Andrea Hartz

Vulnerabilität

als Schlüsselkonzept in der raumplanerischen Risikovorsorge

Vulnerabilität als Schlüsselkonzept in der raumplanerischen Risikovorsorge

vom Fachbereich Raum- und Umweltplanung
der Rheinland-Pfälzischen Technischen Universität Kaiserslautern-Landau (RPTU)
zur Verleihung des akademischen Doktor-Grades (Dr. rer. pol.)
genehmigte Dissertation

von
Dipl.-Geographin Andrea Maria Hartz

Prüfungskommission
Dekanin und Vorsitzende: Prof. Dr. habil. Karina Pallagst
Erste Berichterstatterin: Prof. Dr. Annette Spellerberg
Zweiter Berichterstatter: Prof. Dr. habil. Jörn Birkmann

Tag der mündlichen Prüfung: 11. September 2024

Rheinland-Pfälzische Technische Universität Kaiserslautern-Landau (RPTU) 2024
D 386

Inhaltsverzeichnis

TEIL 1 Einleitung und Forschungsgegenstand

1. Anlass und Problemstellung ... 13

2. Bedeutung des Themas: nationale und internationale Diskurse ... 19

2.1 Diskurs I: Klimawandel und Klimaanpassung in der räumlichen Planung ... 19

2.2 Diskurs II: Hochwasservorsorge ... 22

2.3 Diskurs III: Die Corona-Pandemie und ihre raumwirksamen Folgen ... 26

2.4 Zwischenfazit: die Bedeutung von Vulnerabilität und Risikovorsorge in der räumlichen Planung ... 28

3. Forschungsfragen und Forschungskonzept der Arbeit ... 33

3.1 Zielsetzung und Forschungsfragen ... 33

3.2 Fokussierung der Arbeit ... 34

3.3 Forschungskonzept, Aufbau und Methoden der Arbeit ... 36

TEIL 2 Theoretische Zugänge zu Vulnerabilität

4. Vulnerabilität: eine theoretische Annäherung an Begriff und Konzept ... 41

4.1 Ein Paradigmenwechsel und eine Erfolgsgeschichte ... 41

4.2 Die Genese konzeptioneller Ansätze ... 42

4.2.1 Vulnerabilität im Kontext der Entwicklungsländer- und Armutsforschung ... 43

4.2.2 Vulnerabilität im Kontext der Naturgefahren- und Risikoforschung ... 47

4.2.3 Vulnerabilität im Kontext der Klimawandelforschung ... 52

4.2.4 Vulnerabilität im Kontext der sozialökologischen Forschung ... 55

4.2.5 Vulnerabilität im Kontext der Resilienzforschung ... 59

4.3 Rezeption des Vulnerabilitätskonzepts in Deutschland ... 66

4.4 Zwischenfazit: bereichernde Vielfalt und vielfältige Kritik ... 69

5. Schlüsselelemente von Vulnerabilität ... 74

5.1 Prinzipien von Vulnerabilität ... 74

5.2 Kernkomponenten ... 79

6. Methoden der Operationalisierung ... 84

6.1 Die Herausforderungen der Operationalisierung ... 84

6.2 Indikatoren und Mapping ... 87

6.3 Indexbildung ... 89

6.4 Hybride methodische Ansätze ... 92

6.5 Zwischenfazit: Grundzüge der Operationalisierung und Methodenmix in der Anwendung ... 95

TEIL 3 Konzeptionelle Adaption und Integration in die räumliche Planung

7. Konzeptionelle Adaption für die räumliche Planung 99

7.1 Definitionen und Begriffsklärung 99

7.2 Vulnerabilitätskonzept für die räumliche Planung und Verfahrenseinbettung 104

7.2.1 Adaption des Vulnerabilitätskonzepts für die räumliche Planung 104

7.2.2 Verfahrenseinbettung und mehrstufige Vorgehensweise 106

7.2.3 Zeitspezifizität von Vulnerabilität und parallele Modellierung 109

7.2.4 Die empirische Basis: Vulnerabilitätsanalysen 111

8. Anschlussfähigkeit an das System der räumlichen Planung 113

8.1 Das Mehrebenensystem der räumlichen Planung 113

8.1.1 Vorsorgeprinzip und planerische Abwägung 115

8.1.2 Instrumente auf Ebene der Stadtplanung 118

8.2 Kommunikation und Partizipation in der Planung 124

8.3 Zwischenfazit: Mehrwert von Vulnerabilität für eine „risikoinformierte“ Stadtplanung 131

9. Anschlussfähigkeit an zentrale Leitvorstellungen der Raum- und Stadtplanung 133

9.1 Nachhaltige Raum- und Stadtentwicklung 134

9.2 Resiliente Raum- und Stadtentwicklung 138

9.3 Räumliche Risikovorsorge 141

9.4 (Umwelt-)Gerechte und gesundheitsfördernde Raum- und Stadtentwicklung 149

9.4.1 Umweltgerechtigkeit und Stadtentwicklung 149

9.4.2 Gesundheitsfördernde Stadtentwicklung 153

9.5 Zwischenfazit: Beitrag von Vulnerabilität zu zentralen Leitvorstellungen einer zukunftsorientierten Stadtplanung 158

TEIL 4 Operationalisierung und Erprobung des Analysekonzepts von Vulnerabilität

10. Operationalisierung von sozialer Vulnerabilität für die räumliche Planung 161

10.1 Schutzgut Mensch und menschliche Gesundheit 161

10.1.1 Schutzgut Mensch und menschliche Gesundheit: eine Annäherung 161

10.1.2 Indikatoren zur Beschreibung vulnerabler Bevölkerungsgruppen 166

10.1.3 Trends in der Bevölkerungsentwicklung 170

10.2 Raumplanungsrelevante Gefahren und Stressoren für die menschliche Gesundheit 172

10.3 Fokus 1: Thermische Belastung und Hitzestress ... 176
10.3.1 Der Hitzesommer 2003 und die Folgen ... 176
10.3.2 Zunehmende Temperaturen und Hitzewellen im Zuge des Klimawandels ... 178
10.3.3 Modellierung der thermischen Belastung ... 183
10.3.4 Auswirkungen von erhöhten Temperaturen und Hitzestress auf die menschliche Gesundheit ... 189
10.3.5 Gegenüber Hitzestress besonders vulnerable Gruppen ... 194
10.4 Fokus 2: Hochwasser- und Starkregengefahren ... 197
10.4.1 Die Flutkatastrophe im Ahrtal und ihre Folgen ... 197
10.4.2 Auswirkungen von Klimawandel und Urbanisierung ... 198
10.4.3 Modellierung von Hochwasser- und Starkregengefährdung ... 200
10.4.4 Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit ... 203
10.4.5 Gegenüber Überflutungen vulnerable Gruppen ... 206

11. Empirische Erprobung am Beispiel von Saarbrücken ... 208
11.1 Beschreibung des Untersuchungsraums ... 209
11.1.1 Die Landeshauptstadt Saarbrücken ... 209
11.1.2 Demographische und sozioökonomische Faktoren im Überblick ... 210
11.1.3 Die Siedlungsstruktur Saarbrückens ... 214
11.1.4 Saarbrücken im Klimawandel ... 217
11.1.5 Planerische Einordnung und Zielsetzungen ... 218
11.2 Vorgehensweise und Datengrundlagen ... 221
11.3 Thermische Belastung und Vulnerabilität in Saarbrücken ... 222
11.3.1 Modellierung der thermischen Situation im Außenraum ... 223
11.3.2 Modellierung der thermischen Situation im Innenraum ... 225
11.3.3 Exposition der Siedlungsstrukturtypen Wohnen gegenüber Hitzestress ... 232
11.3.4 Modellierung der hitzebezogenen Vulnerabilität ... 236
11.3.5 Verknüpfung von Exposition und Vulnerabilität: städtische Risikoprofile für Hitzestress ... 244
11.4 Hochwasser-/Starkregengefährdung und Vulnerabilität in Saarbrücken ... 250
11.4.1 Modellierung der Überflutungsgefährdung ... 250
11.4.2 Modellierung von Vulnerabilität, Expositon und Risiko ... 252
11.5 Städtische Risikoprofile und Risiko-Hotspots ... 257

