Projektbeteiligten, vornehmlich des Projektsteuerers sind die Voraussetzung für zielorientierte Abwicklung von Baumaßnahmen mit hoher Komplexität. Der Grad der Komplexität wird jedoch allein von der Bauherrschaft bestimmt.
28	Nicht auf die Komplexität, sondern im Gegenteil auf die Lösung der Komplexität
29	<p>A) Sie steigert die Kenntnis über die Komplexität – man täuscht sich weniger leicht über den Grad der Komplexität</p> <p>B) Sie steigert die Fähigkeit, Folgen von Einzelentscheidungen klarer zu bedenken</p> <p>C) Sie kann die Risikobereitschaft mindern – aus der Erfahrung, dass Komplexität auch die Unabschätzbarkeit von Folgen steigert.</p>
30	<p>Nein, da die Komplexität vom Projekt ausgeht! (Die Frage ist vermutlich nicht richtig gestellt!)</p> <p>Inwieweit die Komplexität aber beherrscht und abgearbeitet wird, ist selbstverständlich von der Erfahrung und der Routine der Projektbeteiligten abhängig. Erfahrene und routinierte Projektbeteiligte schlagen schlechte und ineffiziente Lösungen nicht vor und treffen schnell die richtigen Entscheidungen. Baut zum Beispiel jemand zum ersten Mal eine Papierfabrik, eine Raffinerie, ein Krankenhaus oder einen Flughafen und hat er keinerlei Erfahrung und Routine, dann geht das schief! Daher gibt es spezialisierte Planungsbüros genauso wie spezialisierte Bauunternehmen. Das sind dann spezialisierte Nachunternehmer, die in das Bauteam eingebunden werden müssen!</p>
31	Ja! Je länger einer in diesem Bereich Projekte macht, desto mehr Fallkonstellationen kennt er.
32	- Erfahrung und Routine wirken sich auf die Komplexität aus, da die „erfahrenen“ handelnden Personen bereits über eine Prozesssicherheit in der Realisierung verfügen und daher sich auf die noch eher „unbekannten“ Themengebiete/Bestandteile konzentrieren können, um diese im Projekt zielgerichtet umzusetzen. Aus meiner Sicht ist daher ein erfolgreicher Projektabschluss wahrscheinlicher.
33	Ja, sie wirken sich aus. Entscheidend sind die Erfahrung und Routine des Projektleiters, die sich auf vergleichbare Vorhaben beziehen sollte, und des Architekten sowie deren effiziente und ständige Kommunikation.
34	Erfahrungen und Routine der Projektbeteiligten wirken sich insofern auf die Komplexität eines Projektes aus als erfahrene Projektbeteiligte durch intensive Analyse des Projektes und sorgfältige Beratung des Auftraggebers versuchen, die Komplexität soweit zu reduzieren, dass die sich gegenseitig beeinflussenden Umstände so gestaltet werden, dass eine größtmögliche Beherrschbarkeit und Transparenz gegeben ist. Diese müssen so optimiert werden, dass die Zielsetzungen an das Projekt durch diesen Optimierungsvorgang nicht beeinträchtigt werden.
35	Ja, erfahrene Kollegen können Abläufe besser voraussehen (Intuition)
36	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Durch bessere Übersicht über Abläufe und Zusammenhänge</li> <li>- Durch vorausschauende Einschätzung der Verhaltensweisen von Projektbeteiligten</li> <li>- Durch rechtzeitiges Erkennen von Risiken</li> <li>- Durch Kenntnis von Steuerungsmöglichkeiten</li> <li>- Durch Fähigkeit zur Verständigung</li> </ul>
37	Gar nicht! Die Komplexität bemisst sich nach der Struktur des Projektes und ist messbar. Erfahrung und Routine der Beteiligten kann sich nur in der Fähigkeit ausdrücken, mit der vorliegenden Komplexität erfolgreich umzugehen.
38	Komplexität erwartet bessere Vorbereitungen und bessere Zusammenarbeit aller am Bau Beteiligten Detaillierterer Bauzeitenplan mit Abstimmung der Ausführenden (Arbeitszeiteinteilung)
39	Routine erleichtert die Ausführung der Vorgänge bzw. der Abläufe
40	Die Erfahrungen der Projektbeteiligten wirken sich stark auf die Komplexität in der Abwicklung eines Projektes aus. Je erfahrener und routinierter die Projektbeteiligten sind, desto souveräner erbringen diese in der Regel ihre Leistungen. Wichtig ist hier jedoch die Routine in der Abwicklung vergleichbarer Bauprojekte. So kann ein erfahrener Planer wenn er keine Erfahrungen mit Bauvorhaben der öffentlichen Hand hat, bei solchen Projekten vor Problemen stehen. Dies betrifft beispielsweise Kenntnisse im Vergaberecht.

Nr.	<b>5</b> <b>Neuartigkeit</b> <b>Verändert sich die Komplexität durch die Neuartigkeit (Besonderheit) der Projekthinhalte?</b> <b>Falls ja, wie?</b>
1	11/19 -WM ist Voraussetzung für die Steuerbarkeit von Projekten - WM setzt Erfahrung und Annahmen voraus - Wichtig ist ein Systematischer Ansatz mit hinterlegtem Modell
2	- Neuartige Projekte sind komplex da sie Prototypcharakter haben
3	- Jedes Problem/Anforderung erhöht die Komplexität - Beispiel: Anforderungen, die außerhalb der Normung liegen oder der Wunsch nach einer Zertifizierung
4	Neuartigkeit potenziert die Komplexität. Als Beispiel möchte ich hier Forschungsvorhaben nennen. Es besteht hohes Risikopotenzial. Man benötigt längere Vorlaufzeiten. Ein erfahrener Personenkreis ist notwendig.
5	Hier sehe ich keinen Einfluss. Neue Aufgabenfelder müssen auf Spezialisten verlagert werden.
6	Die Projekttypologie hat einen Einfluss auf die Komplexität. Projekte mit vielen, verschiedenen Individualitäten, z.B. Einkaufszentren oder Flughäfen, sind oftmals sehr komplex.
7	neuartige Bau- bzw. Gebäudetechnik darf nicht der freien Entscheidung der Architekten bzw. Fachplaner überlassen werden. Dies sollte sich kein gewerblicher Investor leisten. Allenfalls die öffentliche Hand könnte hier Meilensteine der Baukultur setzen. Versuchsprojekte mit grenzwertiger Architektur führen oftmals zu Zielverfehlungen. Diese sollten nur im Rahmen von Baukultur und Unternehmensdarstellung zur Anwendung kommen
8	Hohe technische Anforderungen, also auch unerprobte Produkte und Verfahren, steigern die Komplexität der Projekte.
9	Ja! Neuartigkeit bedeutet: keine Erfahrung zu haben. Man kann daher nicht die Elemente der Komplexität und deren Verknüpfungen erkennen. Um Komplexität zu erkennen, muss man die Aufgaben erkennen. Neuartigkeit = Erhöhung der Komplexität!
10	Wenig, ein gutes Team schafft alles!
11	Auf die Komplexität kann sich auch die Neuartigkeit der Projektanforderungen auswirken. Dem-entsprechend sollte schon bei der Planung darauf geachtet werden, dass keine Projektstrategien verfolgt werden, die eine Vielzahl von technischen Neuerungen unter Berücksichtigung enger Terminzwänge bewältigen sollen. Komplexitätsreduzierung heißt hier, auf einfache, standardisierte Lösungen zurückzugehen.
12	Sie steigt im Regelfall, da neuartige Projekthinhalte in ihren zukünftigen Wirkungen schwerer zu prognostizieren sind und die Anzahl möglicher Projektzustände bzw. -verhaltensweisen damit zunimmt.
13	Verändert Neuartigkeit die Komplexität? In jedem Falle steigt das Risiko im Projekt. Kommen unbekannte Faktoren in ein Projekt, steigt die Komplexität.
14	Überhaupt nicht. Projekt ist Projekt. Beim Objekt ist das etwas anderes. Da sind Spezialisten gefragt, die der Projektleiter ermitteln und rekrutieren muss.
15	Ja, auch das Festlegen hoher (bzw. niedriger) Kosten- und Terminziele erhöht die Komplexität eines Bauvorhabens, wenngleich bei nahezu allen Projekten kostengünstige und terminminimierende Lösungen gesucht werden sollten.
16	Da weniger auf vorhandene Standards und Erfahrungen zurückgegriffen werden kann, erhöht sich die Komplexität. Bei Neuartigkeit/Besonderheit ist insbesondere großer Wert auf die Anfangsphase des Projekts zulegen (Zieldefinition, Stakeholderanalyse), um daraus dann besondere Erkenntnisse für das Risiko (- und Chancenmanagement) abzuleiten.
17	Ich glaube, wenn alle Beteiligten sich bewusst sind Besonderheiten in den Projekten zu haben und entsprechend vorausschauend Problemlösungsstrategien implementieren, haben diese Besonderheiten keinen Einfluss auf die Komplexität. Da diese Einsicht und Vorausschau jedoch kaum vorhanden ist, bringen solche Besonderheiten Projekte sehr schnell in Schieflage. Die frühzeitige Identifikation, wo technisches Neuland beschritten wird und dies auch offen zu kommunizieren ist ein wesentlicher erster Schritt. Leider sind i. a. bei Infrastrukturprojekten die verschiedenen Projektpartner nicht auf technischer Augenhöhe aufgestellt.
18	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beispiel Polizeischießanlage durch sehr begrenzt beherrschbar</li> <li>• durch besondere geometrische Formen durch Erfahrung / Teamarbeit reduzierbar</li> <li>• andere durch breiten Erfahrungsschatz in der Firma eingrenzbar</li> </ul>
19	• Sie wird nicht höher, jedoch ist der Erfahrungswert geringer und hierdurch steigt das Fehlerrisiko
20	• Wenn keine Erfahrungswerte mit bestimmten Arbeitsweisen, Prozessen oder Materialien bestehen, müssen diese erst im Laufe des Projektes erlernt und beherrscht werden, was nicht immer gelingt. Oftmals bestehen bei neuen Methoden Abhängigkeiten die vor Projektbeginn noch nicht erkannt und bewertet wurden. Natürlich gibt es Neuerungen die die Komplexität reduzieren können aber in der Regel erhöht sich die Komplexität erst einmal.
21	• Neuartigkeit von Aufgaben/Situationen wird als oft Komplexität empfunden, ist jedoch m. E. nicht objektiv Bestandteil von Komplexität.
22	• In Ermangelung von Erfahrungswerten erhöht sich die Komplexität (vgl. Ziffer 5)
23	• Dies ist m. E. abhängig davon, wie flexibel das Projektteam auf die „Neuartigkeit“ reagieren kann und will.
24	Ja, beispielsweise werden Aspekte bisher unerprobter oder innovativer Verfahren stets die Komplexität erhöhen, weil damit ein oder mehrere weitere Risikofelder eröffnet werden, die der Projektleiter im Auge behalten muss. Dies betrifft technische Aspekte (neuartige Gebäudetechnikvernetzung) ebenso wie auch das Verhalten und die Steuerung von Stakeholdern (siehe die „nachträglich“ aufgeflamten Widerstände gegen das bereits genehmigte Projekt Stuttgart 21). Das verändert auch die Ausrichtung von Unternehmen. Beispielsweise schilderte mir ein renommiertes, alt eingesessenes Statikbüro im Küstenwasserbereich, dass es heute mehr denn je dazu beauftragt wird, Bau-recht zu schaffen – und nicht mehr nur die Spundwände richtig zu dimensionieren.
25	Nein ?? Wieso ?



26	Nein, Neuartigkeit alleine bewirkt nicht zwangsläufig höhere Komplexität. Eine Vielzahl von neuartigen Komponenten eines Projekts kann jedoch zu vorher nicht bedachten Wechselwirkungen führen, die dann als ungeahnte Komplexität empfunden werden (obwohl das Projekt als solches nicht besonders komplex ist).
27	Die Neuartigkeit der Projekthinhalte kann Auswirkungen auf die Komplexität der Projekthinhalte haben; sie rechtfertigt aber nicht ein „Verändern“ im Verlaufe des Bauprozesses (bzw. sie beschädigt in der Regel den zielgerechten Bauablauf).
28	Dann genau fehlt Routine und Erfahrung. Daher i.d.R. ja. Wird größer
29	Ja, dadurch, dass die Interaktionsregeln zwischen den projektbestimmenden Elementen weniger bekannt sind
30	Nur sehr bedingt. Jedes Projekt ist ein Unikat und beinhaltet damit eine gewisse Neuartigkeit. Architekten und Planer sind gewohnt, neuartige Projekte zu planen und zu bauen.
31	unklare Prognose der LPH 5 in LPH 2
32	- Aus meiner Sicht verändert sich die Komplexität durch die Neuartigkeit (Besonderheit) der Projekthinhalte. Wenn beispielsweise eine Planung ein Ausführungsdetail vorsieht, welches in der Art noch von keinem der Projektbeteiligten oder sogar im extremsten Fall überhaupt noch nie realisiert wurde, erhöht dies die Komplexität, da ja in diesem Fall zum Startzeitpunkt ja nicht einmal Wissen über die spezifischen Eigenschaften und Wechselwirkungen besteht.
33	Ja, neue und nicht erprobte Verfahren oder Materialien erhöhen die Komplexität.
34	Neuartigkeiten und Besonderheiten von Projekthinhalten können die Komplexität insofern verändern, als Planungsrandbedingungen, Projekterfahrung der Projektbeteiligten, technische Randbedingungen dazu führen, dass nicht auf Basis von gesichertem Wissen und Erfahrung geplant und gebaut wird. Das Projekt könnte ggf. zum "Testobjekt" werden.
35	Ja, durch gesteigerte Technologisierung
36	- Durch bisher nicht bekannte Anforderungen, z.B. rechtlicher Rahmenbedingungen
37	Was soll bei einem Bauvorhaben „besonders“ sein. Die Unternehmen haben entsprechend der Anforderung des Bauherrn zu „bauen“, also was der Bauherr bestellt – und nur das. Wenn die Unternehmen dazu nicht in der Lage sind, dürfen sie nicht anbieten. Das gleiche gilt für alle Planer.
38	Veränderung durch Anforderung – Bauschein andere Voraussetzungen als bekannt
39	Nein
40	Durch den Grad Neuartigkeit eines Bauvorhabens steigt auch immer die Komplexität. Projekte mit Inhalten, in denen die Beteiligten Erfahrungen haben werden in der Regel in der Abwicklung reibungsloser verlaufen.

<b>Nr.</b>	<b>6</b> <b>Projektziele (Kosten, Termine usw.)</b> <b>Wirken sich erhöhte Anforderungen an die Projektziele auf die Komplexität aus?</b> <b>Falls ja, wie?</b>
	1 k.A.
	2 6 - Stringente Terminforderungen machen paralleles Arbeiten erforderlich - Uhr Aufgabenlast erzeugt Schnittstellen und Fehlerquellen - stringente Kostenforderungen machen Alternative Ausführungen erforderlich mit möglichen technischen Risiken 8 Risiken durch Komplexität: • Kosten • Termine • Verträge • Genehmigungsverfahren • Realisierungsmöglichkeit • häufige Änderungen durch lange Laufzeiten
	3 6 - Ehrgeizige Ziele steigern die Komplexität und können zum Aus führen. - Eine Ausgewogenheit zwischen Anforderung und Verfügbarkeit von Kapazitäten und Ressourcen ist notwendig. 8 Primäre Risiken: - Kosten - Termine - Qualitäten Sekundäre Risiken: - Unzufriedenheit und Degeneration bei den Projektbeteiligten
	4 6 Der Fokus wird von qualitätsorientierten Aspekten auf Termin- und Kostenaspekte verschoben. Es steigt somit die Komplexität zum Erreichen der Qualitätsziele. 8 Bezogen auf Forschungsprojekte im pharmazeutischen Bereich dauern Projekte oftmals 10 Jahre und mehr. Ziel des Projektmanagements ist es hier, nicht erfolgreiche Projekte frühzeitig zu erkennen und rechtzeitig abzubrechen. Hier wird von 5000 Projekten nur 1 realisiert. Durch frühzeitiges Abbrechen können immense Kosten gespart werden. Die Laufzeit der Projekte birgt daneben noch personalorganisatorische Risiken. Große Bauvorhaben haben i.d.R. kürzere Laufzeiten. Generell steigen mit der Laufzeit eines Projektes die Komplexität und damit das Risiko.
	5 Für die Bauherren besteht ein hohes Kosten und Terminrisiko.
	6 6 Ja, daher müssen die PS stärker in der Verantwortung genommen werden. Der PS muss mit einer eigenen Termin- und Kostenplanung die Rahmenbedingungen des Bauherrn absichern. Diese sind mit dem Bauherrn zu vereinbaren und auf die Planer zu übertragen. Eine Übertragung auf die Baufirmen ist nur bedingt möglich. 8 Neben Kosten- und Terminrisiken sehe ich hier organisatorische- und qualitätsbezogene Risiken. Die Erkennung der Risikofelder ist erforderlich. Eine Ausprägung auf das jeweilige Projekt ist erforderlich, wobei die Risikobewertung vorrangig Aufgabe des Investors bleibt. Eine Bewertung der technischen Risiken muss vom PS im Projektbericht erfolgen. Es muss eine realistische Eingrenzung mit Sachverstand und Augenmaß erfolgen. Die Bewertung muss konkretisiert werden, der Höhe nach und nach Eintrittswahrscheinlichkeit.