TEIL 5 Erkenntnisse, kritische Reflexion und Ausblick

12. Kritische Reflexion: Vulnerabilität als Schlüsselkonzept ... 261
12.1 Erkenntnisse aus der Forschungsarbeit ... 261
12.1.1 Vulnerabilität als Begriff und Konzept ... 262
12.1.2 Adaption für und Integration in die räumliche Planung ... 264
12.1.3 Operationalisierung von Vulnerabilität für die räumliche Planung ... 266
12.2 Offene Fragen und weiterer Forschungsbedarf ... 269

Literaturverzeichnis **272**

Abbildungsverzeichnis **317**

Tabellenverzeichnis **321**

Abkürzungsverzeichnis **322**

Anhang (Datengrundlagen) **325**

Curriculum Vitae **330**

Danksagung **334**

Eidesstattliche Erklärung **334**

Zusammenfassung

Die gesellschaftliche Auseinandersetzung mit Risiken und Katastrophen prägt seit jeher die Entwicklung von Städten und Regionen. Vor dem Hintergrund der Klimakrise, der Hochwasserkatastrophen der vergangenen Jahre, der SARS-CoV-2-Pandemie, des Ukrainekriegs und in dessen Folge der Energiekrise gewinnt der Umgang mit Risiken in der Raumentwicklung zunehmend an Bedeutung. Für die Raumplanung spielt dabei die Einbettung einer räumlichen Risikovorsorge in die Planungspraxis eine zentrale Rolle. Der Grundannahme folgend, dass sich das Risiko über eine „externe" Komponente – die Gefahr – und eine „interne" Komponente – die Vulnerabilität – konstituiert, greift hierbei eine Fokussierung auf Gefahren und Stressoren sowie deren räumlichen Auswirkungen zu kurz. Vielmehr zeigt sich, dass die Vulnerabilitäten von Menschen, Bevölkerungsgruppen oder sozialen Systemen, deren aktuelle Ausprägungen wie zukünftige Entwicklungen maßgeblich die Art und Intensität raumrelevanter Risiken bestimmen. Hier setzt die vorliegende Forschungsarbeit mit der Ausgangshypothese an, dass sich das Vulnerabilitätskonzept gewinnbringend für die räumliche Planung, insbesondere im Zusammenhang mit der räumlichen Risikovorsorge, operationalisieren lässt. Dazu ist jedoch eine konzeptionelle Adaption an die Erfordernisse der räumlichen Planung notwendig.

Bei der vorliegenden Arbeit steht das Schutzgut „Mensch und menschliche Gesundheit" im Fokus, welches nicht nur im Zusammenhang mit der räumlichen Risikovorsorge besondere Relevanz entfaltet, sondern zugleich vielfältige Bezüge zu weiteren aktuellen Diskursen in der Raumplanung aufweist, wie beispielsweise zu den Themen Resilienz, Umweltgerechtigkeit und gesunde Stadt. Als räumliche Ebene wird die Stadt gewählt; hier kumulieren Risiken („sites of disaster") und somit auch Vulnerabilitäten. In Bezug auf die Gefahrenarten liegt der Schwerpunkt auf Hitzestress und Überflutungen.

In Teil 1 der Arbeit werden aktuelle Diskurse zu Klimawandelfolgen, zur Hochwasservorsorge und zu raumrelevanten Auswirkungen der SARS-CoV-2-Pandemie aufgegriffen; es wird die Relevanz von Vulnerabilität in diesen Kontexten aufgezeigt und schließlich der Stand der räumlichen Risikovorsorge in der Planungspraxis beleuchtet. Teil 2 widmet sich unterschiedlichen konzeptionellen Zugängen zu Vulnerabilität in verschiedenen Forschungsgebieten sowie deren Genese, Differenzen und Gemeinsamkeiten. Es geht darum, deren Verwertbarkeit für die räumliche Planung zu prüfen. Jahrzehnte an Forschung haben hier nicht zu einem Konsens, sondern vielmehr zu einer unübersehbaren Vielzahl an Begriffsdefinitionen und Konzeptualisierungen geführt. Zudem erweist sich die Operationalisierung von Vulnerabilität als komplexes Unterfangen. Die unterschiedlichen methodischen Ansätze besitzen jeweils Vor- und Nachteile. Da Analyse und Bewertung der Strukturierung planerischer Fragestellungen und der Vorbereitung politischer Entscheidungen dienen, liegt hier ein besonderes Augenmerk auf Methoden und Verfahren, um die räumliche Repräsentation von Vulnerabilitäten im Rahmen von Planverfahren abzubilden.

Aus Recherche, Auswertung und Systematisierung der verschiedenen Konzepte und Operationalisierungsansätze konnten grundlegende Prinzipien und Kernkomponenten von Vulnerabilität abgeleitet werden – als Basis für eine konzeptionelle Adaption im Rahmen der Raumplanung. Diese erfolgt in Teil 3 der Arbeit. Zunächst werden die zentralen Begriffe kurz eingeordnet, dabei stehen die räumliche Dimension und die Perspektive der Raumplanung im Vordergrund. Das so umrissene Grundverständnis legt die Bezüge zwischen Vulnerabilität, Gefahr, Exposition und Risiko sowie Anpassung und Resilienz offen. Das für die räumliche Planung entwickelte Vulnerabilitätskonzept liefert das konzeptionelle Grundgerüst und damit einen methodisch konsistenten Rahmen, um Vulnerabilität in die Logik der Raumplanung einzupassen und somit für die Planungspraxis nutzbar zu machen. Es stellt ein Kernergebnis der vorliegenden Arbeit dar.

Die Kopplung mit den Verfahren der räumlichen Planung erfolgt über einen prozessualen und mehrstufigen Ansatz: Die drei Stufen – Vulnerabilitätsscreening, Referenzverfahren und Vulnerabilitätsszenarien – knüpfen an etablierte Vorgehensweisen an und entsprechen den unterschiedlichen Bedarfen der räumlichen Planung, nicht zuletzt in Bezug auf Rechtssicherheit im Kontext der planerischen Vorsorge und Abwägung. Planungsprozesse erfordern zumeist ein enges Wechselspiel aus analytischen, normativen und partizipativen Elementen. Dem trägt ein adaptiver und mehrstufiger Verfahrensansatz Rechnung. Hierüber kann auch der Zeitspezifität von Vulnerabilitäten und Risiken entsprochen werden. Die Anschlussfähigkeit des Vulnerabilitätskonzepts an die Instrumente, Verfahren und Diskurse der Raum- und Stadtplanung wird ausgelotet, Schnittstellen und Mehrwert werden aufgezeigt.

Die analytisch-empirische Modellierung von (sozialer) Vulnerabilität erfolgt stets kontextspezifisch und damit maßgeschneidert für den spezifischen Anwendungsfall. In Teil 4 wird der analytische Ansatz des Vulnerabilitätskonzepts für zwei Gefahrenbereiche – (1) Hitzestress im Außen- und im Innenraum sowie (2) Hochwasser- und Starkregengefährdung – im Rahmen eines Fallstudiendesigns demonstriert. Dazu bedarf es zunächst einer Konstruktion der relevanten Wirkungszusammenhänge zur Ableitung von Indikatorensets, die als Grundlage für die Analyse und Darstellung der räumlichen Repräsentation von Vulnerabilitäten dienen. Die Wirkungszusammenhänge und Indikatorensets stellen den Ausgangspunkt für die empirischen Arbeiten dar: Darauf aufbauend wird am Beispiel der Stadt Saarbrücken ein Vulnerabilitätsprofil für die Wohnbevölkerung GIS-gestützt für die Ebene der Siedlungsstrukturtypen ausgearbeitet. Für die Gefahrenbereiche zeigt sich für die thermische Belastung eine hohe Varianz beim Vergleich von Innen- und Außenraumbelastung; bei der gemeinsamen Betrachtung der Hochwasser- und Starkregengefährdung erweitern sich die Expositionslagen in erheblichem Umfang. In der Verknüpfung von Gefährdung und Vulnerabilität werden raumrelevante Risikosituationen kleinräumig dargestellt, über aggregierte Risikokarten lassen sich Risiko-Hotspots und multiple Risikolagen identifizieren.

Durch eine systematische Einbindung der Ergebnisse von Vulnerabilitätsanalysen in Planungs- und Beteiligungsprozesse wird es möglich, evidenzbasierte und zielgerichtete Strategien zu entwickeln, die sowohl die Bedarfe spezifischer vulnerabler Bevölkerungsgruppen berücksichtigen als auch grundsätzlich die Resilienz und Nachhaltigkeit städtischer Systeme stärken. Städtische Vulnerabilitätsprofile können dabei helfen, mit den Interventionsmöglichkeiten der räumlichen Planung sowohl bestehende (Multi-)Risiken als auch – unabhängig von aktuellen Gefährdungslagen – bestehende Vulnerabilitäten zu reduzieren.

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zeigen, dass gesamtstädtische, auf Kernindikatoren bezogene Vulnerabilitätsprofile und gefahrenbezogene Risikoprofile relevante Grundlagen für eine risikoinformierte Stadtplanung liefern. Die Ergebnisse sind anschlussfähig an die Instrumente der Stadtplanung und Stadtentwicklung wie auch an den (planungs-)politischen Diskurs zu einer effektiven räumlichen Risikovorsorge auf gesamtstädtischer Ebene.

Weitere Forschung sollte darauf abzielen, neben theoretisch-konzeptionellen Fragestellungen gezielt die praktische Umsetzbarkeit des Vulnerabilitätskonzepts zu vertiefen und Methoden zur Erfassung und Analyse von (zukünftigen) Vulnerabilitäten zu optimieren – unter anderem durch die Nutzung künstlicher Intelligenz zur Datenverarbeitung. Die Ergebnisse können maßgeblich zu einer verbesserten Risikovorsorge und -bewältigung in urbanen Räumen beitragen.

Abstract

The societal discourse surrounding risks and disasters has always shaped the development of cities and regions. In the context of the climate crisis, recent flood disasters, the SARS-CoV-2 pandemic, the war in Ukraine, and the resulting energy crisis, dealing with risks in spatial development is becoming increasingly important. For spatial planning, embedding strategies for spatial risk prevention plays a central role. Following the basic assumption that risk comprises an ***external*** component—the hazard—and an ***internal*** component—the vulnerability—focusing solely on hazards, stressors, and their spatial impacts misses the mark. Instead, it becomes evident that the vulnerabilities of people, population groups, or social systems, in both their current states and future development, significantly determine the type and intensity of spatially relevant risks. This is where the present research begins with the initial hypothesis that the vulnerability concept can be effectively operationalised for spatial planning, especially in connection with spatial risk prevention. However, this requires a conceptual adaptation to meet the specific requirements of spatial planning.

The thesis focusses on the protected factor ***humans and human health***. This is particularly relevant in the context of spatial risk prevention, and also relates to other current discourses in spatial planning, such as resilience, environmental justice, and healthy cities. The spatial level chosen is the city; this is where risks—***sites of disaster***—and vulnerabilities accumulate. Regarding hazard types, the focus is on heat stress and flooding.

Part 1 of the thesis addresses current discourses on climate change impacts, flood prevention and spatially relevant effects of the SARS-CoV-2 pandemic; the relevance of vulnerability in these contexts is highlighted, and finally, the status of spatial risk prevention in planning practice is examined. Part 2 explores various conceptual approaches to vulnerability in different fields of research, analysing their genesis, differences, and similarities to assess their applicability to spatial planning. Decades of research have not led to a consensus here, but rather to a vast variety of definitions and conceptualisations. Furthermore, operationalising of vulnerability proves to be a complex task. The different methodological approaches each have advantages and disadvantages. As analysis and assessment are used to structure planning issues and prepare political decisions, special attention is paid to methods and procedures for mapping the spatial representation of vulnerabilities in the context of planning procedures.

From the research, evaluation, and systematisation of the various concepts and operationalisation approaches, fundamental principles and core components of vulnerability were derived, serving as a basis for conceptual adaptation within the framework of spatial planning. This is done in Part 3 of the thesis. Firstly, the key terms are briefly categorised, with the spatial dimension and the perspective of spatial planning taking centre stage. The basic understanding outlined reveals the relationships between vulnerability, hazard, exposure, and risk, as well as adaptation and resilience. The vulnerability concept developed for spatial planning provides the basic conceptual structure and, thus, a methodologically consistent framework for integrating vulnerability into the logic of spatial planning, making it usable for planning practice. It represents a core result of the present work.

Coupling with spatial planning procedures is achieved via a procedural and multi-stage approach. The three stages—vulnerability screening, reference approach, and vulnerability scenarios—are based on established procedures and correspond to the different requirements of spatial planning, particularly concerning legal certainty in the context of the planning precautionary principle and the weighing up of interests. Planning processes typically require a close interplay of analytical, normative, and participatory elements. An adaptive and multi-stage procedural approach accounts for this, also accommodating the time specificity of vulnerabilities and risks. The connectivity of the vulnerability concept to the instruments, procedures, and discourses of spatial and urban planning is explored, and interfaces and added value are identified.

The analytical-empirical modelling of (social) vulnerability is always context-specific and thus tailored to the specific application. In Part 4, the analytical approach of the vulnerability concept is demonstrated in a case study design for two types of hazard: (1) outdoor and indoor heat stress, and (2) river flooding and heavy rain hazards. This first requires constructing the relevant cause-effect relationships to derive indicator sets that form the basis for analysing and mapping the spatial representation of vulnerabilities. The cause-effect relationships and indicator sets represent the starting point for the empirical work. Building on this, using the city of Saarbrücken as an example, a GIS-based vulnerability profile for the resident population is developed at the settlement structure types level. Regarding the different types of hazard, there is a high variance in thermal stress when comparing indoor and outdoor exposure. When river flooding and heavy rainfall hazards are considered together, the exposure situations expand considerably. By linking hazard and vulnerability, spatially relevant risks are visualised on a local scale, allowing risk hotspots and multiple risk situations to be identified.

By systematically integrating the results of vulnerability analyses into planning and participation processes, evidence-based and targeted strategies can be developed that both address the needs of specific vulnerable population groups and fundamentally strengthen the resilience and sustainability of urban systems. Thus, urban vulnerability profiles can help reduce existing (multi-)risks and, regardless of current exposure, existing vulnerabilities through spatial planning interventions.

The thesis results show that city-wide vulnerability profiles based on core indicators and hazard-related risk profiles provide a relevant basis for risk-informed urban planning. The results can be linked to the instruments of urban planning and urban development and to the (planning) policy discourse on effective spatial risk prevention at a city-wide level.

Further research should aim not only to address theoretical and conceptual questions, but also to deepen the practical feasibility of the vulnerability concept and to optimise methods for mapping and analysing (future) vulnerabilities, including the use of artificial intelligence for data processing. The results can significantly contribute to improved risk prevention and management in urban areas.

TEIL 1:

Einleitung und Forschungs-gegenstand

In Teil 1 wird das Thema der Arbeit über einen kurzen Rückblick auf die gesellschaftliche Auseinandersetzung mit Risiken und Katastrophen eingeleitet. Aktuelle Bezüge verdeutlichen die Rolle der räumlichen Risikovorsorge wie auch die Defizite im planungspraktischen Umgang damit. Vulnerabilität wird als Schlüsselbegriff eingeordnet. Darauf aufbauend werden Forschungsfragen formuliert und das Forschungskonzept erläutert.