7	<p>6 Nein, Komplexität ergibt sich aus den unter 4. und 5. genannten Kriterien. Vielmehr erhöht sich der Controlling-Aufwand. Es muss vorab eine Risikoanalyse erstellt werden. Die Einflüsse dieser Risiken stellen sich dar in:</p> <p>Terminrisiken:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bewährte und erprobte technische Planung</li> <li>• Überprüfung von Lieferfristen</li> <li>• Rückwärtsplanung der Termine</li> </ul> <p>Kostenrisiken:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Budgets festlegen</li> <li>• Kennwerte vorgeben</li> </ul> <p>Die Anforderungen an Kosten und Termine beeinflussen sich gegenseitig. Treten erhöhte Anforderungen in beiden Handlungsfeldern auf, müssen weitere Überlegungen angestellt werden, z.B. Funktionalausschreibungen und die Einbindung von Erfahrungswissen ausführender Unternehmen.</p> <p>8 Es entstehen Qualitäts-, Kosten- und Terminrisiken.</p>
8	<p>6 Erhöhte Anforderungen in diesem Bereich führen zu erhöhtem Druck auf die Projektbeteiligten. Sind diese nicht oder nur schwer lösbar, führt dies zu Erhöhung der Komplexität. Sind es nur „sportliche Ziele“, die an sich jedoch lösbar sind, führt dies zu mehr Einsatz bei den Beteiligten, also zum Abbau von Komplexität. Sind die Termine beherrschbar und passt die Organisations-Struktur, verliert die Komplexität an Bedeutung. Es entsteht so eine bessere Effizienz; kleine Toleranzen und unterschiedliche Interessen bleiben erhalten.</p> <p>8 Die Risiken entstehen in den klassischen Handlungsbereichen: Kosten-Termine-Qualitäten, in den technischen Risiken der Bauvorhaben.</p>
9	<p>6 Irrationale Zeitziele erzeugen mehr Elemente, die in gleicher Zeit zu bearbeiten und zu verknüpfen sind, daher erfolgt ein Anstieg der Komplexität. Zu geringe Investitionsmittel schaffen ebenfalls Zusatzelemente, die zu bearbeiten sind. Daher erfolgt ein Anstieg der Komplexität. Der Einfluss der Anforderungen auf die Komplexität ist auch auf die Qualitäten/Quantitäten übertragbar.</p> <p>8 - Notwendige Aufgaben werden nicht erkannt, dadurch sind keine Gegenmaßnahmen möglich.  - Festgelegte Rahmenbedingungen sind eine grundlegende Voraussetzung, um reagieren zu können.  - Das Grundstück könnte Probleme verursachen, z.B. in der Beschaffung, der Tragfähigkeit oder der Bauphysik.  - Aufgaben einer späteren Phase, die jedoch in PS 1 erkannt werden müssten, verursachen hohe Risiken.</p>
10	<p>6 Nein</p> <p>8 Sehr: Termine, weniger: Kosten bei guter Planung / Kostenplanung (sonst liegen eher Planungsfehler vor)</p>
11	<p>8 Das Risiko des Scheiterns des Projektes und die Nichterreichung der Projektziele. In der Regel besteht die Gefahr, dass weder die Termin- noch die Kostenziele gehalten werden können.</p>
12	<p>6 Hohe Anforderungen, also enge Terminvorgaben und niedrige Projektbudgets erfordern ein gutes Management. Insofern wirken sie sich auf die Anforderungen an Komplexitätsmanagement aus.</p> <p>8 U.a. das Risiko von "falschen" Organisationsentscheidungen. Also z.B. vorschnellen Festlegungen, Friktionen an der falschen Stelle, zuviel Freiheitsgraden an anderen Stellen ...</p>
13	<p>6 Zunächst keine (siehe 3), da die Anzahl der Komplexitätsindikatoren nicht steigt. Es gibt jedoch Wechselwirkungen und die Anzahl der Verknüpfungen ändert sich. Der Anspruch an das Projektmanagement steigt, da das System komplexer wird.</p> <p>8 Das Kostenrisiko sehe ich an erster Stelle, gefolgt von Terminen und Qualitäten, die jedoch i.d.R. wieder zu Kostensteigerungen führen. Nicht zu vergessen der Ansehensverlust, der sich jedoch nur schwer monetär bewerten lässt.</p>
14	<p>6 Nein, wohl aber auf das Brot und Buttergeschäft. Mehrarbeit und vorgezogene Leistungsphasen sind das Ergebnis.</p> <p>8 Risiken durch viele Beteiligte  Risiken durch komplexe TGA  Risiken durch noch nicht erprobte neue Bautechniken  Risiken durch ein Vielzahl von Geldgebern (versprochene Zuschüsse)  Risiken durch Insolvenzen von Auftragnehmern</p>
15	k.A.
16	<p>6 Ja, weil die Aufwände zur Schaffung von Transparenz und Einhaltung der Ziele Einfluss auf das Berichtswesen, die Kommunikation, das Personal etc. haben.</p> <p>8 Es ist eine übergeordnete Steuerung zwingend erforderlich, die mit Entscheidungskompetenz und Fachkompetenz ausgestattet ist. Im Rahmen des Projektmanagements ist ein konstantes Monitoring/Controlling zwingend einzuhalten, um erforderliche Anpassungsbedarfe zu erkennen und zu berücksichtigen.</p>
17	<p>6 Nein! Jedoch ist ganz klar, dass diese Projektziele klar kommuniziert werden müssen und für alle Beteiligten ein entsprechender Umgang mit Abweichungen selbstverständlich sein muss.</p>
18	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kosten einfach durch Optimierung der einzusetzenden Ressourcen</li> <li>• Termine durch das Problem ggf. mehr Leistung in verkürzter Zeit zu erbringen erhöht immer den Koordinationsaufwand und damit die Komplexität</li> </ul>
19	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nein, aber die Kombination erhöht ebenfalls die Fehlereintrittswahrscheinlichkeit</li> </ul>
20	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ja, siehe Antwort auf 1.) und 3.)</li> </ul>
21	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ja, siehe 3.</li> </ul>
22	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ja. Kostenlimitierung und - bereits etwas abgestuft - Terminvorgabe determinieren die Komplexität von Bauprojekten maximal.</li> </ul>
23	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ja und zwar oftmals negativ. M. E. wird in Deutschland zu wenig Zeit in die G-Ermittlung, Planung, Koordinierung mit den beteiligten Gewerken und Nutzern investiert. Dies führt u. a. dazu, dass Leistungsverzeichnisse bereits auf Basis von Entwurfsplanungen, LPH 3, erstellt werden. D. h. die Vertragsgrundlagen für die Ausführung und Abrechnung der Bauleistungen fußen auf einer frühen Planungsstufe. Da aber auch diese Planungsphase aufgrund der zu geringen Planungszeit ebenfalls nicht die erforderliche Planungstiefe mitbringt sind Bausolländerungen, Nachträge und Budgetüberschreitungen die Folge und wirken sich sehr oft auf die erreichte Qualität und die späteren Betriebskosten einer Liegenschaft aus.</li> </ul>
24	<p>Nein, jedwede Anforderungen sind quasi gedanklich steigerbar (linear oder auch nicht linear zu erhöhen) bis zur absoluten Unfehlbarkeit oder Perfektion. Das erhöht nicht die Komplexität, sondern allenfalls die Rückstellungen für Mangelbeseitigung und Gewährleistungen. Komplexität ist aber das Aufeinanderwirken unterschiedlichster Einflüsse, Restriktionen, Verhaltensweise etc. auf ein und dasselbe Projekt.</p>
25	Nein
26	Ja, wenn die Projektziele die Einbindung von immer mehr Fachdisziplinen erfordern
27	Das kann der Fall sein; idealerweise wird aber die Komplexität beim Start der Baumaßnahme durch die Beschreibung der Projektziele definiert.
28	Kommt darauf an, was man unter projektziel versteht.
29	Systembedingt notwendigerweise ja. Komplexe Zusammenhänge sind umso mehr zu beachten, je mehr für die sich gegenseitig beeinflussenden Parameter jeweils höhere Anforderungen formuliert werden. Damit werden Auswirkungen genauer zu beachten sein.

30	Generell haben sich die Anforderungen an bauliche Anlagen in der Vergangenheit stark erhöht. Dies ist seit mindestens 150 Jahren zu verfolgen. Zuerst kamen langsam sich erhöhende Anforderungen aus der Haustechnik, später aus der Bauphysik (Wärmeschutz und Schallschutz), dem Brandschutz aber auch zunehmend aus der Architektur (z. B. structural glazing, freie Spannweiten, Minimalismus, Anforderung an Sichtbeton etc.).
31	Ja! Je mehr das Projekt bekommen soll, desto komplexer.
32	- Dies hängt aus meiner Sicht von der Art der Anforderungen ab. Wenn erhöhte Anforderungen meint, dass eine neuartige technische Umsetzung gefordert wird oder eine neue Terminzielvorgabe (früherer Übergabetermin), dann wird sich dies auf die Komplexität auswirken, da die vorgesehenen bzw. be-kannten Vorgehensweisen geändert werden müssen.
33	Im "Normalfall" nicht, da jedes Projekt seine eigenen Anforderungen und die einzuhaltenden Projektziele definiert und für alle Beteiligten vorgibt. Einzig erhöhte oder unrealistische zeitliche Anforderungen würde ich davon ausnehmen: sie erhöhen die Komplexität und Fehleranfälligkeit durch Zeitdruck.
34	Erhöhte Anforderungen an die Projektziele (z. B. besonders enge Terminvorgaben, besonders knappe Kostenvorgaben, Beteiligung/ Einbeziehung einer besonders großen Zahl von Entscheidungsträgern) wirken sich insofern auf die Komplexität des Projektes aus, als die Projektprozesse darauf ausgerichtet werden müssen. So müssen beispielsweise ggf. Projektprozesse in eine größere Zahl von Einzelprozessen zerlegt werden, die dann u. U. parallel oder komplex verknüpft ablaufen müssen. Die Anforderungen an das Entscheidungsmanagement und das Berichtswesen sind in der Regel erhöht. Die Anforderungen an die Genauigkeit von Ermittlungen steigen sehr stark und die Auswirkungen von Fehlern in Einzelprozessen können auch stark steigen. Erhöhte Anforderungen können auch dazu führen, dass eine größere Zahl von Sonderfachleuten einbezogen werden muss, die alle inhaltlich terminlich und organisatorisch koordiniert werden müssen.
35	Ja, wesentlich mehr technologische Anforderungen und Abhängigkeiten
36	- In Bezug auf Qualitäten: Z.B. intensivere Detailplanung, Genauigkeit der Fertigung, höherer Kontrollaufwand - In Bezug auf Termine: Z.B. enger Terminrahmen, Risiken durch Verringerung von Pufferzeiten, erhöhter Kontrollaufwand - In Bezug auf Kosten: Z.B. enger Kostenrahmen, Risiken durch Verringerung von Ausgleichsmöglichkeiten, erhöhter Kontrollaufwand, Probleme bei der Finanzierung)
37	Es gibt keine Anforderungen an die Projektziele aus der Perspektive der Bauausführung. Im Gegenteil: Die Projektziele selbst definieren die Anforderungen an die Projektorganisation und die Kompetenz der Beteiligten. Bauen ist eine Dienstleistung, Siehe: „Zimmermann, J.: Bauen – Advanced Producer Services. In: Zimmermann, J. (Hrsg.): Dienstleister Bauwirtschaft – Leistungsfähigkeit oder Produkte im Wettbewerb. 8. Kolloquium Investor – Hochschule – Bauindustrie. München, 2012“
38	k.A.
39	Was sind erhöhte Anforderungen???
40	Die Komplexität steigt aus meiner Sicht klar mit den Anforderungen an die Projektziele. So wird beispielsweise ein Projekt mit besonders engem Terminrahmen für die Ausführung immer auch eine hohe Komplexität der Aufgabe in Bezug auf die Terminplanung nach sich ziehen

<b>Nr.</b>	<b>7 Kybernetik Haben Sie Erfahrungen mit systemorientiertem, kybernetischem Projektmanagement? Falls ja, welche?</b>
1	k.A.
2	k.A.
3	k.A.
4	k.A.
5	Nein. Ich kenne die Inhalte nicht.
6	Bisher keine. Ich habe zwar davon gehört, halte sie jedoch für die breite Anwendung nicht geeignet. Das Modell ist zu komplex. Es gibt zu wenig Erfahrungen damit und kaum dafür qualifiziertes Personal. Ich halte dieses Grundmodell eher für eine Ausnahme im Bereich des Bauens.
7	Nur wissenschaftliche Grundkenntnisse. Praktische Erfahrungen fehlen. Ich halte es nicht für die breite Praxis anwendbar.
8	Ich habe keine Erfahrungen mit diesem Verfahren.
9	Ja, im theoretischen Ansatz. Der Begriff „Kybernetik“ hat sich abgenutzt. Man versteht heute i.d.R. nur einen Soll-Ist-Vergleich. Das aktuelle Projektmanagement ist nichts anderes. (siehe hierzu auch die Dissertation von Vogel: PS beim öffentlichen Bauherrn) Der Soll-Ist-Vergleich ist jedoch eine Vergangenheitsbetrachtung. Wichtig in der Kybernetik ist der zukunftsbezogene Ansatz (siehe meine Dissertation). Risikobezogene Steuerung bedeutet aktive Steuerung. Schwierig ist in diesem Zusammenhang die Teambildung (siehe Prof. Mito). Die Menschen müssen mitgenommen werden. Das Problem ist die Auftragsgewinnung unter Berücksichtigung der Menschen. Es muss eine kompetenzübergreifende Identifikation mit dem Projekt geben. Zzt. steht eine „Misstrauenskultur“ im Vordergrund. Das Vergaberecht der öffentlichen Hand fördert dieses Verhaltensmuster. Projekte haben Ziele: normativ-strategisch-operativ. Im normativen Bereich muss der Ansatz erfolgen. Dies trägt zum Abbau von Komplexität bei.
10	Keine
11	Es gibt keine generell überlegenen Projektstrategien. Systemorientiertes, kybernetisches Projektmanagement beleuchtet die Projekte nur aus einem spezifischen Blickwinkel. Mit den bisher entwickelten Prozessen eines derartigen Ansatzes kann ein Projekt nicht erfolgreich gesteuert werden. Das gilt aber ähnlich für alle anderen Projektmanagementstrategien.
12	Ich lernte die St.Galler Managementschule bei meiner Diplomarbeit zum Wirtschaftsingenieur in Kiel zum Thema "Ganzheitliches Controlling für den Baubetrieb" theoretisch kennen. Im Rahmen des gemeinsamen Promotionsprojekts mit Sabine Zippel bekam ich dann engen Kontakt mit Anwendern der baukybernetischen Projektmanagementmethode "KOPF" des Architekten Heinz Grote, die im Institut für kybernetisches Planen und Bauen e.V, Kassel, organisiert sind.
13	Dieser Begriff ist mir nur im Zusammenhang mit Sozialwissenschaften und Mathematik bekannt, nicht für den Bereich des Projektmanagements. Kybernetik bedeutet eine vernetzte, systemorientierte Steuerung. Im Bereich von dynamischen und komplexen Systemen ist dies vorstellbar. Die theoretischen Möglichkeiten sind sicherlich vorhanden. Eine praktische Umsetzung sehe ich jedoch schwierig, da zu wenig Instrumente und erfahrene Anwender hierfür vorhanden sind.
14	Projektmanagement muss systematisch betrieben werden. Alle anderen Begriffe sind Worthülsen, hinter denen sich Unwissenheit, oder Aufgeblasenheit versteckt und Wissenschaftlichkeit vortäuschen soll.
15	k.A.