1. Anlass und Problemstellung

Die Diskussionen um die Auswirkungen des Klimawandels, die Hochwasserkatastrophen der vergangenen zwei Dekaden, die SARS-CoV-2-Pandemie wie auch der Ukrainekrieg und in dessen Folge die Energiekrise machen die wachsende Bedeutung einer angemessenen Auseinandersetzung mit raumrelevanten Risiken in Wissenschaft und Planungspraxis bewusst. Der Begriff des Risikos ist Gegenstand unterschiedlicher wissenschaftlicher Disziplinen und intensiver Diskussionen: Insofern „muss immer wieder neu geklärt werden, worüber genau gesprochen wird" (Jakubowski/Pütz 2019: 7). In dieser Arbeit wird der grundsätzlichen Auffassung gefolgt, dass sich das Risiko über eine „externe" Komponente – die Gefahr – und eine „interne" Komponente – die Vulnerabilität oder Verwundbarkeit – konstituiert. Letztere steht im Mittelpunkt der Betrachtung und wird als ein zentraler Ansatzpunkt für die räumliche Planung betrachtet (Birkmann/Fleischhauer 2013: 44).

„Naturkatastrophen" als natürliche Phänomene?

Eine intensivere Auseinandersetzung mit Gefahren und Risiken fand seit Mitte des 20. Jahrhunderts im Kontext der globalen Katastrophen- und Risikoforschung statt (Pohl 2008). Der Fokus lag zunächst auf einer Analyse und Prognose der Eintrittswahrscheinlichkeit, Intensität und Dauer von Naturereignissen (ebd.). Die Beobachtung, dass die Verluste an Menschenleben im Katastrophenfall gerade in „unterentwickelten" Ländern zunahmen, schürte die Vorbehalte gegen die Einschätzung, dass es sich dabei tatsächlich lediglich um „Naturkatastrophen" handelte (O'Keefe et al. 1976: 566). Vielmehr setzte sich bereits früh die Erkenntnis durch, dass Katastrophen im Zusammenspiel zwischen (physischen) Extremereignissen und einer vulnerablen Bevölkerung entstehen und gerade diese sozio-ökonomisch bedingte Vulnerabilität die eigentliche Katastrophe darstellt (ebd.). Auch im deutschsprachigen Raum wurde der Begriff der Naturkatastrophe kritisch reflektiert, da er impliziert, die „Verantwortung an eine Natur zu delegieren, die nicht zur Rechenschaft gezogen werden kann" (Felgentreff et al. 2012: 11). Die Vulnerabilitätsperspektive trägt dazu bei, dass „Naturkatastrophen heute nicht mehr als rein physisches Ereignis, sondern als vielschichtiges Mensch-Umwelt-Interaktionsproblem wahrgenommen werden" (Birkmann 2008: 8).

Naturkatastrophen nicht mehr als rein natürliche Phänomene zu sehen, veränderte den Umgang damit: „For it becomes evident that the way we think about natural disasters will influence where we look for solutions, and the shape and character of the means we use to attain those solutions" (Weichselgartner 2001: 85; vgl. Wisner et al. 2003). Katastrophen als Zusammenwirken von Gefahr, Exposition und Vulnerabilität anzuerkennen, bedeutet gleichzeitig, dass sich Möglichkeiten eröffnen, das soziale Gefüge von Gesellschaften so auszugestalten, dass Ereignisse nicht zu Katastrophen werden (Bara 2012: 227). In diesem Zusammenhang sind zwei Konzepte besonders hervorzuheben: „Two concepts are strongly associated with this paradigm shift in disaster studies: ***resilience*** and ***social vulnerability.*** The emergence of the two concepts in the 1970s marks a shift away from the hazard paradigm—a focus on the physical threats with a scientific and technical approach to gaining probabilistic information about them—to a focus on the people" (ebd.; vgl. zudem Gaillard 2010: 219 ff.).

Risikogesellschaft: die gesellschaftliche Produktion von Risiken

BECK eröffnete Mitte der 1980er-Jahre einen neuen Diskursstrang zum Thema Risiko und prägte den Begriff der „Risikogesellschaft": „In der fortgeschrittenen Moderne geht die gesellschaftliche Produktion von ***Reichtum*** systematisch einher mit der gesellschaftlichen Produktion von ***Risiken***" (Beck 1986: 25). BECK knüpfte damit nicht an das Begriffsverständnis bisheriger Risikokonzepte,

beispielsweise der Risiko- und Klimawandelforschung an, sondern definierte Risiko als Begleiterscheinung moderner Gesellschaften. Nach BECHMANN setzte Beck damit einen Meilenstein in der Diskussion um die Folgen der technischen Entwicklungen in den Industriegesellschaften und „deren Gefährlichkeit" (Bechmann 1997a: VII). Letztlich wird im Zuge des Ausbaus der Kernenergie und dem damit verbundenen Katastrophenpotenzial „zum ersten Mal die Akzeptanz einer modernen Technologie in ernstzunehmendem Ausmaß aufgekündigt" und ein neuer Impuls für die Sicherheits- und Risikoforschung gesetzt (ebd.: VIII). Die Kernenergie entwickelte sich so „zu einem Symbol in der Auseinandersetzung um Wissenschaft, Technik, Partizipation, Wertorientierung und politisch-soziale[m] Weltbild" (Renn 1981: 6).

Spätestens mit der Entwicklung hochkomplexer Technologien wie der Kernkraft wurde deutlich, dass sich Sicherheit auch in Industriegesellschaften nicht ohne Weiteres herstellen lässt. Ziel war es nun, ein „quantitative[s] Risikomaß der Schadenserwartung" zu finden (Banse/Bechmann 1998: 26). Risiken sollten so einer objektiven Kosten-Nutzen-Abwägung zugänglich werden. Die damit verbundene zentrale Frage lautet: Welche (Rest-)Risiken werden gesellschaftlich akzeptiert beziehungsweise toleriert? Oder: „Wie sicher ist sicher genug?" (Starr 1997: 19). Seit den 1960er-Jahren wurde vielfach der Versuch unternommen, diese Kosten-Nutzen-Relation (statistisch) zu erfassen und darüber ein konsensfähiges Risikomaß beziehungsweise Grenzwerte zu definieren. Aufgrund der Komplexität des Vorhabens und des damit verbundenen „nicht quantifizierbaren Unsicherheitsspielraum[s]" verdichtete sich die Einsicht, dass „ein Risiko objektiv nicht erfaßbar" sei (Renn 1981: 76). Die Geschichte der Bemühungen um eine allgemein akzeptierte „Risikoformel" wird deshalb auch „als eine Geschichte des Scheiterns" beschrieben (Bechmann 1997b: 257).

Die Unterscheidung von Risiko und Gefahr

Eine viel beachtete Differenzierung von Gefahr und Risiko erfolgte durch LUHMANN aus Perspektive der soziologischen Systemtheorie: Er grenzte Risiko von Gefahr dadurch ab, dass – im Gegensatz zu Naturereignissen – der in einer Risikosituation entstandene Schaden einer zuvor getroffenen Entscheidung zugerechnet werden muss: „Das Risiko ist mithin, anders als die Gefahr, ein Aspekt von Entscheidungen, eine einzukalkulierende Folge der eigenen Entscheidung. Würde man anders entscheiden, würde man das Risiko vermeiden - vielleicht auf Kosten eines anderen Risikos" (Luhmann 1997: 327). Somit sind Risiken gesellschaftlich beziehungsweise individuell zu verantworten. Dies verweist im Falle von Risiken einerseits auf Entscheidungsspielräume in der Gegenwart und andererseits darauf, dass diese Entscheidungen (oder auch Nicht-Entscheidungen) die Zukunft einer Gesellschaft bestimmen, ohne dass die Folgen hinreichend bekannt sind oder sein können. Es geht demnach um Entscheidungen, „mit denen man Zeit bindet, ***obwohl man die Zukunft nicht hinreichend kennen kann; und zwar nicht einmal die Zukunft, die man durch die eigenen Entscheidungen erzeugt***" (Luhmann 2003: 21). Hinzu kommen Zweifel an der „Machbarkeit der Verhältnisse" und dass „man durch mehr Forschung und Wissen von Risiko zu Sicherheit übergehen könne"; vielmehr führten zunehmendes Wissen und Komplexität schlussendlich zu mehr „Zukunftsungewißheit" und daher zu mehr Risiken (ebd.: 37).

Diese Unterscheidung bedeutet, Risiken dem Handeln von Menschen zuzuschreiben. Daraus ließe sich schlussfolgern, Risiken in den Bereich der subjektiven Eigenverantwortung zu verweisen. In komplexen und hochtechnisierten Gesellschaften lässt sich so nur bedingt argumentieren, zumal für Risiken, die in der räumlichen Planung betrachtet werden. Vielmehr lässt sich ein Auseinanderfallen von Entscheidenden und Betroffenen konstatieren: Die Entscheidung für oder gegen eine riskante Technologie stellt sich aus der Entscheidungsperspektive als ein Risiko und „***aus der Betroffenenperspektive als eine Gefahr***" dar (Bechmann 1997b: 255). Welche Konsequenzen dieses Auseinanderfallen der Perspektiven in Gesellschaften zeitigt, verdeutlichen die bis heute anhaltenden oder neu auflebenden Proteste von Bevölkerungsgruppen gegen aus ihrer Perspektive nicht tolerierbare Entscheidungen in Technologie- oder Standortfragen.

In hochvernetzten Gesellschaften kommen zudem sogenannte „systemische Risiken“ zum Tragen, deren potenzielle Folgen aufgrund von Komplexität, Ungewissheit und Ambiguität nur schwer abschätzbar sind (Renn et al. 2011: 234). Wechselwirkungen und Kaskadeneffekte erzeugen unübersichtliche Schadenssituationen, deren Reichweite durch Domino- und Sekundäreffekte oftmals weit über das primär betroffene Areal hinausgehen. Grundsätzlich nimmt aufgrund globaler Vernetzung, Arbeitsteilung und Abhängigkeiten „die Risikoträchtigkeit auf allen Gebieten zu“ (Pohl/Rother 2011: 3), was gerade in der aktuellen Energie- und Versorgungskrise offen zutage tritt: „Ulrich Beck (1992) may well be prescient in his prediction that the hallmark of the future will be the ‚risk society‘, in which social processes centre on the allocation and avoidance of risk rather than on the distribution of wealth“ (Kasperson et al. 2001a: 5).

Mit dem Phänomen der Risikogesellschaft und den sich verschärfenden Umweltkonflikten entstehen „ganz neue Formen gesellschaftlicher Verwundbarkeit“, die mit tradierten Bewältigungsstrategien oftmals nicht mehr aufgefangen werden können: „Leben mit Risiko heißt also in allererster Linie, aktiv mit gesellschaftlichem Wandel und sozioökologischen Transformationen umgehen zu lernen, um auf die Unsicherheiten, Störungen und Überraschungen in den Risikowelten von morgen eingestellt zu sein“ (Bohle 2008: 435). Dieser aktive Umgang schlägt den Bogen zu einem auch in der räumlichen Planung intensiv diskutierten „Konzept von ***Resilience*** als ein neues Paradigma für das Leben in den Risikowelten von morgen“ (ebd.).

Risikowahrnehmung und -bewertung

Risiken werden individuell und gesellschaftlich sehr unterschiedlich konnotiert. Allein der Begriff der Risiko-„Wahrnehmung“ sei missverständlich: „Es gibt kein reales Objekt ‚Risiko‘, das mit den Sinnesorganen wahrzunehmen wäre. […] ‚Risiko‘ ist ein Merkmal, das Objekten, Aktivitäten und Situationen aufgrund von Wahrnehmungs-, Lern- und Denkprozessen zugeschrieben wird“ (Jungermann/Slovic 1997: 171). Insofern basiert die Risikowahrnehmung auf Zuschreibungen, die sich aus verschiedenen Quellen speisen: „Wissenschaftliche Risikoforschung, Massenmedien und sog. Laien zeichnen höchst unterschiedliche Bilder der ‚Risikowirklichkeit‘“ (Schütz/Peters 2002: 40). Allerdings seien auch wissenschaftliche Diskussionen durch Unsicherheit und Kontroversen geprägt; eine einheitliche wissenschaftliche Bewertung von Risiken sei kaum mehr zu finden (ebd.).

Wichtige Aspekte bei der individuellen Bewertung von Risiken sind unter anderem die Vertrautheit und Kontrollierbarkeit der Risikosituation, die Freiwilligkeit der Übernahme von Risiken, der Erfahrungshintergrund von Ereignissen aus der Vergangenheit oder erwartete hohe Schäden im Ereignisfall (vgl. Kap. 8.2). Gesellschaftliche Kontroversen zu tolerierbaren Risiken sind so programmiert; in der Risikobewertung dominiert „die Kontingenzerfahrung“ (Bechmann 1997b: 245).

Die Analyse und Bewertung von Risiken bleiben – trotz aller (wahrnehmungs-)theoretischen und methodischen Herausforderungen – jedoch unerlässlich, um Gefahren für Leib und Leben sowie materielle und immaterielle Schäden so weit als möglich abzuwenden oder zu minimieren. Auf dieser Basis können zudem die Treiber und Determinanten von Risiken wie auch die Handlungsoptionen besser identifiziert werden. Lässt sich die Risiko***analyse*** bei entsprechender Datengrundlage zumindest nachvollziehbar objektivieren, stellt die Risiko***bewertung*** stets eine (inter-)subjektive Einschätzung dar, die eng mit der Risikowahrnehmung von Individuen oder Gesellschaften gekoppelt ist. Insofern gilt es, beide Ebenen auch in der Kommunikation voneinander zu trennen – einerseits, um transparente Grundlagen zur Einschätzung von Risiken zu schaffen, andererseits, um Bewertung und Akzeptanz von Risiken dem gesellschaftlichen (politischen) Diskurs zu überlassen (Greiving 2019a: 64).

Der Umgang mit Risiken ist zum einen eine individuelle Angelegenheit, da sich Menschen mit den Risiken ihrer eigenen Lebenswelten auseinandersetzen müssen. Zum anderen gehört es zu den

staatlichen Aufgaben, die Bevölkerung vor Gefahren zu schützen und im Katastrophenfall Hilfe bereitzustellen. In vielen Fachpolitiken, wie beispielsweise der Wasserwirtschaft, hat darüber hinaus ein integriertes Risikomanagement Einzug gehalten. Für die räumliche Planung merkt POHL an: „Die Raumordnung in ihrer konkreten Ausprägung als Regionalplanung tendiert ebenso wie die Bauleitplanung in der Praxis dazu, das Management von Risiken als ein Aufgabenfeld jenseits ihres Zuständigkeitsbereichs zu verstehen“ (Pohl 2011: 13). Gleichzeitig liegt es laut POHL auf der Hand, dass, sofern der Umgang mit Risiken an politisch-normative Entscheidungen und an raumrelevante Fragen der Distribution von Schäden und Nutzen gekoppelt ist, gerade die Raumplanung als integrative Planung ein großes Potenzial mitbringt, um einen Beitrag zur räumlichen Risikovorsorge zu leisten (ebd.: 15). Damit steht auch die Raumplanung in der Pflicht, sich mit raumrelevanten Risiken zu befassen. Entscheidend ist, dass sich die Risikoanalyse im Kontext der räumlichen Risikovorsorge sowohl mit der Gefahrenseite als auch mit der Schutzgutperspektive und damit verbunden der Vulnerabilität von Schutzgütern befasst (BBSR 2020: 29; vgl. Kap. 9.3).

Veränderte politische und rechtliche Rahmenbedingungen

Auf internationaler Ebene kommt der raumbezogenen Risikovorsorge bereits seit Längerem eine zentrale Rolle zu. Mit dem Sendai Rahmenwerk für Katastrophenvorsorge 2015-2030 (UNDRR 2015) verpflichten sich die UN-Mitgliedstaaten dazu, Katastrophenrisiken zu reduzieren. Auch die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen (UN 2015a) nimmt Bezug auf eine Verringerung von Risiken und Auswirkungen von Katastrophen als wichtige Ziele einer nachhaltigen Entwicklung. Die Neue Urbane Agenda der Vereinten Nationen (UN 2016) thematisiert im Rahmen einer nachhaltigen und resilienten Stadtentwicklung unter anderem die Anfälligkeit und Resilienz von Städten gegenüber natürlichen und vom Menschen verursachten Gefahren. Das United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR) betont in seinem Bericht zur Verringerung von Katastrophenrisiken: „The era of hazard-by-hazard risk reduction is over; present and future approaches to managing risk require an understanding of the systemic nature of risk“ (UNDRR 2019: iv). Auf internationaler Ebene wird damit eine integrierte und systemische Bewertung von Risiken eingefordert, die weit über eine rein (natur-)gefahrenbezogene Risikobetrachtung hinausgeht (BBSR 2020: 14).