16	Ja, das Personal muss PM-Kompetenzen haben, um die Komplexität bewältigen zu können. Je nach Projektphase muss Personal mit unterschiedlichen fachlichen und PM-Kompetenzen eingesetzt werden. Auch hier gilt, dass Personal ggf. die Komplexität erhöht, aber die Zielerreichung fördert.
17	Bisher keine.
18	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wird implizit angewendet; den „gleichen“ Fehler sollte man nicht zwei Mal machen</li> <li>• Jedoch nicht explizit, d.h. organisatorische Regelungen</li> </ul>
19	• Keine
20	• Bei Bilfinger Construction gibt es für Großprojekte, (>25 Mio. €) einen standardisierten Monats-Bericht, der alle Entwicklungen der Projekte zu den Themen Baufortschritt, Personal, Änderungen, Kostenkontrolle, Subunternehmer und Nachtragssituation auch grafisch zusammenfasst. Diese Berichte enthalten auch vordefinierte und über den Projektfortschritt anzupassende Key Performance Indicator (KPI's). Sie werden regelmäßig ausgewertet und dienen als Basis der Steuerungsgespräche. Außerdem werden bei Großprojekten Aufsichtsstellen installiert. Es findet also eine Rückkopplung statt. Inwieweit dies kybernetisch zu nennen ist kann ich nicht beurteilen.
21	• Geringe Erfahrung, ansatzweise im Bereich der Optimierung von einander ausschließenden Projektzielen (benötigte und damit quasi gegebene) Qualität, (gewünschte) Kosten und Termine z. B. mittels Value Engineering; stelle eine beträchtliche Diskrepanz zwischen theoretischen Erkenntnissen und in Projekten gelebter Praxis fest
22	• Steuerung und ganzheitliche Betrachtung der Systeme sind Grundvoraussetzungen für den Projekterfolg. Durch die sehr hohe Eigenfertigungstiefe im Unternehmen gewinnt dieser Aspekt bei uns noch einmal zusätzlich an Bedeutung.
23	• Bisher keine.
24	Nein, keine eigenen Projekterfahrungen
25	Nein
26	Nein. Der Begriff „kybernetisches Projektmanagement“ ist mir zu vage.
27	Diese Frage kann ich nur beantworten, wenn der Fragesteller seine Vorstellung von „Systemorientiertem, kybernetischem Projektmanagement“ erläutert. Vergleichende Betrachtungen über Steuerungs- und Regelungsvorgänge stellt man als Projektsteuerer im Laufe seiner Berufstätigkeit oft an; zum wissenschaftlichen Auswerten der Betrachtungen hat man normalerweise keine Zeit – und auch keine Veranlassung
28	Bestimmt, wenn auch vielleicht nicht unter dieser Bezeichnung
29	Nein, nicht seit Seminaren bei Prof. Koelle über Systemtechnik an der TU Berlin 1971....
30	Ein systemorientiertes, kybernetisches Projektmanagement ist nur „alter Wein in neuen Schläuchen“! Projektmanagement hat professionell zu sein. Die Prinzipien des Projektmanagements werden z. B. von der GPM Deutsche Gesellschaft für Projektmanagement e.V definiert. Systembedingt hat Projektmanagement immer einen kybernetischen Anteil! Der Begriff ist Bauwesen aus meiner Sicht übrigens von Grote etwa 1980 eingeführt worden und war ein Instrumentarium, damit Bauunternehmen ihre Prozesse besser steuern können. Aber Grote musste seinem System einen Namen geben! Er wolle es ja auch verkaufen! Irgendjemand fand den Begriff wohl toll und hat dann wohl diesen Begriff auf das Projektmanagement übertragen. Offensichtlich fallen immer noch genügend Leute auf Volksverdummung herein! Genauso ist es mit systemorientiert! Aber vielleicht muss mir jemand erläutern, warum welche spezifischen Ausprägungen ein systemorientiertes, kybernetisches Projektmanagement hat, das ein richtig aufgestelltes, professionelles Projektmanagement nicht hat!
31	Unfug, die haben keine Ahnung von Komplexität (echter!)
32	- Nein, hier habe ich keine Erfahrung
33	Nein
34	Der Ausdruck system orientiertes, kybernetisches Projektmanagement ist mir als solches nicht geläufig. Als erfahrener Projektmanager von hochkomplexen Großprojekten sind mir allerdings die Fülle der Einflussgrößen und Randbedingungen bekannt, die in den Steuerungsaufgaben eines Großprojektes zu berücksichtigen sind. Diese Einflussgrößen werden von mir beim Start des Projektes mit dem Bauherren eingehend diskutiert und pragmatische Prozessabläufe und -strukturen angestrebt.
35	Ja, eigene Projektsteuerung von Großprojekten oberhalb 100 Mio. €
36	k.A.
37	Projektmanagement hat grundsätzlich nach dem kybernetischen Regelkreis zu erfolgen. Das ist nicht neu. Dementsprechend habe ich jedes meiner eigenen Projekte in dieser Form realisiert. Siehe: „Vorlesung Lehrstuhl für Bauprozessmanagement und Immobilienentwicklung, LBI-TUM: Grundlagen prozessorientierter Planung und Organisation“
38	k.A.
39	Nein
40	Ich persönlich habe hier keine Erfahrungen.

<b>8</b>	<b>Messbarkeit</b>
<b>Nr.</b>	<b>Lässt sich Komplexität messen oder berechnen? Falls ja, wie?</b>
1	<p>14/ 22 In der Fragestellung sollte der Begriff „Größe“ durch „Bauvolumen“, „Besonderheit“ durch „Viel-falt“ und „Schwierigkeit“ durch „Anforderungen“ ersetzt werden.</p> <p>Komplexität entsteht also durch Bauvolumen, Vielfalt, Risiken und Anforderungen.</p> <p>Es könnte eine Nutzwertanalyse erstellt werden, in der die Determinanten der Komplexität von gering bis hoch bewertet werden.</p> <p>11/17 Generell können alle festgelegten Rahmenbedingungen für die Steuerung hilfreich sein. Es gibt viele Strukturen, die alle funktionieren könnten, z.B. DIN 276 oder DIN 277 usw.</p> <p>Störend wirkt sich jedoch aus, wenn Flächen oder Kosten geschönt werden oder bei den Aussagen geschummelt wird.</p> <p>Einer muss den Gesamtüberblick behalten. Es muss 4dimensional gedacht werden. Die Strukturen müssen gelebt werden. Hierzu ist eine umfangreiche Kommunikation und Information erforderlich.</p>

2	Komplexität ist eine Eigenschaft von Projekten. Sie ist von verschiedenen Parametern abhängig. Sind diese bekannt und kann man sie messbar machen, so ist Komplexität berechenbar. 11/17 Wichtige Rahmenbedingungen sind Planungssicherheit und Genehmigungsfähigkeit. Dies gilt auch umgekehrt.
3	Die in der Wissenschaft bekannten Modelle zählen die Elemente und deren Verbindungen. Somit lässt sich eine mathematische Berechnung durchführen. In der Bautechnik wird das eher schwieriger, da die Parameter sich nicht einwandfrei fixieren lassen. Die Kosten der TGA könnte ein Maß darstellen. Es ließe sich ein Index: Kostenanteil Baugewerke/TGA bilden. Für den Bereich der TGA sollte es auch Prüfsingenieure geben, die, ähnlich wie in der Tragwerksplanung, vor Bauausführung ein Gutachten über die Funktionsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit der Planung abgeben.
4	Eine mathematische Berechnung ist sicherlich möglich, über statistische Methoden. Man benötigt lediglich Angaben zu den einzelnen Determinanten wie Arbeitswerte, Datenpunkte, Anzahl von Beteiligten, Anzahl von Produkten usw.
5	Komplexität lässt sich sicherlich bewerten. Eine Messung ist wahrscheinlich schwieriger. Eine Bewertungsskala sollte möglich sein.
6	Ja, Kriterien müssen projektorientiert ermittelt und hierzu eine Bewertungsskala erstellt werden. Hieraus ließe sich ein Maß für Komplexität ermitteln.
7	Komplexität lässt sich nicht über Zahlen definieren. Es müssten baubezogene Kategorien gebildet werden, wobei man die Projekttypologie beachten muss. Komplexität tritt auf im Bereich: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Umfeld</li> <li>• Nachbarschaft</li> <li>• Logistik</li> <li>• Beteiligte</li> <li>• Nutzungsmix</li> <li>• Bauen im Bestand</li> <li>• TGA-Ausstattung</li> <li>• Energetische Maßnahmen</li> <li>• Vertragliche Gestaltung</li> <li>• Eigentümerstrukturen u.v.m.</li> </ul>
8	Ich habe hier keinen Ansatz, denke jedoch, dass es machbar ist. Es müsste einen Maßstab gefunden werden. Die AHO Nr. 9 könnte als Basis dienen.
9	Eine Berechnung wird praktisch schwierig sein, jedoch lassen sich Tendenzen angeben. Ein Indikator oder Messgröße könnte die Anzahl der Projektbeteiligten sein. Kriterium sollte jedoch sein, ob diese Personen zu den Projektziel definierenden Beteiligten (z.B. Nutzer, Betreiber, usw.) gehören. An der Anzahl der Aufgaben wird man es eher nicht festmachen können.
10	An der Anzahl und Widersprüchlichkeit der Ziele der Beteiligten
11	Eine Messung der Komplexität müsste sämtliche Risiken der Projektrealisierung erfassen. Die Komplexität kann ihre Ursache haben in zu hohen technischen Anforderungen, zu unrealistischen Kosten- und Terminvorgaben usw., aber auch in den begrenzten Managementressourcen des Auftraggebers liegen. Viele Aspekte können hier eine Rolle spielen. Ich habe einmal eine Checkliste zur Messung der Projektstabilität erarbeitet, die ich zur Diskussion beifüge.
12	Eine wesentliche Dimension von Komplexität ist die Vielzahl möglicher Systemzustände. Die Maßzahl dazu nennt man Varietät. Eine zweite ist die Systemdynamik, auszudrücken als Änderungsrate der Systemzustände.
13	Mathematisch ist eine Berechnung möglich, wenn die Faktoren bekannt sind. Wichtig sind die Analyse der Bewertungsindikatoren und deren Gewichtung.
14	Komplexität lässt sich nicht messen – so wenig wie sich gute Architektur messen lässt. Aber bestimmt wird sich irgendwann ein Hochschullehrer finden, der einen Doktoranden animiert, sich dieses Themas anzunehmen, um uns damit zu beglücken.
15	Am ehesten mit den bekannten Risikobewertungssystemen.
16	Komplexität hängt von vielen Faktoren ab, z. B. Anzahl Projektbeteiligte, Kompetenz der Beteiligten (fachlich und PM), Technik, Projektdauer, Projektkosten, Anzahl Projektziele, Einsatz von Projektmanagement, Umfeld, Stabilität der Voraussetzungen.... Je nach Unternehmen, Projekt, Erfahrung etc. sind die Faktoren unterschiedlich zu gewichten. Ich kenne das Scoringsschema der IPMA, aber keines, das weitergehend mit Zahlen rechnet.
17	Ich glaube: gar nicht!
18	• Wird bei uns nicht praktiziert
19	• Anzahl der beteiligten Gewerke multipliziert mit der Anzahl der relevanten Schnittstellen zwischen den Beteiligten
20	• Eine allgemein gültige Mess- oder Berechnungsmethode ist mir im Zusammenhang mit Projektentwicklungen nicht bekannt. Im Allgemeinen kann die Anzahl der Vorgänge in einem Terminplan und die Anzahl der abhängigen Verknüpfungen sowie die Anzahl der zu kalkulierenden Positionen als Gradmesser dienen. Bei funktional pauschal ausgeschriebenen Projekten liegt die Verantwortung für die richtige Erfassung aller Tätigkeiten und Positionen zudem beim Auftragnehmer. Im Nachhinein kann auch die Anzahl der Änderungen von der ursprünglichen Planung herangezogen werden. Dies Alles ist aber eher eine Einschätzung und keine Berechnung.
21	• Ist anhand der identifizierten Komponenten zu betrachten, Festlegung der jeweiligen Skalen und Gewichtung untereinander sind natürlich „weich“
22	• Bei uns: vergleichend.
23	• Ist mir nicht bekannt.
24	Man könnte versuchen über Anzahl Planungs- und Bauverträge an einem Projekt, Anzahl Planungsbeteiligter, Tiefe der Sub-Ketten, Länge der Telefonliste, Umfang von Schriftwechsel, Anzahl der workflow-Schritte für Leistungsänderungen, Nachträge etc., Anzahl und Zusammensetzung der beteiligten Finanziers und anderen Kriterien, die weit in den Bereich des Auftraggebers ausholen, eine vergleichende Klassifizierung zu erstellen. Sicherlich gäbe es dann ein Gesamtscore, das aussagekräftig wäre, zumindest als Frühindikator
25	k.A.
26	Das wäre ein schönes Thema für eine Forschungsarbeit. Wahrscheinlich kann man Messgrößen identifizieren. Es bleibt aber die Frage, welche Maßnahmen man daraus ableitet.
27	Die Komplexität einer Baumaßnahme ergibt sich aus der Bauaufgabe. Ich kann mir nicht vorstellen, wie diese Aufgabe der Bauherrschaft gemessen oder berechnet werden soll.
28	Wissenschaftlich/theoretisch bestimmt. Wie, das wollen Sie ja herausbekommen. Was man mit dann dem Ergebnis anfängt ist m.E. die eigentliche Frage

29	Nicht verallgemeinerbar. Ich glaube nicht, dass sich der Aufwand lohnt: Dass sich der Ermittlungsaufwand angesichts der Unvorhersehbarkeit der Entwicklung vieler Parameter und der Unschärfe der Beschreibbarkeit der Zusammenhänge in einer angemessenen Effizienzsteigerung niederschlägt. Nach dem Motto: Was lernen wir aus der Messung der Komplexität? Welche hilfreichen Schlüsse könnten wir daraus ziehen?
30	Vielleicht. Man könnte darüber einmal einige Promotionen schreiben lassen. Wahrscheinlich sind die sich dann ergebenden Maßstäbe sehr unterschiedlich und lassen sich nicht miteinander vergleichen und ineinander überführen!
31	Anzahl der Beteiligten, der Besteller, der Nutzer, der Planer, der Dokumente, der Versionen, ....
32	- Hierzu habe ich keine Erfahrung.
33	Mir nicht bekannt
34	Die Komplexität eines Objektes lässt sicherlich messen und bewerten, wenn die bei diesem Objekt möglicherweise vorhandenen Einzelbestandteile, Randbedingungen, Funktionen, Anforderungen und Einflussgrößen etc. systematisch erfasst und durch eine geeignete Analysestruktur bewertet werden. Inwieweit solche Bewertungen den Anspruch auf Allgemeingültigkeit haben können, muss sicherlich anhand der anzuwendenden Kriterien sorgfältig geprüft werden.
35	Nein nicht berechenbar, aber anhand von bestimmten Kriterien einschätzbar
36	k.A.
37	Ja. Siehe unter 3.
38	k.A.
39	An der Anzahl der Vorgänge deren Schwierigkeitsgrad und Priorität
40	Das Messen oder berechnen einer Komplexität ist aufgrund des dynamischen Prozessen innerhalb der Projektabwicklung schwierig. Viele Einflussgrößen entwickeln sich häufig erst innerhalb der Abwicklung. Hier könnte ich mir jedoch vorstellen, in der Rückschau auf ein Projekt die eingetretenen Einflussgrößen auf die Komplexität in Relation zur Leistung des Projektsteuerers zu setzen.

9 Nr.	<b>Modell Könnte man der zunehmenden Komplexität im Bauwesen entgegentreten? Falls ja, wie?</b>
1	k.A.
2	Aus den Eigenschaften nach 14 ließe sich ein Modell unter Bewertung der einzelnen Kriterien ermöglichen.
3	In der Wissenschaft gibt es bereits kybernetische Berechnungsmodelle. Es ist also denkbar und es sind Ansätze hierzu vorhanden. Wie man dies jedoch umsetzen könnte, ist mir nicht bekannt.
4	Zunächst müssten die richtigen Parameter gefunden werden, die dann in ein Modell überführt werden könnten. Einen Vorschlag hierzu habe ich nicht.
5	Ich habe hierzu keinen konkreten Ansatz.
6	Basis könnte die Bewertung und Einordnung der Honorarzone in Heft 9, AHO, sein.
7	Zur Bewältigung von Komplexität sollten in der Projektorganisation klare hierarchische Strukturen vorliegen, also eine Linienorganisation. Eine Matrixstruktur eignet sich nicht für komplexe Projekte. Ein Modell müsste aus einem ausführlichen, möglichst vollständigen Katalog verschiedenster Kriterien (s. 13) bestehen, mit einer allgemeinen und einer projektspezifischen Wichtung (Punktesystem oder Faktoren). Damit ergäben sich vergleichbare Zahlenwerte und somit eine Messbarkeit.
8	Ich habe keine konkreten Vorstellungen. Wenn es eine Bewertungsskala gäbe, könnte man darauf ein Modell aufbauen.
9	Es gibt Aufgaben in verschiedenen Themenfelder, die abzuarbeiten sind. Wenn diese berücksichtigt werden entstehen keine Probleme und die Komplexität sinkt.
10	Siehe 13. Die Komplexität müsste vor Planungsbeginn bemessen werden, Kontrolle nach Vorliegen der Vorentwurfplanung
11	Man müsste die einzelnen komplexitätssteigernden Merkmale beispielhaft erfassen und auf dieser Grundlage ein Bewertungsrastrer erstellen.
12	Ein Bezugsmodell für komplexitätsgerechtes Projektmanagement wird auf dieser Homepage vorgestellt und liegt der Institutsarbeit zugrunde. Anhand dieses Modells findet die Branche, finden Projektmanager eine Verständigungsebene, eine gemeinsame Sprache über Komplexitäts Herausforderungen beim Management von Bau- und Immobilienprojekten.
13	Die Ansatzpunkte für eine Gewichtung und deren Auswirkungen müssten analysiert werden.
14	Eine saubere „Planung der Planung“ gleich im Anschluss an eine Feasibilitätsstudie
15	k.A.
16	Siehe 13.
17	Ich glaube nicht, dass man der Komplexität entgegentreten kann. Man muss vielmehr damit professionell umgehen. D. h. alle Beteiligten müssen sich der Komplexität und den Gefahren für den Projekterfolg bewusst sein. Dies geht nur, wenn alle Seiten auch einen notwendigen Hintergrund über die Projekthalte mitbringen. Nur die Kenntnis von allgemeinen Projektwerkzeugen führt nicht zum Ziel.
18	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erst zu Ende planen und dann mit dem Bauen beginnen</li> <li>• nur das Planen, was auch zu vernünftigen Kosten hergestellt werden kann</li> </ul>
19	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorfertigung – das entzerrt die Terminalschiene und reduziert damit bei einer gleichzeitig hohen Komplexität die Fehlereintrittswahrscheinlichkeit</li> </ul>

20	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einbeziehung aller Wissensträger (also auch ausführende Firmen) in den Planungsprozess. Geeignete möglichst partnerschaftliche Vertragsgestaltung bei unweigerlich termin-kritischen und komplexen Bauvorhaben (siehe Alliancing in Australien, NEC3 bei Olympics London).</li> <li>• Klare Definition des Bausolls.</li> <li>• Änderungen während der Bauausführung minimieren.</li> <li>• Schnelle Konfliktbeilegung anstreben.</li> </ul>
21	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Etablierung von Standards in Prozessen wie z. B. FIDIC-Schemata</li> <li>• Etablierung von Standards in Konstruktionen durch verstärkte Nutzung von Vorfertigung und Systembauweisen</li> </ul>
22	• Zum einen mit Aufhebung der Gründe aus Ziffer 1, zum anderen aber auch mit grundlegend anderen Vertragsmodellen.
23	• Sicherlich durch geeignete Schulungsmaßnahmen und/ oder Unterstützung durch geeignete Projektsteuerungsebenen.
24	Nicht in Hinblick darauf, dass der Anspruch reduziert werden wird, aber mit entsprechenden technischen Tools (BIM) zum verteilten parallelen Arbeiten an konsistenten Datenmodellen. Auch mit der Verpflichtung durch den Bauherrn, dass alle Beteiligten ihre Planungsanteile im gleichen Datenmodell einbringen, und dass der Bauherr nicht nur das Endprodukt „kauft“, sondern auch die entsprechende Dokumentation dazu erwirbt (wie es bereits Usus ist in der Militärtechnik und wohl auch im Flugzeugbau).
25	Ja, durch ausreichende Zeit bei der Planung, besonders der Vorplanung.
26	Ja, mehr partnerschaftliche Zusammenarbeit. Stichwort: Alliancing. D.h. weniger Schnittstellen zwischen Projektbeteiligten. Bessere Software-Unterstützung von Entscheidungsprozessen. BIM alleine reicht auch nicht.
27	Per meiner Definition der Komplexität doch nur durch eine Einwirkung auf die Aufgabenstellung durch die Bauherrschaft. Weshalb und durch wen sollte der von der Bauherrschaft als notwendig erachteter Bauaufgabe entgegnet werden?
28	Ein Blick in andere Branchen hilft hier sicher weiter. Die Branche steht sich am meisten durch ihre Überregulierung und Verantwortungsteilung in den gewachsenen Strukturen bei der Abwicklung von der Planung bis zum Betrieb im Weg. Hier wäre eine Reset-Taste sehr hilfreich. Alles andere ist Kurieren an Symptomen!
29	Entgegneten: Nein. Damit umgehen durch stringenteres, strukturierteres Vorgehen werden viele Architekten mehr einüben müssen.
30	Sicherlich ja. Zum Beispiel könnten sich Architekten überlegen, was sie zur Reduktion der Komplexität beitragen könnten. So könnten gewisse vom Nutzer gewünschte und auch architektonische Anforderungen (Komplexitäten) reduziert werden. In den technischen Systemen sollte bewusst einfache und robuste Systeme gewählt werden. Nehmen Sie das Beispiel die Komplikationen bei Uhren. (Komplexität und Komplikation ist nicht nur vom Namen her ähnlich!). Zweifelloos ist eine Uhr mit mehreren Komplikationen komplexer. Daher werden diese aber auch wesentlich teurer! Aber wer benötigt diese Komplikationen? Genauso ist es häufig beim Bauen. Vielleicht kann man die Komplexität etwas reduzieren, wenn die Nutzer auf etwas Komfort verzichten oder der Wirkungsgrad (oder eine sonstige technische Maßgröße) etwas reduziert wird. Aber Achtung: Minimalismus beim Bauen ist nicht Reduktion von Anforderungen! Beispiel: Eine minimalistische in Fugen und Decken integrierte Beleuchtung führt zu einer minimalistischen Architektur. Diese ist aber komplexer. Weniger komplex ist eine einfache Aufputz-Beleuchtung. Sicherlich gibt es auch Mittelwege, z. B. abgehängte Decke mit integrierter Beleuchtung!!!
31	Bessere Leiter, mehr Ausbildung, bessere Lehrer, solche die auch Projekte machen
32	- Da aufgrund knapper Zeit- und Kostenbudgets häufig Bauprojekte in ihrer Anbahnung/Vorbereitung recht knapp sind, wäre es sinnvoll diese zu vergrößern. Somit besteht die Möglichkeit das fehlende Wissen bzw. die Zusammenhänge besser zu erschließen und ggfs. Alternativen zu eroieren.
33	Ja, dafür gibt es auch in der juristischen Literatur Hinweise und Stellungnahmen, auf die ich verweisen möchte: z.B. Fuchs, Großversagen der Auftraggeber NZBau 2014, 409 Piebe, Großprojekte erfolgreich managene, typische Fehler vermeiden, DS 2014,208, die Aufsätze von Diederichs und Preuß in der Festschrift für Prof. Kalusche, etc.
34	Eine zunehmende Komplexität kann man u. U. vermindern, wenn, je nach Art des Auftraggebers, eine frühzeitige Einflussnahme auf Projektstrukturen, Zielvorgaben und Randbedingungen ermöglicht wird. Dies setzt eine kompetente Beratung im Projektvorfeld voraus. Inwieweit kompetenten Beratern diese Möglichkeit eröffnet wird ist sicher eine interessante Frage für zukünftige Großprojelde.
35	Ja, durch bessere Ausbildung
36	- Durch eine umfassende Bedarfsplanung- Durch ausreichende Vorlaufzeiten für die Planung- Durch rechtzeitige, umfassende ständige Analyse der Projektrisiken- Durch Verzicht auf eine Synchronisierung von Planungs- und Ausführungsleistungen (d.h. Fertigstellung der kompletten Planung vor Baubeginn)- Durch Vermeiden von Interessenskollisionen durch eine klare Trennung von Planung und Ausführung- Durch konsequente Anwendung geeigneter Berichts-, Entscheidungs- und Dokumentationsverfahren- Durch konsequente Anwendung geeigneter Kosten- und Terminplanungsverfahren (ständige Ermittlung, Kontrolle und Steuerung von Kosten und Terminen)- Durch Nutzung digitalisierter Verfahren (z.B. BIM)
37	Wozu? Mit dieser Herangehensweise hätte Cheops niemals seine Pyramide ca. 2500 Jahre vor Christus gebaut – in 20 Jahren mit durchschnittlich 2000 Arbeitern. Jetzt wollen Sie im 21. Jahrhundert zurückrudern? Wollen Sie auch Herztransplantationen „entgegneten“, weil diese möglicherweise zunehmend komplex sind. Die Menschheit war in der Lage, eine Sonde an einem Mittwochnachmittag auf dem Kometen 67P/Tschurjumov-Gerasimenko im Termin abzusetzen. "Rosetta" legte in den vergangenen zehn Jahren rund 6,5 Milliarden Kilometer im All zurück – und kam pünktlich an. Die Sonde Voyager 2 hat sogar unser Sonnensystem verlassen! In ca. 40000 Jahren wird sie auf den nächsten Stern treffen. Wir sind gespannt, wie es da aussieht. Die „Bauleute“ können sich noch lächerlicher machen als sie ohnehin schon sind, indem sie nur noch einfache Buden bauen wollen.
38	Abgeschlossene Voraussetzung für Bauplanung Abgeschlossene Planungen – Bauzeitenplan mit Festlegung aller Materialien Kostenplanung und Kostenkontrolle
39	Nein

40	Aus meiner Sicht wird die Komplexität immer weiter steigen, da neue Technologien immer Auswirkungen auf die Komplexität haben werden. So erzeugen beispielsweise die gestiegenen Anforderungen durch die Novellierungen der EnEV besondere Anforderungen an die technische Gebäudeausrüstung. In Teilaspekten kann hier sicherlich der Komplexität gewissermaßen entgegengewirkt werde. So können Projektkommunikationssysteme zu einer Vereinfachung der Kommunikation führen und die diesbezügliche Komplexität senken. Auch Systeme wie BIM können bei entsprechender Fachkenntnis der Anwender zu einer Reduzierung der Komplexität u.a. in den Abstimmungsprozessen der Planung führen.
----	--

<b>10</b>	<b>Risikoanalyse</b>
<b>Nr.</b>	<b>Wenn es eine Empfehlung zur Bewertung der Komplexität eines Projektes gäbe, würden Sie diese im Rahmen der Akquise und zur Risikoanalyse einsetzen?</b>
1	15/23 Ja, das ist eine mögliche Zielsetzung und ein Muss! Siehe hierzu auch HOAI; PM für Bauherren und Planer, Kap.1 (Kalusche 2011); AHO, Heft Nr. 9
2	k.A.
3	Ja. Ich finde den Ansatz sehr gut. Man könnte das Projekt im Rahmen einer Risikobewertung nach der Komplexität einschätzen. Man müsste Indikatoren festlegen und diese Gewichten. Ich würde ein solches Instrument gerne anwenden.
4	Ja. Speziell in stark regulierten Bereichen, muss ein starkes „Projektlernen“ erfolgen. Es ergibt sich die Notwendigkeit zur Einsparung von Ressourcen und Kosten. Ein gutes Wissensmanagement und Benchmarking sind erforderlich. Zur Realisierungsentscheidung oder Projektabbruch könnte eine solche Unterstützung sinnvoll sein und Anwendung im PM-Bereich finden.
5	Für die Risikoanalyse im Architekturbüro ist sie sicherlich nicht notwendig. Ich halte es mehr von Bauchentscheidungen aufgrund langjähriger Erfahrungen.
6	Ja, das könnte hilfreich sein. Wichtig in Großprojekten ist, zu erkennen, wann man die „Notbremse“ ziehen muss. Dann muss man Rede und Antwort stehen zu den Fragen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Warum ist diese Situation eingetreten?</li> <li>• Warum konnte es nicht verhindert werden?</li> <li>• Wie lässt sich das Projekt wieder auf Spur bringen?</li> </ul> Diese Bewertungsskala könnte Hilfestellung leisten für: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maß für die Honorarfindung der Projektsteuerung</li> <li>• Ableitung der Einsatzplanung der PS</li> <li>• Begründung für den zeitlichen Einfluss des Projektes</li> <li>• Qualifikationen des PM-Teams (AG und PM-Seite)</li> </ul>
7	Ja, selbstverständlich, das wäre super! So etwas könnte dazu beitragen, den Bauherrn in seinen Entscheidungen zu beraten. Man könnte Lösungsalternativen vergleichen und damit den Bauherrn von bestimmten Vorschlägen überzeugen.
8	Ja, im Rahmen der Risikoanalyse. Es sollten Maßnahmen zur Risikominimierung aufgezeigt werden.
9	Ja! Dies würde die Argumentation bei Linienfunktionen und evtl. Fachleuten unterstützen. Das Verständnis hierfür ist bei der Masse der Personen jedoch nicht vorhanden. Deshalb ist eine solche Bewertungsmöglichkeit sehr wichtig. Sie sollte jedoch einfach und verständlich dargestellt werden, um im praktischen Gebrauch Anwendung zu finden.
10	Ja
11	Ein erfahrener Projektmanager bzw. -beteiligter kann die Komplexität „riechen“. Der Unerfahrene sieht den Wald vor lauter Bäumen nicht. Für Unerfahrene können derartige Checklisten Hilfestellung leisten. In der Regel bewahren sie allerdings das Projekt nicht vor dem Scheitern. M.E. sollte bei Projekten, die groß und komplex sind, von vornherein eine ausreichende Expertise, ggf. auch in parallelen Expertengremien, hinzugezogen werden. Dies scheint mir die wirkungsvollste Maßnahme. Das rein formale Risikomanagement, auch bezogen auf Komplexität, hat Bankenrisiken nicht vermieden und wir auch Projektkrisen nicht vermeiden helfen.
12	k.A.
13	Ja. Eine Anwendung im LBB wäre sehr wahrscheinlich.
14	Die Frage ist m.E. falsch gestellt. Im Rahmen der Akquisition würde ich auf die Fähigkeit meiner Organisation hinweisen, dass eine saubere „Planung der Planung“ und Risikoanalyse Komplexität soweit runter bricht, dass das Projekt dann mit Hilfe der bekannten Arbeitsmittel und Werkzeuge abgearbeitet werden kann. Siehe angehängtes Dokument „Bahnhof der Zukunft – Revitalisierung von 26 Bahnhöfen als Paket“ für die Bahn AG.
15	Ja!!!
16	Ja J
17	Wenn ich diese für sinnvoll erachte, ja!
18	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wohl eher nicht, weil zu viele Rahmenparameter eine Rolle spielen</li> <li>• Die Komplexität eines Gebäudes / der Auftraggeberseite oder der räumlichen Umstände wird immer bei der Angebotsbearbeitung mit berücksichtigt</li> <li>• Alles andere wäre für uns zu formalistisch</li> </ul>
19	• Aber sicherlich
20	• Ja
21	• Akquise: ja, als Argument für Personalbedarf und damit Honorar (vergleichbar Honorarzonon AHO), zudem um Bewusstsein für Bedarf an komplexitätssenkenden Maßnahmen zu wecken Risikoanalyse: ja
22	• Wir verwenden im Unternehmen bereits ein verbindliches Schema zur Ermittlung der Komplexität von Projekten. Neuen Ansätzen stehen wir aber stets aufgeschlossen gegenüber
23	• Ja, gerne



24	<p>Ja, selbstverständlich. Ich hatte einmal mit einem Niederlassungsleiter zusammengearbeitet, der die At-Attraktivität einer Ausschreibung (also die Chance, viel Geld mit geringem Aufwand zu verdienen) danach bewertete, wie „unruhig“ die Fassade eines Hochbaus war. In diesem Zusammenhang bewertete er die Anzahl Vor- und Rücksprünge, eingelassene Balkons, Erker, Dachfirste und -grate, versetzte Geschosshöhen etc. Seine Antwort war dann, wenn es zu komplex war: das bieten wir nicht an, da ist eh nichts zu verdienen. Bei diesem Projekt soll einer unserer Mitbewerber sein Geld drauflegen.</p> <p>Komplexität kann auch in der Person des Bauherrn liegen. Der ehemalige Chef der Fundus-Gruppe, Ernst Anno Jagdfeld, war in der Branche als harter und oft krummer Hund bekannt. Viele Bauunternehmen haben da viel Lehrgeld bezahlt (Hotel Adlon, Dresden Taschenberg Palais). Ich hatte mit einem Bieter-partner in Arbeitsgemeinschaft vereinbart, dass wir bei der Angebotsbearbeitung für das Hotel in Heiligendamm auf unseren regulär kalkulierten Preis schließlich unbesehen 25 % aufschlagen würden, da nur damit der Mehraufwand für die Komplexität ausgeglichen würde, die durch diesen Bauherrn und seine entsprechend agierende Auftraggebermannschaft in das Projekt getragen werden würde.</p> <p>Einer anderen Art von Komplexität begegnet man bei dem von der ECE, Hamburg, entwickelten Einkaufszentren (Allee-Center, Schloss-Arkaden, und wie sie alle heißen). Dieser Bauherr pflegte mit vielen Beteiligten zusammen auf Auftraggeberseite hoch professionell zu agieren. Wenn da ein Auftragnehmer als General-unternehmer antrat, der nicht zum Zeitpunkt der Auftragsvergabe sein eingespieltes Shopping-Center-GU-Bauleiter-Team bereit stehen hatte, konnte er zusehen, wie ihm am lebendigen Leibe „das Fell über die Ohren gezogen“ wurde. Risikovorsorge hieß also: das richtige Team verfügbar haben oder die Finger vom Auftrag lassen. Doch auch dieses funktioniert nur, wenn das Team des Auftragnehmers einigermaßen geschlossen agiert. Legende ist das Auftragsabschlussgespräch zwischen der ECE und der Firma Walter-Bau zum Umbau des Hauptbahnhofs Leipzig. Hier übergibt Herr Walter höchstpersönlich sein eigenes Angebotsteam, indem er an den eigenen Kalkulationszahlen (die 72 Mio. € auswies) und Mitarbeitern vorbei aus Eitelkeit (sinngemäßes Zitat des Bauherrn in der Schlussverhandlung: „Herr Vorstandsvorsitzender und Hauptaktionär Ignaz Walter! Die Mitbewerber verlangen nur 60 Mio. € für den Umbau. Wollen Sie sich wirklich diesen schönen Auftrag entgehen lassen?“) dem Dumpingpreis zustimmte. Das damit zementierte Loch im Budget hat dann für alle Beteiligten auf Auftragnehmerseite die Komplexität ihres Projekts um etliche Stufen verschärft.</p>
25	Wenn mit Bewertung auch Vergütung gemeint ist, JA in jedem Fall.
26	Möglicherweise. Aus Sicht der Bauherren sollte es eher ein Hilfsmittel sein, seine eigene Projektorganisation besser aufzustellen und die externen Planer gezielter auszusuchen.
27	Ich habe keine Erfahrungen über Empfehlungen von Bewertungskriterien zur Komplexität im Rahmen einer Akquise oder Risikoanalyse. Nach meiner Erfahrung entscheidet hier die Einschätzung der Bauherrschaft über die Fähigkeit des Verantwortlichen, mit der Komplexität größerer Bauvorhaben umzugehen.
28	Wieso bei der Akquise? Bei der Risikoanalyse essentiell
29	Ja, aber eher die eigene Erfahrung aus eigener Tätigkeit und die eigene Einschätzung der aktuellen/erwartbaren Randbedingungen, soweit vorab einschätzbar.
30	Wenn es eine Bewertung der Komplexität gäbe, dann müsste diese zentrales Element einer Risikoanalyse sein. Da höhere Komplexität auch die Risiken erhöhen, muss es Aufgabe der Risikoidentifikation sein, unnötige Komplexitäten zuerst zu finden und zu definieren, da diese ja Risiken darstellen. Danach sind diese dem Managementprozess geschuldet zu klassifizieren, zu bewerten und zu handhaben. Somit ist die Frage eigentlich falsch gestellt, da ein (wirklich offener und alle Bereiche umfassender) Risikomanagementprozess zu jedem Großprojekt zwangsweise gehören sollte.
31	Ja!
32	- Wenn ein Bewertungstool für die Komplexität existieren würde, würde ich es im Rahmen der Akquise und zur Risikoanalyse einsetzen.
33	Ich selbst bin nur baubegleitend und beratend in der Praxis tätig. Ich denke aber, dass eine solche Empfehlung am Markt auch schon bei der Akquise berücksichtigt würde.
34	Der Einsatz einer solchen Empfehlung ist sicher sinnvoll. Ich könnte mir das für meine Person sehr gut vorstellen.
35	Ja, würde ich. Ich habe ein eigenes System zur Bewertung von Komplexität entwickelt, um bei Angeboten für Projektsteuerung besser kalkulieren zu können
36	- Ja, weil es damit möglich wäre bzw. leichter fiel, frühzeitig die aus der Komplexität des Bauvorhabens resultierenden Risiken transparent zu machen und die entsprechend erforderlichen Vorkehrungen zu treffen
37	Zum Thema Risiko empfehle ich meine Veröffentlichung „Zimmermann, J., Eber, W., Tilke, C.: Unsicherheiten bei der Realisierung von Bauprojekten – Grenzen einer ahrscheinlichkeitsbasierten Risikoanalyse. In: Bauingenieur Juni 2014“
38	k.A.
39	Je nachdem, wie überzeugt ich davon bin!
40	Eine derartige Empfehlung wurde sicherlich im Bereich der Risikoanalyse angewendet. Eine Akquise fällt bei mir aufgrund der Tätigkeit auf Seiten des Bauherrn nicht an.