Auf europäischer Ebene setzen EU-weit gültige Richtlinien wichtige Impulse für ein raumbezogenes Risikomanagement. Hier sind in erster Linie die Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie (HWRM-RL, EU-Richtlinie 2007/60/EG), die Richtlinie zum Schutz europäischer kritischer Infrastrukturen (EU-Richtlinie 2008/114/EG), die Seveso-III-Richtlinie (EU-Richtlinie 2012/18/EU) sowie die UVP-Änderungsrichtlinie (EU-Richtlinie 2014/52/EU) zu nennen. Den EU-Richtlinien, die eine Anpassung der nationalen Gesetzgebungen nach sich ziehen, ist gemeinsam, dass sie den Umgang mit Risiken explizit adressieren. So wurden mit der HWRM-RL die Weichen für eine integrierte Hochwasservorsorge gestellt, die auf das Management von Risiken statt nur den Schutz vor Gefahren setzt (BMVI 2017a: 15). In der Begründung zur UVP-Änderungsrichtlinie wird unter Punkt (7) angeführt, dass unter anderem der Klimawandel, Unfall- sowie Katastrophenrisiken „wichtige Bestandteile der Bewertung und Entscheidungsfindung“ zu geplanten Vorhaben sein sollen (EU-Richtlinie 2014/52/EU). Gemäß Artikel 3 (2) der UVP-Änderungsrichtlinie sind Auswirkungen zu prüfen, die aufgrund der „Anfälligkeit des Projekts für schwere Unfälle und/oder Katastrophen zu erwarten sind“ (ebd.). Damit gehört der Umgang mit Katastrophenrisiken, zu denen auch Technikgefahren zählen, zur gesetzlichen Pflichtaufgabe. Zudem wird der Blick auf die Anfälligkeit als zentrale Komponente von Vulnerabilität gelenkt.

Die Ministerkonferenz für Raumordnung (MKRO) hat in richtungsweisenden Entschließungen darauf hingewirkt, dass die räumliche Planung in Deutschland Anschluss an internationale und europäische Politiken findet. Dazu zählen in erster Linie Handlungsempfehlungen zum vorbeugenden Hochwasserschutz (MKRO 2000), das Handlungskonzept der Raumordnung zu Vermei-

dungs-, Minderungs- und Anpassungsstrategien in Hinblick auf die räumlichen Konsequenzen des Klimawandels (MKRO 2013), die Leitbilder und Handlungsstrategien für die Raumentwicklung in Deutschland (MKRO 2016) sowie die Lehren aus der Corona-Pandemie: Sicherstellung resilienter Raumstrukturen (MKRO 2021).

Im Raumordnungsgesetz (ROG) findet der Risikobegriff bislang keine Erwähnung. Das öffentliche Ordnungsrecht fokussiert in erster Linie auf die Gefahrenabwehr und bleibt damit reaktiv (Greiving 2002: 17). Der Zusammenhang zur Risikovorsorge lässt sich beim ROG jedoch über die allgemeine Vorsorgeorientierung der Raumordnung nach § 1 Absatz 1 ROG herstellen. Danach sind unterschiedliche Anforderungen an den Raum aufeinander abzustimmen und Raumnutzungskonflikte auszugleichen; zudem ist Vorsorge für einzelne Nutzungen und Funktionen zu treffen. Bezüge gibt es gleichfalls über den Grundsatz zum vorbeugenden Hochwasserschutz und zum Klimaschutz in § 2 Absatz 2 Nr. 6 ROG sowie über den Schutz kritischer Infrastrukturen gemäß § 2 Absatz 2 Nr. 3 ROG. Im Baugesetzbuch (BauGB) wird gemäß § 1 Absatz 5 BauGB zumindest die Förderung von Klimaschutz und die Klimaanpassung in der Bauleitplanung direkt eingefordert. Darüber hinaus verlangt Anlage 1 Nummer 2 b) ee) des BauGB für den Umweltbericht eine Betrachtung „der Risiken für die menschliche Gesundheit, das kulturelle Erbe oder die Umwelt (zum Beispiel durch Unfälle und Katastrophen).“

Grundsätzlich lässt sich aus unterschiedlichen Politikdokumenten und rechtlichen Grundlagen der Auftrag für eine integrierte Risikovorsorge in der Raumplanung ableiten. Gleichwohl kann sowohl auf internationaler als auch nationaler Ebene konstatiert werden, dass eine systematische Umsetzung in der Planungspraxis bislang nicht erfolgt ist (vgl. u. a. Pohl/Zehetmair 2011; Sapountzaki et al. 2011; Greiving et al. 2016; UNDRR 2019; BBSR 2020).

Paradigmenwechsel beim Umgang mit Risken in der räumlichen Planung

Mit dem Risikobegriff verbindet sich ein weites Feld unterschiedlicher Konzepte, vor allem aus der Risikoforschung, der Klimafolgenforschung und den Sozialwissenschaften. Die unterschiedlichen Risikodiskurse nehmen zwar teilweise kaum Bezug aufeinander, tragen jedoch in je eigener Art und Weise zu einem veränderten Grundverständnis von Risiko bei. Dennoch gilt: Bislang konnte sich weder eine „allgemein akzeptierte wissenschaftliche Definition des Risikobegriffs“ durchsetzen (Jakubowski/Pütz 2019: 7), noch konnten die konstitutiven Merkmale von Risiken zumindest für die raumplanerische Perspektive konsensfähig gefasst oder gar operationalisiert werden (BBSR 2020: 22 f.).

Dennoch ist den Risikokonzepten vom Grundsatz her gemeinsam, dass sich das Risiko nicht allein durch die Gefahrenseite definiert, sondern dass Schadenspotenziale beziehungsweise Empfindlichkeiten oder Vulnerabilitäten der betroffenen Schutzgüter eine zentrale Rolle spielen. Diese Sicht auf Katastrophen und Risiken hat sich seit Längerem durchgesetzt. Ein wesentlicher Grund hierfür ist die Erkenntnis, dass auf der einen Seite im Zuge des Klimawandels und des technologischen Fortschritts zwar mit sich verschärfenden oder neuen Gefahren zu rechnen ist, auf der anderen Seite jedoch vor allem zunehmende Siedlungs- und Bevölkerungsdichten sowie Nutzungsintensivierungen in exponierten Lagen zu erhöhten Schadenspotenzialen führen. Die Risiken werden deshalb maßgeblich auch durch die Vulnerabilität der Gesellschaft bestimmt.

Dieser Effekt lässt sich besonders gut in den deichgeschützten Lagen der Flussniederungen oder an den Küsten aufzeigen: Mit der (vermeintlichen) Sicherheit hinter den Deichen wächst der potenzielle Schaden beim Versagen von Schutzeinrichtungen, da in diesen Gebieten der Siedlungsausbau weiter vorangetrieben wird (vgl. Seifert 2012). Auch gesellschaftliche Transformationsprozesse wie der demographische Wandel können zu erhöhten raumrelevanten Risiken beitragen. So führt die Alterung der Gesellschaft im Zusammenhang mit einer zunehmenden thermischen

Belastung der Städte zu erhöhten Risiken in Quartieren mit einem steigenden Anteil hochaltriger Bevölkerung.