## Anhang D - Bewertungstabellen Indikatoren

ZIELE	Spezifischer Komplexitätsgrad (Indikator) ( $K_I$ )					SUMME
	1	2	3	4	5	
<b>KOMPLEXITÄT</b>						<b>0,0</b>
<b>MERKMALE</b>	<b>sehr gering</b>	<b>gering</b>	<b>mittel</b>	<b>hoch</b>	<b>sehr hoch</b>	
<b>STRUKTUREN</b>	sehr wenige Ziele, eindeutig messbar ( $\leq 3$ Oberziele, $\leq 1$ Unterziele je Oberziel)	wenige Ziele, definiert, ohne Priorität ( $\leq 3$ Oberziele, $\leq 3$ Unterziele je Oberziel)	mehrere Ziele, verschiedenartig, mit Priorisierung ( $\leq 5$ Oberziele, $\leq 3$ Unterziele je Oberziel)	viele Ziele, sehr unterschiedlich, hohe Priorisierung ( $\leq 5$ Oberziele, $\leq 5$ Unterziele je Oberziel)	unzählige Ziele, unklar definiert, unklare Priorisierung, schwer erfassbar ( $\geq 5$ Oberziele, $\geq 5$ Unterziele je Oberziel)	0,0
<b>VERÄNDERUNGEN</b>	keine Veränderungen sind zu erwarten, Ober- und Teilziele verändern sich nicht	wenige Veränderungen sind wahrscheinlich, Oberziele bleiben konstant und Teilziele können sich in geringem Umfang verändern	Veränderungen sind wahrscheinlich und verschiedenartig, Oberziele und Teilziele können sich verändern	viele Veränderungen und sehr unterschiedlich, Oberziele oder Teilziele verändern sich in hohem Umfang	unzählige Veränderungen und sehr schwer erfassbar, Oberziele und Teilziele verändern sich chaotisch	0,0
<b>WAHRNEHMUNG</b>	bekannte Ziele, aufeinander aufbauend und geringer Informationsbedarf	teilweise bekannte Ziele, teilweise aufbauend und wenig Informationsbedarf	wenig bekannte Ziele, vereinzelt aufbauend und geregelter Informationsfluss	überwiegend neue Ziele, verknüpft mit hohem Informationsbedarf	vollständig neue Ziele mit starker Verknüpfung und sehr hohem Informationsbedarf	0,0
<b>VERHALTEN</b>	sehr geringe oder ausgewogene Risiken, sehr hohe und ausgewogene Rückkopplungen, sehr viele Freiheitsgrade, sehr großes Vertrauen, sehr hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung von Teilen der Zielerreichung, kaum Konflikte zu erwarten	geringe oder ausgewogene Risiken, hohe und ausgewogene Rückkopplungen, viele Freiheitsgrade, großes Vertrauen, hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung von Teilen der Zielerreichung, geringes Konfliktpotenzial	ausgewogene Risiken und ausgewogene Rückkopplungen, teilweise Freiheitsgrade, mittleres Vertrauen, geregelte Eigensteuerung von Teilen der Zielerreichung wahrscheinlich, Konflikte sind wahrscheinlich	viele einseitige Risiken, wenig ausgewogene Rückkopplungen oder hohe einseitige Rückkopplungen, geringe Freiheitsgrade, geringes Vertrauen, geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung von Teilen der Zielerreichung, hohes Konfliktpotenzial	sehr viele einseitige Risiken, sehr wenig ausgewogene oder sehr hohe einseitige Rückkopplungen, sehr geringe Freiheitsgrade, sehr geringes Vertrauen, sehr geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung von Teilen der Zielerreichung, sehr hohes Konfliktpotenzial	0,0
<b>UMWELT</b>	sehr geringer Einfluss der Projektumwelt auf die Ziele, ohne Wechselwirkungen	wenig Einfluss der Projektumwelt auf die Ziele, geringe Wechselwirkungen	Projektumwelt nimmt Einfluss auf die Ziele, Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Projektumwelt nimmt einen hohen Einfluss auf die Ziele, hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Projektumwelt nimmt einen sehr hohen Einfluss auf die Ziele, sehr hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	0,0

OBJEKT	Spezifischer Komplexitätsgrad (Indikator) (K <sub>1</sub> )					0,0
	1	2	3	4	5	
KOMPLEXITÄTSGRAD						SUMME
MERKMALE	sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch	
<b>STRUKTUREN</b>	sehr wenige Objekte, Nutzungs- und Funktionsbereiche, einfache Grundstücksituation, Neubau, sehr einfache Strukturen, sehr geringe Wechselwirkungen (1 Objekt, 1 Nutzungsbereich/Funktion)	wenige Objekte, Nutzungs- und Funktionsbereiche, komplizierte Grundstücksituation, Neubau oder im Bestand, einfache Strukturen, geringe Wechselwirkungen (≤ 2 Objekte, ≤ 2 Nutzungsbereiche je Objekt, Standardstrukturen)	mehrere Objekte, Nutzungs- und Funktionsbereiche, komplexe Grundstücksituation, Neubau / im Bestand / innerstädtisch, mittelschwere Strukturen, mehrere Wechselwirkungen (≤ 4 Objekte, ≤ 4 Nutzungsbereiche je Objekt, teilweise Standardstrukturen)	viele Objekte, viele unterschiedliche Nutzungs- und Funktionsbereiche, hoch komplexe Grundstücksituation, hoch komplexer Neubau / im Bestand / innerstädtisch / im Betrieb, schwierige Strukturen, hohe Wechselwirkungen (≤ 8 Objekte, ≤ 8 Nutzungsbereiche je Objekt, wenige Standardstrukturen)	sehr viele Objekte, sehr unterschiedliche Nutzungs- und Funktionsbereiche, sehr hoch komplexe Grundstücksituation, sehr hoch komplexer Neubau / im Bestand / innerstädtisch / im Betrieb, sehr schwierige Strukturen, sehr hohe Wechselwirkungen (≥ 9 Objekte, ≥ 9 Nutzungsbereiche je Objekt, keine Standardstrukturen)	0,0
<b>VERÄNDERUNGEN</b>	keine Veränderungen der Objekt-Teilaspekte sind zu erwarten	wenige Veränderungen der Objekt-Teilaspekte sind wahrscheinlich	Veränderungen der Objekt-Teilaspekte sind wahrscheinlich, verschiedenartig	viele Veränderungen der Objekt-Teilaspekte sind wahrscheinlich, sehr unterschiedlich	unzählige Veränderungen der Objekt-Teilaspekte sind wahrscheinlich, schwer erfassbar	0,0
<b>WAHRNEHMUNG</b>	bekannte Objekthinhalte, einfache Nutzung und Funktionalität, sehr einfacher Aufbau, sehr geringer Informationsbedarf	teilweise bekannte Objekthinhalte, komplizierte Nutzung und Funktionalität, komplizierter Aufbau, geringer Informationsbedarf	wenig bekannte Objekthinhalte, komplexer Nutzungsmix und Funktionalität, komplexer Aufbau, geregelter Informationsfluss	überwiegend neue Objekthinhalte, hoher komplexer Nutzungsmix und Funktionalität, hoher komplexer Aufbau mit hohem Informationsbedarf	vollständig neue Objekthinhalte, sehr komplexer Nutzungsmix und Funktionalität, sehr komplexer Aufbau mit sehr starken Verknüpfungen und sehr hohem Informationsbedarf	0,0
<b>VERHALTEN</b>	sehr geringe oder ausgewogene Risiken, sehr hohe und ausgewogene Rückkopplungen, sehr viele Freiheitsgrade, sehr großes Vertrauen, sehr hohe Wahrscheinlichkeit zur gegelten Eigensteuerung von Teilen der Objektvorgaben, kaum Konflikte zu erwarten	geringe oder ausgewogene Risiken, hohe und ausgewogene Rückkopplungen, viele Freiheitsgrade, großes Vertrauen, hohe Wahrscheinlichkeit zur gegelten Eigensteuerung von Teilen der Objektvorgaben, geringes Konfliktpotenzial	ausgewogene Risiken und ausgewogene Rückkopplungen, teilweise Freiheitsgrade, mittleres Vertrauen, geregelte Eigensteuerung von Teilen der Objektvorgaben wahrscheinlich, Konflikte sind wahrscheinlich	viele einseitige Risiken, wenig ausgewogene Rückkopplungen oder hohe einseitige Rückkopplungen, geringe Freiheitsgrade, geringes Vertrauen, geringe Wahrscheinlichkeit zur gegelten Eigensteuerung von Teilen der Objektvorgaben, hohes Konfliktpotenzial	sehr viele einseitige Risiken, sehr wenig ausgewogene oder sehr hohe einseitige Rückkopplungen, sehr geringe Freiheitsgrade, sehr geringes Vertrauen, sehr geringe Wahrscheinlichkeit zur gegelten Eigensteuerung von Teilen der Objektvorgaben, sehr hohes Konfliktpotenzial	0,0
<b>UMWELT</b>	sehr geringer Einfluss der Projektumwelt auf die Ziele, ohne Wechselwirkungen	wenig Einfluss der Projektumwelt auf die Ziele, geringe Wechselwirkungen	Projektumwelt nimmt Einfluss auf die Ziele, Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Projektumwelt nimmt einen hohen Einfluss auf die Ziele, hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Projektumwelt nimmt einen sehr hohen Einfluss auf die Ziele, sehr hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	0,0

NEUARTIGKEIT		Spezifischer Komplexitätsgrad (Indikator) (K <sub>I</sub> )					0,0
		1	2	3	4	5	
KOMPLEXITÄTSGRAD							SUMME
MERKMALE	<b>sehr gering</b>	<b>gering</b>	<b>mittel</b>	<b>hoch</b>	<b>sehr hoch</b>		
STRUKTUREN	keine Innovationen, sehr hohe Standardisierung, ausschließlich bekannte Technologien, sehr hoher Vorfertigungsgrad, ausschließlich marktübliche Produkte und Verfahren, sehr geringe Wechselwirkungen	geringe Innovationen (inkrementell), hohe Standardisierung, bekannte Technologien, hoher Vorfertigungsgrad, marktübliche Produkte und Verfahren, geringe Wechselwirkungen	mittlere Innovationen (inkrementell), teilweise Standardisierung, überwiegend bekannte Technologien, geringerer Vorfertigungsgrad, teilweise marktübliche Produkte und Verfahren, mehrere Wechselwirkungen	hoher Innovationsbedarf (teilweise inkrementell und radikal), geringe Standardisierung, viele neue Technologien, sehr geringer Vorfertigungsgrad, wenig marktübliche Produkte und Verfahren, hohe Wechselwirkungen	sehr hoher bis unüberschaubarer Innovationsbedarf (radikal), sehr geringe bis keine Standardisierung, überwiegend neue Technologien, kein Vorfertigungsgrad, sehr wenige marktübliche Produkte und Verfahren, sehr hohe Wechselwirkungen		0,0
VERÄNDERUNGEN	keine Veränderungen aus den Telespekten der Neuartigkeit sind zu erwarten	wenige Veränderungen aus den Telespekten der Neuartigkeit sind wahrscheinlich	Veränderungen aus den Telespekten der Neuartigkeit sind wahrscheinlich, verschiedenartig	viele Veränderungen aus den Telespekten der Neuartigkeit sind wahrscheinlich, sehr unterschiedlich	unzählige Veränderungen aus den Telespekten der Neuartigkeit sind wahrscheinlich, schwer erfassbar		0,0
WAHRNEHMUNG	bekannte Objektinhalte, geringe Innovationsanforderungen, sehr linearer Prozessablauf, sehr bekannte Produktionsabläufe, sehr geringe Vernetzung der Innovationen, sehr geringer Informationsbedarf	teilweise bekannte Objektinhalte, Innovationsanforderungen vorhanden, linearer Prozessablauf, bekannte Produktionsabläufe, geringe Vernetzung der Innovationen, geringer Informationsbedarf	wenig bekannte Objektinhalte, komplexe Innovationsanforderungen, teilweise parallele Prozessabläufe, teilweise bekannte Produktionsabläufe, Vernetzung der Innovationen vorhanden, geregelter Informationsbedarf erforderlich	überwiegend neue Objektinhalte, sehr komplexe Innovationsanforderungen, parallele Prozessabläufe, viele unbekannte Produktionsabläufe, hohe Vernetzung der Innovationen vorhanden, hoher Informationsbedarf	vollständig neue Objektinhalte, sehr komplexe Innovationsanforderungen, sprunghaft wechselnde Prozessabläufe, sehr viele unbekannte Produktionsabläufe, sehr hohe Vernetzung der Innovationen vorhanden, sehr hoher Informationsbedarf		0,0
VERHALTEN	sehr geringe oder ausgewogene Risiken, sehr hohe und ausgewogene Rückkopplungen, sehr viele Freiheitsgrade, sehr großes Vertrauen, sehr hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung der Objektivgaben, sehr hohes Budget für Innovation, kaum Konflikte zu erwarten	geringe oder ausgewogene Risiken, hohe und ausgewogene Rückkopplungen, viele Freiheitsgrade, großes Vertrauen, hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung der Objektivgaben, hohes Budget für Innovation, geringes Konfliktpotenzial	ausgewogene Risiken und ausgewogene Rückkopplungen, teilweise Freiheitsgrade, mittleres Vertrauen, geregelte Eigensteuerung von Teilen der Objektivgaben wahrscheinlich Innovationen vorhanden, Konflikte sind wahrscheinlich	viele einseitige Risiken, wenig ausgewogene Rückkopplungen oder hohe einseitige Rückkopplungen, geringe Freiheitsgrade, geringes Vertrauen, geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung von Teilen der Objektivgaben, geringes Budget für Innovation, hohes Konfliktpotenzial	sehr viele einseitige Risiken, sehr wenig ausgewogene oder sehr hohe einseitige Rückkopplungen, sehr geringe Freiheitsgrade, sehr geringes Vertrauen, sehr geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung von Teilen der Objektivgaben, kein Budget für Innovation, sehr hohes Konfliktpotenzial		0,0
UMWELT	sehr geringer Einfluss der Umwelt auf die Innovationsfähigkeit (Kreativität, Spielräume, Kapitalbedarf), ohne Wechselwirkungen	wenig Einfluss der Umwelt auf die Innovationsfähigkeit (Kreativität, Spielräume, Kapitalbedarf), geringe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt Einfluss auf die Innovationsfähigkeit (Kreativität, Spielräume, Kapitalbedarf), Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt einen hohen Einfluss auf die Innovationsfähigkeit (Kreativität, Spielräume, Kapitalbedarf), hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt einen sehr hohen Einfluss auf die Innovationsfähigkeit (Kreativität, Spielräume, Kapitalbedarf), sehr hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich		0,0

PROJEKT		Spezifischer Komplexitätsgrad (Indikator) (K <sub>1</sub> )					0,0
KOMPLEXITÄTSGRAD	1	2	3	4	5	SUMME	
MERKMALE	sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch		
<b>STRUKTUREN</b>	Einzelnes Genehmigungsverfahren mit vorhandenem B-Plan, sehr geringe Anzahl an Pauschalvergaben (1), standardisierte Vertragsmodalitäten, sehr geringe Anzahl an Planungs- und Ausführungsphasen (≤ 3), sehr geringe Anzahl an Prüfprozessen und Freigaben (≤ 3), sehr geringe Anzahl an Vernetzungen mit sehr geringem Konfliktpotenzial	Einzelnes Genehmigungsverfahren mit vorhandenem B-Plan und einem ergänzenden baubenehmrechtlichen Verfahren, geringe Anzahl an Pauschalvergaben (2) oder konventionelle Einzelvergaben mit standardisierten Leistungen (≤ 10), geringe Anzahl an Planungs- und Ausführungsphasen (≤ 5), geringe Anzahl an Prüfprozessen und Freigaben (≤ 5), geringe Anzahl an Vernetzungen mit geringem Konfliktpotenzial	Einzelnes Genehmigungsverfahren mit vorhandenem B-Plan und mehreren baubenehmrechtlichen Verfahren (≤ 3) oder einzelne komplexe baubenehmrechtliche Abstimmungen, mittlere Anzahl an Pauschalvergaben (≤ 5) oder konventionelle Einzelvergaben mit standardisierten Leistungen (≤ 20), mittlere Anzahl an Planungs- und Ausführungsphasen (≤ 10), mittlere Anzahl an Prüfprozessen und Freigaben (≤ 10), mittlere Anzahl an Vernetzungen mit Konfliktpotenzial	Einzelnes bauplanungsrechtliches Verfahren mit mehreren baubenehmrechtlichen Verfahren (≤ 2) oder mehrere komplexe baubenehmrechtliche Abstimmungen (≥ 2), hohe Anzahl an konventionellen Pauschalvergaben (≥ 8) oder hohe Anzahl an konventionellen Einzelvergaben mit standardisierten Leistungen (≥ 30) oder einzelnes innovatives Vergabemodell (Kooperativmodelle), hohe Anzahl an Planungs- und Ausführungsphasen (≤ 15), hohe Anzahl an Prüfprozessen und Freigaben (≤ 15), sehr hohe Anzahl an Vernetzungen mit hohem Konfliktpotenzial	Einzelnes bauplanungsrechtliches Verfahren mit vielen baubenehmrechtlichen Verfahren (≥ 2) oder sehr viele komplexe baubenehmrechtliche Abstimmungen (≥ 2), sehr hohe Anzahl an Pauschalvergaben (≥ 8) oder sehr hohe Anzahl an konventionellen Einzelvergaben mit standardisierten Leistungen (≥ 30) oder einzelnes innovatives Vergabemodell (Kooperativmodelle) mit nicht standardisierter Vertragsstruktur, hohe Anzahl an Planungs- und Ausführungsphasen (≥ 15), sehr hohe Anzahl an Prüfprozessen und Freigaben (≥ 15), sehr hohe Anzahl an Vernetzungen mit hohem Konfliktpotenzial	0,0	
<b>VERÄNDERUNGEN</b>	keine Veränderungen aus den Teilspektren der Projektaufgaben sind zu erwarten	wenige Veränderungen aus den Teilspektren der Projektaufgaben sind wahrscheinlich	Veränderungen aus den Teilspektren der Projektaufgaben sind wahrscheinlich, verschiedenartig	viele Veränderungen aus den Teilspektren der Projektaufgaben sind wahrscheinlich, sehr unterschiedlich	unzählige Veränderungen aus den Teilspektren der Projektaufgaben sind wahrscheinlich, schwer erfassbar	0,0	
<b>WAHRNEHMUNG</b>	Einfaches Genehmigungsverfahren mit bekannten Inhalten, einfache und standardisierte Vertragsmodalitäten, einfache Planungs- und Ausführungsphasen mit bekannten Inhalten, einfache und bekannte Prüfprozesse und Freigaben, sehr transparente Vernetzungen mit sehr geringem Informationsbedarf	Einfache Genehmigungsverfahren mit komplizierten Inhalten, komplizierte standardisierte Vertragsmodalitäten, komplizierte Planungs- und Ausführungsphasen mit bekannten Inhalten, komplizierte bekannte Prüfprozesse und Freigaben, komplizierte Vernetzungen mit geringem Informationsbedarf	Genehmigungsverfahren mit mehreren komplexen Inhalten, komplexe standardisierte Vertragsmodalitäten, komplexe Planungs- und Ausführungsphasen, komplexe Prüfprozesse und Freigaben, komplexe Vernetzungen mit mittlerem Informationsbedarf	Genehmigungsverfahren mit hochkomplexen Inhalten, hochkomplexe Vertragsmodalitäten, hochkomplexe Planungs- und Ausführungsphasen, hochkomplexe Prüfprozesse und Freigaben, hochkomplexe Vernetzungen mit hohem Informationsbedarf	Genehmigungsverfahren mit sehr komplexen Inhalten, sehr komplexe Vertragsmodalitäten, sehr komplexe Planungs- und Ausführungsphasen, sehr komplexe Prüfprozesse und Freigaben, sehr komplexe Vernetzungen mit sehr hohem Informationsbedarf	0,0	
<b>VERHALTEN</b>	sehr geringe und klare Aufgabenteilung, sehr geringer Koordinationsbedarf, sehr geringe Wechselwirkungen zwischen den Aufgaben, sehr geringe Risiken, sehr hohe und ausgewogene Rückkopplungen mit hohen Freiheitsgraden und sehr hohem Vertrauen sowie eher sehr hohen Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, kaum Konflikte zu erwarten, Projektdauer ≤ 2 Jahre	komplizierte und bedingt klare Aufgabenteilung, geringer Koordinationsbedarf, geringe Wechselwirkungen zwischen den Aufgaben, geringes Konfliktpotenzial, geringe Risiken, hohe ausgewogene Rückkopplungen mit vielen Freiheitsgraden und hohem Vertrauen sowie eher sehr hohen Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, geringes Konfliktpotenzial, Projektdauer ≤ 3 Jahre	komplexe und vernetzte Aufgabenteilung, mittlerer Koordinationsbedarf, mittlere Anzahl von Wechselwirkungen zwischen den Aufgaben, ausgewogene Risiken, ausgewogene Rückkopplungen, ausgewogene Freiheitsgrade, mittleres Vertrauen, hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, Konflikte sind wahrscheinlich, Projektdauer ≤ 5 Jahre	sehr komplexe und sehr vernetzte Aufgabenteilung, hoher Koordinationsbedarf, hohe Wechselwirkungen zwischen den Aufgaben, hohes Konfliktpotenzial, viele Risiken, wenig Rückkopplungen mit geringen Freiheitsgraden und geringem Vertrauen sowie der geringen Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, hohes Konfliktpotenzial, Projektdauer ≤ 8 Jahre	hoch komplexe und hoch vernetzte Aufgabenteilung, sehr hoher Koordinationsbedarf, sehr hohe Wechselwirkungen zwischen den Aufgaben, sehr hohes Konfliktpotenzial, sehr viele Risiken, sehr wenig Rückkopplungen mit sehr geringen Freiheitsgraden und sehr geringem Vertrauen sowie eher sehr geringen Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, sehr hohes Konfliktpotenzial, Projektdauer ≥ 9 Jahre	0,0	
<b>UMWELT</b>	sehr geringer Einfluss der Umwelt auf die rechtlichen Rahmenbedingungen, sehr geringer Einfluss der Umwelt auf die Vertragsgestaltung, sehr geringer Einfluss der Umwelt auf die Ablaufstrukturen, sehr geringe Vernetzung der Aufgabenstellung, sehr geringe Wechselwirkungen	geringer Einfluss der Umwelt auf die rechtlichen Rahmenbedingungen, geringer Einfluss der Umwelt auf die Vertragsgestaltung, geringer Einfluss der Umwelt auf die Ablaufstrukturen, geringer Einfluss der Umwelt auf die Vernetzung der Aufgabenstellung, geringe Wechselwirkungen	Einflussnahme der Umwelt auf die rechtlichen Rahmenbedingungen, Einflussnahme der Umwelt auf die Vertragsgestaltung, Einflussnahme der Umwelt auf die Ablaufstrukturen, Einflussnahme der Umwelt auf die Vernetzung der Aufgabenstellung, wahrscheinlich Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	hohe Einflussnahme der Umwelt auf die rechtlichen Rahmenbedingungen, hohe Einflussnahme der Umwelt auf die Vertragsgestaltung, hohe Einflussnahme der Umwelt auf die Ablaufstrukturen, hohe Einflussnahme der Umwelt auf die Vernetzung der Aufgabenstellung, hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	sehr hohe Einflussnahme der Umwelt auf die rechtlichen Rahmenbedingungen, sehr hohe Einflussnahme der Umwelt auf die Vertragsgestaltung, sehr hohe Einflussnahme der Umwelt auf die Ablaufstrukturen, sehr hohe Einflussnahme der Umwelt auf die Vernetzung der Aufgabenstellung, sehr hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	0,0	

<b>METHODIK</b>		<b>Spezifischer Komplexitätsgrad (Indikator) (<math>K_I</math>)</b>					<b>0,0</b>
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	
<b>KOMPLEXITÄTSGRAD</b>		<b>sehr gering</b>	<b>gering</b>	<b>mittel</b>	<b>hoch</b>	<b>sehr hoch</b>	<b>SUMME</b>
<b>MERKMALE</b>		sehr wenige homogene Führungsstile, sehr wenige Entscheidungsprozesse, sehr viele Methoden und Werkzeuge, sehr viele Standards, sehr hohe PM-Unterstützung	wenige homogene Führungsstile, wenige Entscheidungsprozesse, viele Methoden und Werkzeuge verfügbar, Standards, hohe PM-Unterstützung	inhomogene Führungsstile, viele Entscheidungsprozesse, Methoden und Werkzeuge verfügbar, Standards verfügbar, PM-Unterstützung verfügbar	sehr inhomogene Führungsstile, sehr viele Entscheidungsprozesse, viele Methoden und Werkzeuge, geringe Anzahl von Standards, geringe PM-Unterstützung	sehr stark inhomogene Führungsstile, unüberschaubar viele Entscheidungsprozesse, sehr viele Methoden und Werkzeuge, kaum verfügbare Standards, sehr geringe PM-Unterstützung	0,0
<b>STRUKTUREN</b>		keine Veränderungen der Führungsmethodik und der Werkzeuge sind zu erwarten	wenig Veränderungen der Führungsmethodik und der Werkzeuge sind wahrscheinlich	Veränderungen der Führungsmethodik und der Werkzeuge sind wahrscheinlich und verschiedenartig	viele Veränderungen der Führungsmethodik und der Werkzeuge sind wahrscheinlich, sehr unterschiedlich	sehr viele Veränderungen der Führungsmethodik und der Werkzeuge sind wahrscheinlich, schwer erfassbar	0,0
<b>VERÄNDERUNGEN</b>		bekannte Methodik, einfache und klare Aufgabenteilung mit sehr geringer Vernetzung, aufeinander aufbauend und mit geringem Informationsbedarf	teilweise bekannte Methodik, klare Aufgabenteilung mit geringer Vernetzung, teilweise aufbauend und wenig Informationsbedarf	wenig bekannte Methodik, vernetzte Aufgabenteilung, vereinzelt aufbauend und geregelter Informationsfluss	überwiegend neue Methodik, hoch vernetzte Aufgabenteilung, verknüpft mit hohem Informationsbedarf	vollständig neue Methodik mit sehr hoch vernetzter Aufgabenteilung und sehr hohem Informationsbedarf	0,0
<b>WAHRNEHMUNG</b>		sehr geringe oder ausgewogene Risiken durch die gewählte Methodik der Führung und der Werkzeuge sowie der Verfügbarkeit und Erfahrung, sehr hohe und ausgewogene Rückkopplungen, sehr viele Freiheitsgrade, sehr großes Vertrauen, sehr hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung der Methodik, statische Teams, kaum Konflikte zu erwarten	geringe oder ausgewogene Risiken durch die gewählte Methodik der Führung und der Werkzeuge sowie der Verfügbarkeit und Erfahrung, hohe und ausgewogene Rückkopplungen, viele Freiheitsgrade, großes Vertrauen, hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung der Methodik, periodisch dynamische Teams, geringes Konfliktpotenzial	ausgewogene Risiken durch die gewählte Methodik der Führung und der Werkzeuge sowie der Verfügbarkeit und Erfahrung, ausgewogene Rückkopplungen, teilweise Freiheitsgrade, mittleres Vertrauen, geregelte Eigensteuerung von Teilen der Methodik wahrscheinlich, dynamische Teams, Konflikte sind wahrscheinlich	viele einseitige Risiken durch die gewählte Methodik der Führung und der Werkzeuge sowie der Verfügbarkeit und Erfahrung, wenig ausgewogene oder hohe einseitige Rückkopplungen, geringe Freiheitsgrade, geringes Vertrauen, sehr geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung der Methodik, hoch dynamische Teams, hohes Konfliktpotenzial	sehr viele einseitige Risiken durch die gewählte Methodik der Führung und der Werkzeuge sowie der Verfügbarkeit und Erfahrung, sehr wenig ausgewogene oder sehr hohe einseitige Rückkopplungen, geringes Vertrauen, sehr geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung der Methodik, chaotisch agierende Teams, sehr hohes Konfliktpotenzial	0,0
<b>VERHALTEN</b>		sehr geringer Einfluss der Umwelt auf die Methodik der Führung und der Werkzeuge sowie der Verfügbarkeit, ohne Wechselwirkungen	wenig Einfluss der Umwelt auf die Methodik der Führung und der Werkzeuge sowie der Verfügbarkeit, geringe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt Einfluss auf die Methodik der Führung und der Werkzeuge sowie der Verfügbarkeit, Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt einen hohen Einfluss auf die Methodik der Führung und der Werkzeuge sowie der Verfügbarkeit, hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt einen sehr hohen Einfluss auf die Methodik der Führung und der Werkzeuge sowie der Verfügbarkeit, sehr hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	0,0
<b>UMWELT</b>		sehr geringer Einfluss der Umwelt auf die Methodik der Führung und der Werkzeuge sowie der Verfügbarkeit, ohne Wechselwirkungen	wenig Einfluss der Umwelt auf die Methodik der Führung und der Werkzeuge sowie der Verfügbarkeit, geringe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt Einfluss auf die Methodik der Führung und der Werkzeuge sowie der Verfügbarkeit, Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt einen hohen Einfluss auf die Methodik der Führung und der Werkzeuge sowie der Verfügbarkeit, hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt einen sehr hohen Einfluss auf die Methodik der Führung und der Werkzeuge sowie der Verfügbarkeit, sehr hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	0,0