Ein Vergleich der Ergebnisse globaler Risikoindizes zeigt deutlich, dass eine starke oder sehr starke Korrelation für die Komponenten Vulnerabilität, mangelnde Bewältigungskapazität und mangelnde Anpassungsfähigkeit vorliegt, wohingegen die Ausprägungen der Exposition gegenüber (Natur-)Gefahren oder auch die Abschätzung des Risikos deutlich schwächer zwischen den betrachteten Risikoindizes korrelieren (Garschagen et al. 2021: 13). Die Ergebnisse werden für die vulnerabilitätsbezogenen Komponenten als deutlich konsistenter eingeschätzt als in den Bereichen Gefährdung und Exposition und somit als besonders politikrelevant (ebd.).

BIRKMANN forderte bereits 2008, dass die räumliche Planung „einen Perspektivenwechsel von der einseitigen Hazard-Ausrichtung hin zur Reduzierung der Vulnerabilität und der Stärkung der Resilienz“ vollziehen solle (Birkmann 2008: 19). Dieser Ansatz zielt auf eine integrative Betrachtung von Gefahren, Vulnerabilitäten, Risiken und resilienten Raumstrukturen ab – im Prinzip eine Kernkompetenz der Raumplanung. Für den Schutz kritischer Infrastrukturen sieht deshalb auch das Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) die Rolle der Raumplanung im Bereich des vorsorgenden Risikomanagements in einer sektorenübergreifenden Perspektive (BBK 2020: 10). Jedoch zeigen aktuelle Analysen: „Die Risikovorsorge bleibt in Deutschland bislang einer sektoralen Perspektive verhaftet und zielt auf die Abwehr einzelner Gefahren ab. Weder die Verwundbarkeit der Bevölkerung oder anderer Schutzgüter noch eine Multigefahren- oder Multirisikobetrachtung werden dabei systematisch einbezogen“ (BBSR 2020: 12).

Damit wird der Fokus der Raumplanung auf die gefährdeten Schutzgüter gelenkt. Die Anfälligkeit der Schutzgüter wird über verschiedene Konzepte wie Schadenspotenziale (BBK 2010), Betroffenheiten (BBSR 2020) oder die Vulnerabilität (Birkmann 2008; BMVBS 2011) gefasst. Insbesondere der Vulnerabilitätsbegriff hat sich etabliert, mit der Klimafolgenforschung Eingang in die Raumwissenschaften gefunden und in Zeiten der Pandemie eine breite mediale Rezeption erfahren.

Ziel der Arbeit

Vor diesem Hintergrund lautet die Ausgangshypothese der vorliegenden Arbeit: Das Vulnerabilitätskonzept lässt sich gewinnbringend für die räumliche Planung, insbesondere im Zusammenhang mit der räumlichen Risikovorsorge, operationalisieren. Dazu ist eine konzeptionelle Adaption an die Erfordernisse der räumlichen Planung notwendig.

Das Vulnerabilitätskonzept variiert in den verschiedenen wissenschaftlichen und planungspraktischen Kontexten, insofern lohnt sich ein detaillierter Blick auf Unterschiede und Gemeinsamkeiten dieser Konzepte. Das beutet, die disziplinären Zugänge und Konzeptionalisierungen von Vulnerabilität auf ihre planungspraktische Verwendbarkeit hin zu prüfen und ein in sich konsistentes Konzept für die räumliche Planung zu entwickeln. Hinzu kommt, dass sich die Operationalisierung von Vulnerabilität in der räumlichen Planung als aufwendig gestaltet, nicht nur aufgrund der Vielfalt an Relationen, die es einzubeziehen gilt, sondern auch aufgrund erheblicher methodischer Herausforderungen einer räumlichen Konkretisierung. Deshalb bedarf es einer systematischen Betrachtung der Beziehungen zwischen den unterschiedlichen konstitutiven Komponenten von Vulnerabilität und raumrelevanten Gefahren.

Es stellt sich somit die Frage, wie das Vulnerabilitätskonzept für die Planungspraxis anwendungsorientiert ausgestaltet werden kann. Ziel ist es aufzuzeigen, dass Vulnerabilitätsanalysen einen substanziellen Beitrag zu einer integrierten räumlichen Risikovorsorge und zu derzeit intensiv diskutierten Planungskonzepten wie der klimaangepassten Stadt, der resilienten Stadt, der gesunden Stadt und der gerechten Stadt liefern (können).

2. Bedeutung des Themas: nationale und internationale Diskurse

Nachfolgend werden internationale und nationale Diskurse aufgerufen, die die Relevanz des Vulnerabilitätskonzepts verdeutlichen und aufzeigen, warum die Betrachtung dieser Seite des Risikos für die räumliche Planung – zugespitzt formuliert – unverzichtbar ist.

2.1 Diskurs I: Klimawandel und Klimaanpassung in der räumlichen Planung

Der Klimawandel und seine Auswirkungen gehören seit Jahrzehnten zu den intensiv und kontrovers diskutierten Themen in Wissenschaft, Politik und Öffentlichkeit. Der Klimaschutz, der auf eine Verringerung von Treibhausgasemissionen abzielt, ist eine globale Aufgabe: Mit dem Kyoto-Protokoll aus dem Jahr 1997 bekannten sich die unterzeichnenden Staaten zu einer Reduktion klimaschädlicher Gase (UN 1998). Erst viele Jahre später gelang es mit dem Pariser Klimaabkommen von 2015, dass sich alle Staaten und damit die Weltgemeinschaft zu einem klimafreundlichen Umbau der Wirtschaft verpflichteten (UN 2015b).

Die Warnungen des Weltklimarats (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) fielen angesichts der zögerlichen Umsetzung der Klimaschutzstrategien bereits 2014 sehr deutlich aus: „Die Verzögerung weiterer globaler Maßnahmen zum Klimaschutz erschwert zunehmend die Einhaltung der Zwei-Grad-Obergrenze, reduziert die Handlungsmöglichkeiten und steigert die künftigen Klimaschutzkosten erheblich“ (IPCC 2014a: 1). Für Deutschland belegen die Daten des Deutschen Wetterdiensts (DWD) die Zunahme der Jahresmitteltemperatur seit 1881 um 1,7 °C, was deutlich über dem linearen globalen Trend der Temperaturerhöhung um 1,1 °C liegt (DWD 2023: 18, 25; vgl. Abb. 1). Vor allem die Jahrzehnte seit den 1960er-Jahren spiegeln diesen Trend wider: Seither ist jedes Jahrzehnt wärmer als das vorherige (ebd.: 20). Für die zukünftige Entwicklung ist auf Basis von Ensemble-Projektionen von einem breiten Korridor der Temperaturentwicklung auszugehen, in Abhängigkeit davon, welches RCP-Szenario zugrunde gelegt wird (ebd.: 26; vgl. Abb. 1). Zu den Parametern des Klimawandels finden sich weitere Ausführungen in Kapitel 10.