ORGANISATION		Spezifischer Komplexitätsgrad (Indikator) (K <sub>I</sub> )					0,0
		1	2	3	4	5	SUMME
<b>KOMPLEXITÄTSGRAD</b>	<b>sehr gering</b>						
<b>MERKMALE</b>	sehr wenige Schnittstellen, sehr wenige Hierarchieebenen, (≤ 4 Planerfelder, ≤ 10 Firmen oder Gewerke, 1 Entscheider, kein Gremium, Projektdauer ≤ 2 Jahre, Projektkosten ≤ 3,5 Mio. €)	wenige Schnittstellen, wenige Hierarchieebenen, (≤ 8 Planerfelder, ≤ 20 Firmen oder Gewerke, 2 Entscheider, 1 Gremium, Projektdauer ≤ 4 Jahre, Projektkosten ≤ 15 Mio. €)	mittlere Anzahl von Schnittstellen, mehrere Hierarchieebenen, (≤ 12 Planerfelder, ≤ 40 Firmen oder Gewerke, 3 Entscheider, 2 Gremien, Projektdauer ≤ 6 Jahre, Projektkosten ≤ 50 Mio. €)	hohe Anzahl von Schnittstellen, viele Hierarchieebenen, (≤ 18 Planerfelder, ≤ 70 Firmen oder Gewerke, 4 Entscheider, 3 Gremien, Projektdauer ≥ 8 Jahre, Projektkosten < 100 Mio. €)	sehr hohe Anzahl von Schnittstellen, sehr viele Hierarchieebenen, (≥ 18 Planerfelder, ≥ 70 Firmen oder Gewerke, ≥ 5 Entscheider, ≥ 4 Gremien, Projektdauer ≥ 9 Jahre, Projektkosten ≥ 100 Mio. €)		
<b>STRUKTUREN</b>						0,0	
<b>VERÄNDERUNGEN</b>	keine Veränderungen der Beteiligten sind zu erwarten	wenige Veränderungen der Beteiligten sind wahrscheinlich	Veränderungen der Beteiligten sind wahrscheinlich, verschiedenartig	viele Veränderungen der Beteiligten sind wahrscheinlich, sehr unterschiedlich	unzählige Veränderungen der Beteiligten sind wahrscheinlich, schwer erfassbar	0,0	
<b>WAHRNEHMUNG</b>	untereinander bekannte Beteiligte, keine Freelancer, klare Aufgabenteilung, sehr einfache Aufbaustruktur, geringer Informationsbedarf	teilweise untereinander bekannte Beteiligte, keine Freelancer, Aufgabenteilung definiert aber kompliziert, einfache Aufbaustruktur, geringer Informationsbedarf	mittlere Anzahl untereinander bekannte Beteiligte, teilweise Freelancer, Aufgabenteilung nicht eindeutig definiert oder komplex, komplexe Aufbaustruktur, geregelter Informationsfluss	viele unbekannte Beteiligte, mehrere Freelancer, Aufgabenteilung nicht eindeutig definiert oder hoch komplex oder nicht verstanden, hohe Komplexität der Aufbaustruktur mit hohem Informationsbedarf	sehr viele unbekannte Beteiligte, viele Freelancer, Aufgabenteilung sehr unbestimmt und häufig wechselnd, sehr hoch komplexe Aufbaustruktur mit sehr starken Verknüpfungen und sehr hohem Informationsbedarf	0,0	
<b>VERHALTEN</b>	sehr geringe oder ausgewogene Risiken, sehr hohe und ausgewogene Rückkopplungen, sehr viele Freiheitsgrade, sehr großes Vertrauen, sehr hohe Wahrscheinlichkeit zur gegenseitigen Eigensteuerung von Teilen der Organisationsbereiche, kaum Konflikte zu erwarten	geringe oder ausgewogene Risiken, hohe und ausgewogene Rückkopplungen, viele Freiheitsgrade, großes Vertrauen, hohe Wahrscheinlichkeit zur gegenseitigen Eigensteuerung von Teilen der Organisationsbereiche, geringes Konfliktpotenzial	ausgewogene Risiken und ausgewogene Rückkopplungen, teilweise Freiheitsgrade, mittleres Vertrauen, geringe Eigensteuerung von Teilen der Organisationsbereiche wahrscheinlich, Konflikte sind wahrscheinlich	viele einseitige Risiken, wenig ausgewogene Rückkopplungen oder hohe einseitige Rückkopplungen, geringe Freiheitsgrade, geringes Vertrauen, geringe Wahrscheinlichkeit zur gegenseitigen Eigensteuerung von Teilen der Organisationsbereiche, hohes Konfliktpotenzial	sehr viele einseitige Risiken, sehr wenig ausgewogene oder sehr hohe einseitige Rückkopplungen, sehr geringe Freiheitsgrade, sehr geringes Vertrauen, sehr geringe Wahrscheinlichkeit zur gegenseitigen Eigensteuerung von Teilen der Organisationsbereiche, sehr hohes Konfliktpotenzial	0,0	
<b>UMWELT</b>	sehr geringer Einfluss der Umwelt auf die Organisationsstruktur, ohne Wechselwirkungen	wenig Einfluss der Umwelt auf die Objektvorgaben, geringe Wechselwirkungen wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt Einfluss auf die Organisationsstruktur, Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt einen hohen Einfluss auf die Organisationsstruktur, hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt einen sehr hohen Einfluss auf die Organisationsstruktur, sehr hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	0,0	

RESSOURCEN		Spezifischer Komplexitätsgrad (Indikator) (K <sub>I</sub> )					0,0
KOMPLEXITÄTSGRAD		1	2	3	4	5	SUMME
MERKMALE		sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch	
<b>STRUKTUREN</b>	sehr wenige unterschiedliche Teams, klare und sehr einfache Teamorganisation, sehr einfaches und sehr strukturiertes Besprechungsmanagement, sehr wenige Finanzierungsquellen (z.B. Investoren = 1) und sehr einfache Finanzmittelbereitstellung, sehr hohe Verfügbarkeit der personellen Ressourcen, sehr hohe Qualität und Kompetenz der Beteiligten, sehr viele und sehr gute Kommunikationsbeziehungen, sehr hohe Identifikation der Beteiligten mit dem Projekt	wenige unterschiedliche Teams, einfache Teamorganisation, einfaches und strukturiertes Besprechungsmanagement, wenige Finanzierungsquellen (z.B. Investoren = 2) und einfache Finanzmittelbereitstellung, hohe Verfügbarkeit der personellen Ressourcen, hohe Qualität und Kompetenz der Beteiligten, viele und gute Kommunikationsbeziehungen, hohe Identifikation der Beteiligten mit dem Projekt	unterschiedliche Teams, komplizierte und diverse Teamorganisationen, kompliziertes aber strukturiertes Besprechungsmanagement, mehrere Finanzierungsquellen (z.B. Investoren = 3) und komplizierte Finanzmittelbereitstellung, mittlere Verfügbarkeit der personellen Ressourcen, mittlere Qualität und Kompetenz der Beteiligten, komplizierte Kommunikationsbeziehungen, mittlere Identifikation der Beteiligten mit dem Projekt	sehr unterschiedliche Teams, komplexe und diverse Teamorganisationen, komplexes und bedingt strukturiertes Besprechungsmanagement, viele Finanzierungsquellen (z.B. Investoren = 4) und sehr komplexe Finanzmittelbereitstellung, geringe Verfügbarkeit der personellen Ressourcen, geringe Qualität und Kompetenz der Beteiligten, komplexe oder teilweise strukturierte Kommunikationsbeziehungen, geringe Identifikation der Beteiligten mit dem Projekt	sehr viele unterschiedliche Teams, sehr komplexe und sehr diverse Teamorganisationen, sehr komplexes und unstrukturiertes Besprechungsmanagement, sehr viele Finanzierungsquellen (z.B. Investoren > 5) und sehr komplexe Finanzmittelbereitstellung, sehr geringe Verfügbarkeit der personellen Ressourcen, sehr geringe Qualität und Kompetenz der Beteiligten, sehr komplexe oder unstrukturierte Kommunikationsbeziehungen, sehr geringe Identifikation der Beteiligten mit dem Projekt		0,0
<b>VERÄNDERUNGEN</b>	keine Veränderungen von Ressourcen, Begrenzungen oder Teamabhängigkeiten sind zu erwarten	wenige Veränderungen der Ressourcen, Begrenzungen oder Teamabhängigkeiten sind wahrscheinlich	Veränderungen der Ressourcen, Begrenzungen oder Teamabhängigkeiten sind wahrscheinlich, verscheidenartig	viele Veränderungen der Ressourcen, Begrenzungen oder Teamabhängigkeiten sind wahrscheinlich, sehr unterschiedlich	unzählige Veränderungen der Ressourcen, Begrenzungen oder Teamabhängigkeiten sind wahrscheinlich, schwer erfassbar		0,0
<b>WAHRNEHMUNG</b>	Teams untereinander bekannt und sehr transparenter Umgang oder Sensitivitätsanalyse durchgeführt und die Erkenntnisse in die Führung der Teams umgesetzt, Besprechungsmanagement eindeutig definiert und vollständig umgesetzt oder nicht erforderlich, sehr gute Informationsfluss, sehr hohe Transparenz, sehr hohe Zufriedenheit oder sehr geringerer Stress innerhalb der Teams erkennbar oder zu erwarten, sehr vertrauensvolle Zusammenarbeit erkennbar oder zu erwarten	Teams teilweise untereinander bekannt und transparenter Umgang oder Sensitivitätsanalyse durchgeführt und die Erkenntnisse in den Teams kommuniziert, Besprechungsmanagement definiert und umgesetzt, Konfliktmanagement definiert und umgesetzt, guter Informationsfluss, hohe Transparenz, hohe Zufriedenheit oder geringerer Stress innerhalb der Teams erkennbar oder zu erwarten, vertrauensvolle Zusammenarbeit erkennbar oder zu erwarten	Teams geringfügig untereinander bekannt und teilweise transparenter Umgang oder teilweise Sensitivitätsanalyse durchgeführt ohne Kommunikation der Ergebnisse, Besprechungsmanagement teilweise definiert und teilweise umgesetzt, Konfliktmanagement teilweise definiert und teilweise umgesetzt, mittlerer Informationsfluss, mittlere Transparenz, mittlere Zufriedenheit oder Stress innerhalb der Teams erkennbar oder zu erwarten, mittlere vertrauensvolle Zusammenarbeit erkennbar oder zu erwarten	Teams untereinander unbekannt und geringer transparenter Umgang oder keine Sensitivitätsanalyse durchgeführt, Besprechungsmanagement nicht eindeutig definiert und dynamisch wechselnd, Konfliktmanagement nicht eindeutig definiert mit chaotischen Ergebnissen oder nicht vorhanden, geringer Informationsfluss, sehr geringe Transparenz, sehr geringe Zufriedenheit oder sehr hoher Stress innerhalb der Teams erkennbar oder zu erwarten, sehr geringe vertrauensvolle Zusammenarbeit erkennbar oder zu erwarten	Teams untereinander unbekannt und sehr geringer transparenter Umgang oder keine Sensitivitätsanalyse durchgeführt oder beabsichtigt, Besprechungsmanagement nicht eindeutig definiert mit chaotischen Abläufen, Konfliktmanagement nicht eindeutig definiert mit chaotischen Ergebnissen oder nicht vorhanden, geringer Informationsfluss, sehr geringe Transparenz, sehr geringe Zufriedenheit oder sehr hoher Stress innerhalb der Teams erkennbar oder zu erwarten, sehr geringe vertrauensvolle Zusammenarbeit erkennbar oder zu erwarten		0,0
<b>VERHALTEN</b>	sehr geringe oder ausgewogene Risiken der Ressourcenrelationen, sehr hohe und ausgewogene Rückkopplungen, sehr viele Freiheitsgrade, sehr großes Vertrauen, sehr hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung der Ressourcen, kaum Konflikte zu erwarten	geringe oder ausgewogene Risiken der Ressourcenrelationen, hohe und ausgewogene Rückkopplungen, viele Freiheitsgrade, großes Vertrauen, hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung der Ressourcen, geringes Konfliktpotenzial	ausgewogene Risiken der Ressourcenrelationen, ausgewogene Rückkopplungen, teilweise Freiheitsgrade, mittleres Vertrauen, geregelte Eigensteuerung der Ressourcen wahrscheinlich, Konflikte sind möglich	viele einseitige Risiken der Ressourcenrelationen, wenig ausgewogene Rückkopplungen oder hohe einseitige Rückkopplungen, geringe Freiheitsgrade, geringes Vertrauen, geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung der Ressourcen, hohes Konfliktpotenzial	sehr viele einseitige Risiken der Ressourcenrelationen, sehr wenig ausgewogene Rückkopplungen oder sehr hohe einseitige Rückkopplungen, sehr geringes Freiheitsgrade, sehr geringes Vertrauen, sehr geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung der Ressourcen, sehr hohes Konfliktpotenzial		0,0
<b>UMWELT</b>	sehr geringer Einfluss der Umwelt auf die Ressourcen, ohne Wechselwirkungen	wenig Einfluss der Umwelt auf die Ressourcen, geringe Wechselwirkungen	Die Umwelt nimmt Einfluss auf die Ressourcen, Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt einen hohen Einfluss auf die Ressourcen, hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt einen sehr hohen Einfluss auf die Ressourcen, sehr hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich		0,0



KULTUR		Spezifischer Komplexitätsgrad (Indikator) (K <sub>I</sub> )					0,0
		1	2	3	4	5	
<b>KOMPLEXITÄTSGRAD</b>							<b>SUMME</b>
<b>MERKMALE</b>		<b>sehr gering</b>	<b>gering</b>	<b>mittel</b>	<b>hoch</b>	<b>sehr hoch</b>	
<b>STRUKTUREN</b>	sehr wenige beteiligte Länder (1) und sehr gleichförmige beteiligte Kulturen (1), sehr einfaches Beziehungsgefüge mit sehr geringen Wechselwirkungen zwischen den beteiligten Kulturen, sehr geringe geografische Distanzen (≤ 1000 km) zwischen den Beteiligten	wenige beteiligte Länder (≤ 2) und gleichförmige beteiligte Kulturen (≤ 2), einfaches Beziehungsgefüge mit geringen Wechselwirkungen zwischen den beteiligten Kulturen, geringe geografische Distanzen (≤ 2500 km) zwischen den Beteiligten	mittlere Anzahl beteiligter Länder (≤ 3) und teilweise gleichförmige beteiligte Kulturen (≤ 3), mittelschweres Beziehungsgefüge mit mittleren Wechselwirkungen zwischen den beteiligten Kulturen, mittlere geografische Distanzen (≤ 5000 km) zwischen den Beteiligten	viele beteiligte Länder (≤ 5) oder ungleichförmige beteiligte Kulturen (> 2), schweres Beziehungsgefüge mit hohen Wechselwirkungen zwischen den beteiligten Kulturen, hohe geografische Distanzen (≤ 10000 km) zwischen den Beteiligten	sehr viele beteiligte Länder (> 5) oder viele ungleichförmige beteiligte Kulturen (> 2), sehr schwieriges Beziehungsgefüge mit sehr hohen Wechselwirkungen zwischen den beteiligten Kulturen, sehr hohe geografische Distanzen (> 10000 km) zwischen den Beteiligten		0,0
<b>VERÄNDERUNGEN</b>	keine Veränderungen der kulturellen Teilaspekte sind zu erwarten	wenige Veränderungen der kulturellen Teilaspekte sind wahrscheinlich	Veränderungen der kulturellen Teilaspekte sind wahrscheinlich, verschiedenartig	Teilspekte sind wahrscheinlich, sehr unterschiedlich	unzählige Veränderungen der kulturellen Teilaspekte sind wahrscheinlich, schwer erfassbar	0,0	
<b>WAHRNEHMUNG</b>	Teams untereinander bekannt, sehr transparenter Umgang, Sensitivitätsanalyse durchgeführt und die Erkenntnisse teilweise in die Führung der Teams umgesetzt, sehr umfangreiche mediale Kommunikationstechnik vorhanden oder nicht erforderlich, sehr hohe Erfahrung der Teams mit multikulturellen Projekten, sehr vertrauensvolle Zusammenarbeit erkennbar oder zu erwarten	Teams untereinander teilweise bekannt, transparenter Umgang, Sensitivitätsanalyse durchgeführt und die Erkenntnisse teilweise in die Führung der Teams umgesetzt, umfangreiche mediale Kommunikationstechnik vorhanden, hohe Erfahrung der Teams mit multikulturellen Projekten, vertrauensvolle Zusammenarbeit erkennbar oder zu erwarten	Teams untereinander geringfügig bekannt, teilweise transparenter Umgang, Sensitivitätsanalyse durchgeführt ohne Umsetzung in die Führung der Teams, mediale Kommunikationstechnik vorhanden, Erfahrung der Teams mit multikulturellen Projekten teilweise vorhanden, vertrauensvolle Zusammenarbeit teilweise erkennbar oder zu erwarten	Teams untereinander unbekannt, transparenter Umgang, keine teilweise vorgesehene, geringe mediale Kommunikationstechnik vorhanden, geringe Erfahrung der Teams mit multikulturellen Projekten, geringe vertrauensvolle Zusammenarbeit teilweise erkennbar oder zu erwarten	Teams untereinander unbekannt, sehr geringer transparenter Umgang, keine Sensitivitätsanalyse durchgeführt oder beabsichtigt, sehr geringe oder keine mediale Kommunikationstechnik vorhanden, sehr geringe oder keine Erfahrung der Teams mit multikulturellen Projekten, sehr geringe vertrauensvolle Zusammenarbeit teilweise erkennbar oder zu erwarten	0,0	
<b>VERHALTEN</b>	sehr geringe oder ausgewogene Risiken der kulturellen Relationen, sehr hohe und ausgewogene Rückkopplungen, sehr viele Freiheitsgrade, sehr großes Vertrauen, sehr hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, kaum Konflikte zu erwarten, die Verhaltenssteuerung wird in hohem Maße durch ein systemisches Managementsystem unterstützt	geringe oder ausgewogene Risiken der kulturellen Relationen, hohe und ausgewogene Rückkopplungen, viele Freiheitsgrade, großes Vertrauen, hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, geringes Konfliktpotenzial, die Verhaltenssteuerung wird in geringem Maße durch ein systemisches Managementsystem unterstützt	ausgewogene Risiken der kulturellen Relationen, ausgewogene Rückkopplungen, teilweise Freiheitsgrade, mittleres Vertrauen, geregelte Eigensteuerung wahrscheinlich, Konflikte sind möglich, die Verhaltenssteuerung wird in sehr geringem Maße durch ein systemisches Managementsystem unterstützt (Beteiligte haben nur teilweise Erfahrungen)	viele einseitige Risiken der kulturellen Relationen, wenig ausgewogene Rückkopplungen oder hohe einseitige Vertrauen, geringe Freiheitsgrade, geringes Vertrauen, geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, hohes Konfliktpotenzial, die Verhaltenssteuerung wird nicht durch ein systemisches Managementsystem unterstützt (nur einzelne Beteiligte haben einschlägige Erfahrungen)	sehr viele einseitige Risiken der kulturellen Relationen, sehr wenig ausgewogene Rückkopplungen oder sehr hohe einseitige Freiheitsgrade, sehr geringes Vertrauen, sehr geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, sehr hohes Konfliktpotenzial, die Verhaltenssteuerung wird nicht durch ein systemisches Managementsystem unterstützt (keiner der Beteiligten hat einschlägige Erfahrungen)	0,0	
<b>UMWELT</b>	sehr geringer Einfluss der Umwelt auf die kulturellen Aspekte, ohne Wechselwirkungen	wenig Einfluss der Umwelt auf die kulturellen Aspekte, geringe Wechselwirkungen wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt Einfluss auf die kulturellen Aspekte, Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt einen hohen Einfluss auf die kulturellen Aspekte, hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt einen sehr hohen Einfluss auf die kulturellen Aspekte, sehr hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	0,0	

CHANCEN / RISIKEN		Spezifischer Komplexitätsgrad (Indikator) (K <sub>1</sub> )					0,0
KOMPLEXITÄTSGRAD		1	2	3	4	5	SUMME
MERKMALE		sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch	
<b>STRUKTUREN</b>	sehr wenige überschaubare und vergleichbare Risiken in sehr wenigen Risikoklassen (≤ 5), sehr wenige überschaubare Verträge und Vereinbarungen (≤ 5), keine põnale Elemente, sehr viele erreichbare Chancen (≥ 5)	wenige überschaubare und wenig vergleichbare Risiken in wenigen Risikoklassen (≤ 10), wenige überschaubare Verträge und Vereinbarungen (≤ 10), wenige põnale Elemente, viele erreichbare Chancen (< 5)	überschaubare und teilweise vergleichbare Risiken in mittlerer Anzahl von Risikoklassen (≤ 15), mittlere Anzahl an teilweise überschaubaren Verträgen und Vereinbarungen (≤ 15), põnale Elemente werden general eingesetzt, einige erreichbare Chancen (< 4)	hohe und gering überschaubare Risiken in vielen Risikoklassen (≤ 20), viele und gering überschaubare Verträge und Vereinbarungen (≤ 20), viele põnale Elemente, wenige erreichbare Chancen (< 3)	sehr viele kaum überschaubare und unterschiedliche Risiken in sehr vielen Risikoklassen (> 20), sehr viele kaum überschaubare und unterschiedliche Verträge und Vereinbarungen (> 20), sehr viele põnale Elemente, sehr wenige erreichbare Chancen (< 2)	0,0	
<b>VERÄNDERUNGEN</b>	sehr geringe Wechselwirkungen zwischen den Chancen und Risiken wahrscheinlich, sehr geringe Veränderungen von Eintrittswahrscheinlichkeiten der Chancen und Risiken aus projektinternen, -externen oder sachlich-inhaltlichen Teilspekten, sehr geringe Unsicherheiten mit sehr geringen Eintrittswahrscheinlichkeiten sind zu erwarten	geringe Wechselwirkungen zwischen den Chancen und Risiken wahrscheinlich, geringe Veränderungen von Eintrittswahrscheinlichkeiten der Chancen und Risiken aus projektinternen, -externen oder sachlich-inhaltlichen Teilspekten, sehr geringe Unsicherheiten mit geringen Eintrittswahrscheinlichkeiten sind zu erwarten	Wechselwirkungen zwischen den Chancen und Risiken wahrscheinlich, Veränderungen von Eintrittswahrscheinlichkeiten der Chancen und Risiken aus projektinternen, -externen oder sachlich-inhaltlichen Teilspekten sowie Unsicherheiten und Eintrittswahrscheinlichkeiten sind erkennbar und zu erwarten	hohe Wechselwirkungen zwischen den Chancen und Risiken wahrscheinlich, hohe Veränderungen von Eintrittswahrscheinlichkeiten der Chancen und Risiken aus projektinternen, -externen oder sachlich-inhaltlichen Teilspekten, hohe Unsicherheiten mit hohen Eintrittswahrscheinlichkeiten sind zu erwarten	sehr hohe Wechselwirkungen zwischen den Chancen und Risiken wahrscheinlich, sehr hohe Veränderungen von Eintrittswahrscheinlichkeiten der Chancen und Risiken aus projektinternen, -externen oder sachlich-inhaltlichen Teilspekten, sehr hohe Unsicherheiten mit hohen Eintrittswahrscheinlichkeiten sind zu erwarten	0,0	
<b>WAHRNEHMUNG</b>	sehr hoher transparenter Umgang mit Chancen und Risiken durch Einsatz eines qualifizierten Risikomanagementsystems, sehr hohe Wahrscheinlichkeit zur Durchführung kooperativer Lösungsansätze zur Risikovermeidung und Risikoallokation, sehr guter Informationsfluss und Kommunikationsfähigkeit, sehr hohe vertrauensvolle Zusammenarbeit erkennbar oder zu erwarten	hoher transparenter Umgang mit Chancen und Risiken durch Einsatz eines qualifizierten Risikomanagementsystems, hohe Wahrscheinlichkeit zur Durchführung kooperativer Lösungsansätze zur Risikovermeidung und Risikoallokation, guter Informationsfluss und Kommunikationsfähigkeit, hohe vertrauensvolle Zusammenarbeit erkennbar oder zu erwarten	mittlerer transparenter Umgang mit Chancen und Risiken, Risikomanagementsystem vorhanden, mittlere Wahrscheinlichkeit zur Durchführung kooperativer Lösungsansätze zur Risikovermeidung und Risikoallokation, mittlerer Informationsfluss und Kommunikationsfähigkeit, vertrauensvolle Zusammenarbeit erkennbar oder zu erwarten	geringer transparenter Umgang mit Chancen und Risiken, Risikomanagement findet nur teilweise statt, geringe Wahrscheinlichkeit zur Durchführung kooperativer Lösungsansätze zur Risikovermeidung und Risikoallokation, geringer Informationsfluss und Kommunikationsfähigkeit, vertrauensvolle Zusammenarbeit erkennbar oder zu erwarten	sehr geringer transparenter Umgang mit Chancen und Risiken, Risikomanagement nur im Ansatz erkennbar oder nicht vorhanden, sehr geringe Wahrscheinlichkeit zur Durchführung kooperativer Lösungsansätze zur Risikovermeidung und Risikoallokation, sehr geringer Informationsfluss und Kommunikationsfähigkeit, sehr geringe vertrauensvolle Zusammenarbeit erkennbar oder zu erwarten	0,0	
<b>VERHALTEN</b>	sehr hohe und ausgewogene Rückkopplungen, sehr viele Freiheitsgrade, sehr großes Vertrauen, sehr hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, kaum Konflikte zu erwarten, übliche Verträge (auf Basis von Standards), keine Risikoverschiebung, unkomplizierte Freigaben, sehr hohe qualifizierte Mitwirkung der Auftraggeber	hohe und ausgewogene Rückkopplungen, viele Freiheitsgrade, großes Vertrauen, hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, geringes Konfliktpotenzial, überwiegend übliche Verträge (auf Basis von Standards), geringe Risikoverschiebung, geregelte Freigaben, hoch qualifizierte Mitwirkung der Auftraggeber	ausgewogene Rückkopplungen, teilweise Freiheitsgrade, mittleres Vertrauen, geregelte Eigensteuerung wahrscheinlich, Konflikte sind möglich, teilweise übliche Vertragsgestaltung (nur teilweise Standards), teilweise Risikoverschiebung, komplexe Entscheidungsfindung, mittlere Qualifikation der Auftraggeber	wenig ausgewogene Rückkopplungen oder hohe einseitige Rückkopplungen, geringe Freiheitsgrade, geringes Vertrauen, Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, hohes Konfliktpotenzial, unübliche Vertragsgestaltung (geringe Anzahl von Standards), hohe Risikoverschiebung, schwierige Entscheidungsfindung, sehr geringe Qualifikation der Auftraggeber	sehr wenig ausgewogene Rückkopplungen oder sehr hohe einseitige Rückkopplungen, sehr geringe Freiheitsgrade, sehr geringes Vertrauen, sehr geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, sehr hohes Konfliktpotenzial, eigene Vertragswelt (keine Standards), sehr hohe Risikoverschiebung, sehr schwierige Entscheidungsfindung, sehr geringe Qualifikation der Auftraggeber	0,0	
<b>UMWELT</b>	sehr geringer Einfluss der Umwelt auf Chancen und Risiken, ohne Wechselwirkungen	wenig Einfluss der Umwelt auf Chancen und Risiken, geringe Wechselwirkungen wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt Einfluss auf Chancen und Risiken, Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt einen hohen Einfluss auf Chancen und Risiken, hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt einen sehr hohen Einfluss auf Chancen und Risiken, sehr hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	0,0	

UMFELD		Spezifischer Komplexitätsgrad (Indikator) (K <sub>1</sub> )					0,0
KOMPLEXITÄTSGRAD		1	2	3	4	5	SUMME
MERKMALE		sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch	
<b>STRUKTUREN</b>	sehr wenige überschaubare und vergleichbare Stakeholdergruppen (≤ 1), sehr geringe Risiken durch Einflussnahme von außen, sehr überschaubares und transparentes Umfeld, sehr wenige und sehr überschaubare normative Rahmenbedingungen, sehr viele Routineaufgaben	wenige überschaubare und vergleichbare Stakeholdergruppen (≤ 2), geringe Einflussnahme mit geringen Risiken, einfaches und transparentes Umfeld, wenige und überschaubare normative Rahmenbedingungen, viele Routineaufgaben	teilweise überschaubare aber unterschiedliche Stakeholdergruppen (≤ 2), mittlere Einflussnahme mit mittleren Risiken, mittleres transparentes Umfeld, mittlere Anzahl überschaubarer normativer Rahmenbedingungen, teilweise Routineaufgaben	hohe Anzahl unterschiedlicher Stakeholdergruppen (> 5), sehr hohe Einflussnahme mit sehr hohen Risiken, sehr wenig transparentes bis chaotisches Umfeld, sehr viele unüberschaubare normative Rahmenbedingungen, sehr wenige Routineaufgaben	sehr hohe Wechselwirkungen zwischen den Einflussgrößen, sehr hohe Eintritswahrscheinlichkeiten der Einflussgrößen, sehr hohe Unsicherheiten, sehr hohe Bedeutung des Umfelds für das Umfeld, Änderungsmanagement teilweise eingeführt aber nicht umgesetzt	sehr hohe Wechselwirkungen zwischen den Einflussgrößen, sehr hohe Eintritswahrscheinlichkeiten der Einflussgrößen, sehr hohe Unsicherheiten, sehr hohe Bedeutung des Umfelds für das Umfeld, kein Änderungsmanagement vorhanden	0,0
<b>VERÄNDERUNGEN</b>	sehr geringe Wechselwirkungen zwischen den Einflussgrößen, sehr geringe Veränderungen von Eintritswahrscheinlichkeiten der Einflussgrößen, sehr geringe Unsicherheiten, sehr geringe Bedeutung des Umfelds für das Umfeld, Änderungsmanagement eingeführt und umgesetzt oder nicht erforderlich	geringe Wechselwirkungen zwischen den Einflussgrößen, geringe Veränderungen von Eintritswahrscheinlichkeiten der Einflussgrößen, geringe Unsicherheiten, geringe Bedeutung des Umfelds für das Umfeld, Änderungsmanagement eingeführt und umgesetzt	Wechselwirkungen zwischen den Einflussgrößen, geringe Veränderungen von Eintritswahrscheinlichkeiten der Einflussgrößen, geringe Unsicherheiten, mittlere Bedeutung des Umfelds für das Umfeld, Änderungsmanagement teilweise eingeführt und teilweise umgesetzt	mittlerer hoher transparenter Umgang mit Stakeholdern und Einflussgrößen, Stakeholdermanagementsystem vorhanden, Informationsfluss und Kommunikationsfähigkeit erkennbar oder zu erwarten, Projektmarketing vorhanden	geringer transparenter Umgang mit Stakeholdern und Einflussgrößen, Stakeholdermanagement nur im Ansatz erkennbar oder nicht vorhanden, sehr geringer Informationsfluss und Kommunikationsfähigkeit durch ein geringes aber erforderliches Projektmarketing	sehr geringer transparenter Umgang mit Stakeholdern und Einflussgrößen, Stakeholdermanagement nur im Ansatz erkennbar oder nicht vorhanden, sehr geringer Informationsfluss und Kommunikationsfähigkeit durch nicht vorhandenes Projektmarketing	0,0
<b>WAHRNEHMUNG</b>	sehr hohe und ausgewogene Rückkopplungen der Stakeholder, sehr großes Vertrauen, sehr hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, sehr hohes kooperatives Verhalten, sehr wenige Konflikte zu erwarten, sehr hohe Qualität der Stakeholder	hohe und ausgewogene Rückkopplungen der Stakeholder, großes Vertrauen, hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, hohes kooperatives Verhalten, wenige Konflikte zu erwarten, hohe Qualität der Stakeholder	teilweise Rückkopplungen der Stakeholder, teilweise Vertrauen und teilweise Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, teilweise kooperatives Verhalten, Konflikte zu erwarten, mittlere Qualität der Stakeholder	geringe und nicht ausgewogene Rückkopplungen der Stakeholder, geringes Vertrauen und geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, sehr geringes kooperatives Verhalten, viele Konflikte zu erwarten, geringe Qualität der Stakeholder	sehr geringe und nicht ausgewogene Rückkopplungen der Stakeholder, sehr geringes Vertrauen, sehr geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, sehr viele Konflikte zu erwarten, sehr geringe Qualität der Stakeholder	sehr geringe und nicht ausgewogene Rückkopplungen der Stakeholder, sehr geringes Vertrauen, sehr geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, sehr viele Konflikte zu erwarten, sehr geringe Qualität der Stakeholder	0,0
<b>UMWELT</b>	sehr geringes öffentliches Interesse und sehr geringe Einflussnahme der Politik, sehr geringe Wechselwirkungen	geringes öffentliches Interesse und geringe Einflussnahme der Politik, geringe Wechselwirkungen	Öffentlichkeit nimmt Anteil am Projekt, politische Einflussnahme wahrscheinlich, Wechselwirkungen wahrscheinlich	hohes öffentliches Interesse und hohe Einflussnahme der Politik, hohe Wechselwirkungen	sehr hohes öffentliches Interesse und sehr hohe Einflussnahme der Politik, sehr hohe Wechselwirkungen	0,0	

# Anhang E - Bewertungstabelle Grad der Komplexität

GRAD DER KOMPLEXITÄT (K <sub>B</sub> )							Spezifischer Komplexitätsgrad (Indikator) (K <sub>I</sub> )	0,0
INDIKATOR	MERKMAL					UMWELT		
	1	2	3	4	5			
	STRUKTUREN	VERÄNDERUNGEN	WAHRNEHMUNG	VERHALTEN				
1 ZIELE	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
2 OBJEKT	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
3 NEUARTIGKEIT	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
4 PROJEKT	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
5 METHODIK	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
6 ORGANISATION	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
7 RESSOURCEN	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
8 KULTUR	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
9 CHANCEN/RISIKEN	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
10 UMFELD	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
<b>Spezifischer Komplexitätsgrad (Merkmal) (K<sub>M</sub>)</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	

LEGENDE

Grad	Eigenschaft	Umgang	Komplexität
1	einfach, statisch	gut beherrschbar	sehr gering
2	kompliziert, periodisch	noch beherrschbar	gering
3	komplex, dynamisch	beherrschbar mit Erfahrung	mittel
4	hoch komplex und dynamisch	beherrschbar mit Spezialisierung	hoch
5	chaotisch dynamisch	kaum beherrschbar	sehr hoch

# Curriculum Vitae

## Werdegang

- 2015 -            Leiter der LBB-Niederlassung<sup>835</sup> Idar-Oberstein
- 2012 - 2015     Programm-Projektmanager US-Schulbauprogramm (USSPRP)
- 2014            Leiter Sparte Bundesbau, LBB-Zentrale Mainz
- 2005 - 2015     Leiter Zentrales Competence Center Projektsteuerung, NL Trier
- 1999 - 2005     Leiter Controlling, LBB Niederlassung Trier
- 1989 - 1999     Projektleitung und Objektüberwachung, Staatsbauamt Trier
- 1983 - 1989     Projektmanager, Staatsbauamt Trier-Süd
- 1982 - 1983     Projektingenieur, NATO-Flugplatz Bitburg (Base Civil Engineer)

## Ausbildung

- 2013 - 2017     Externer Doktorand am FB Bauingenieurwesen der TU Kaiserslautern
- 2010            Laufbahn höherer Dienst, Land Rheinland-Pfalz (Baudirektor)
- 1986            Laufbahn gehobener Dienst, Land Rheinland-Pfalz
- 1979 - 1982     Studium der Versorgungstechnik an der Fachhochschule Trier

## Fortbildung

- 1982 - heute     Fort- und Weiterbildung an verschiedenen Hochschulen im Bereich Projektmanagement, Architektur, Bauingenieurwesen und Betriebswirtschaft an: TU Kaiserslautern, BTU Cottbus, RWK Düsseldorf, REFA Hamburg, u. a.

## Lehre und Forschung

- 1986 -            Lehrauftrag an der SRH-Hochschule Heidelberg,  
Gastvorlesungen an TU Kaiserslautern, BTU Cottbus, Hochschule Mainz,  
Mitglied der AHO-Fachkommission Projektmanagement Berlin u. a.  
Betreuung von Diplom-, Bachelor- und Masterarbeiten  
Diverse Publikationen

---

<sup>835</sup> Der LBB (Landesbetrieb Liegenschafts- und Baubetreuung) Rheinland-Pfalz ist 1998 aus der ehemaligen staatlichen Bauverwaltung des Landes Rheinland-Pfalz entstanden und ist ein rechtlich unselbstständiger Teil der Landesverwaltung, dessen Tätigkeit erwerbswirtschaftlich ausgerichtet ist.