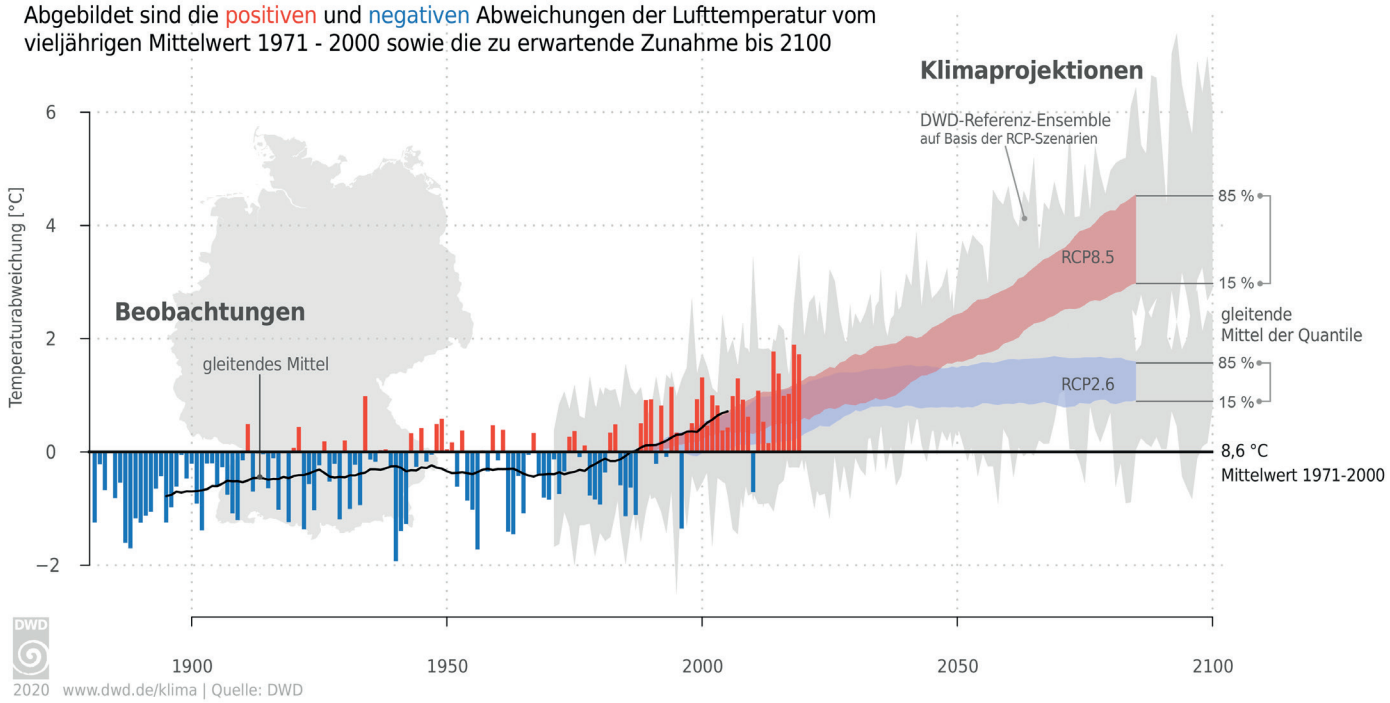
Die Klimawandelfolgen betreffen weltweit alle Regionen und Städte – wenn auch in sehr unterschiedlicher Ausprägung. Sie lösen damit von globaler bis lokaler Ebene Anpassungs- und Handlungsbedarfe aus. In Deutschland stellt sich die Anpassung an die nicht mehr vermeidbaren Folgen des Klimawandels – heute und in Zukunft – als Aufgabe dar, mit der sich nahezu alle Politikfelder und Planungsebenen befassen (müssen) (vgl. UBA 2015b, 2021a).

Die Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) (Die Bundesregierung 2008), der Aktionsplan Anpassung (APA) (BMU 2012) sowie der erste und zweite Fortschritts- und Monitoringbericht zur DAS (Die Bundesregierung 2015, 2020; UBA 2015a, 2019a) stellen Meilensteine der Auseinandersetzung mit den Folgen des Klimawandels auf Bundesebene dar. Auch auf Ebene der Landes- und Regionalplanung sowie der kommunalen Planung wurden zahlreiche Studien und (Forschungs-)Programme durchgeführt, um die Herausforderungen und mögliche raumplanerische Handlungsansätze zu beschreiben (vgl. u. a. LANUV 2023; LUBW 2023; BBSR 2023a, 2023b). Neben strategisch-planerischen wurden auch instrumentelle und methodische Ansätze für die räumliche Planung entwickelt (ebd. vgl. zudem BMVBS 2013a, b; Knieling et al. 2013; Knieling/Müller 2015; BMVBS/BBSR 2013; UBA 2016). Das Bundes-Klimaanpassungsgesetz (KAnG), das Mitte 2024 in Kraft treten wird, setzt zudem neue Rahmenbedingungen (BMUV 2024).

Bei einer Analyse von Klimawandelfolgen stehen sowohl schleichende Klimaveränderungen als auch die Betrachtung von Extremereignissen zunächst im Vordergrund (DWD 2023). Zu den schleichenden Veränderungen zählt die stete Zunahme der Durchschnittstemperatur, mit entsprechenden Sekundärfolgen wie der Zunahme von Vektorkrankheiten, beispielsweise Borreliose. Auch hinsichtlich der klimagetriebenen Extremereignisse wie Hitzewellen, Dürren oder Sturzfluten wird von einer Zunahme im Zuge des Klimawandels ausgegangen. Darüber spannt sich das Feld möglicher (mittelbarer) Auswirkungen auf, die regional und örtlich sehr unterschiedlich ausfallen können und deshalb einer differenzierten Analyse bedürfen. Gleichzeitig ist mit der Projektion zukünftiger Entwicklungen von Klimasignalen und Extremereignissen ein hoher Grad an Unsicherheit verbunden, das heißt, es ist nur schwer absehbar, in welchem Umfang und Ausmaß die Klimawandelfolgen eintreffen werden.

In Deutschland und Mitteleuropa zeigen die Extremereignisse der vergangenen zwei Jahrzehnte, insbesondere die Flutkatastrophen, aber auch die Hitzewellen in den extrem heißen Sommern 2003 und 2018, dass das Schadensausmaß sehr hoch ist und vielerorts die Risiken zunehmen (GDV 2024). Dieser Effekt hat damit zu tun, dass in Deutschland, wie in allen dicht besiedelten Industrienationen, die Auswirkungen von Extremereignissen auf eine besonders hohe Dichte an empfindlichen und hochvernetzten Raum- und Infrastrukturen treffen. Wie bereits ausgeführt, stellen Analyse und Projektion von Klimaveränderungen nur eine Seite des Risikos dar. Die andere Seite wird durch die Vulnerabilität der Bevölkerung, der Raum- und Infrastrukturen sowie der gesellschaftlichen Institutionen bestimmt (vgl. u. a. Birkmann 2008; Bohle 2008; BBSR 2020 sowie Ausführungen in Kap. 4).

Abbildung 1: Deutschland im Klimawandel
Quelle: DWD 2023: 26



Erläuterung: Beobachtete und projizierte Temperaturentwicklung für Deutschland 1881–2100. Klimaprojektionen auf Basis des DWD-Referenz-Ensemble v2018. Das RCP8.5-Szenario entspricht einer globalen Entwicklung ohne Klimaschutzmaßnahmen, während RCP2.6 von einer konsequenten Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen ausgeht.

Vulnerabilitätsanalysen im Kontext von Klimawandelfolgen

Die Studie zur Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel im Auftrag des Umweltbundesamts (UBA) konkretisiert die DAS dahingehend, dass sie einen analytischen Blick auf die spezifische Verwundbarkeit von Regionen und in verschiedenen Handlungsfeldern wirft (UBA 2015b). In der Studie wird dem Vulnerabilitätskonzept des IPCC aus dem Assessment Report 4 gefolgt (ebd.: 28; vgl. Kap. 4.2.3): Die Verwundbarkeit ergibt sich demnach im Grundsatz als Funktion von Exposition, Sensitivität und Anpassungskapazität. Gleichwohl wird darauf verwiesen, dass bislang „keine etablierten und standardisierten Verfahren für eine Vulnerabilitätsbewertung" vorliegen (UBA 2015c: 59). Die methodischen Herausforderungen und der weitere Forschungsbedarf werden explizit angesprochen, beispielsweise in Bezug auf eine Operationalisierung der Anpassungskapazität oder die Projektion sozioökonomischer Parameter (UBA 2015b: 43, 52 ff.). 2021 wurde die Studie aktualisiert und in diesem Zuge auch die Methodik weiterentwickelt (UBA 2017a, 2021a). Auf die methodischen Fragestellungen wird in Kapitel 6 näher eingegangen. Zunächst bleibt festzuhalten: „Neben den klimatischen Einflüssen sind Sensitivitätsfaktoren, wie etwa die Nutzungsintensität von Böden, der Versiegelungsgrad, die Artenzusammensetzung von Ökosystemen oder sozio-demographische Strukturen, in der Regel die wichtigste Komponente für die Ausprägung von Klimawirkungen" (UBA 2021a: 99).

Auf der regionalen Ebene entstanden erste Vulnerabilitätsanalysen im Rahmen des KlimaMORO-Forschungsfelds, beispielsweise in der Region Stuttgart oder auch in Westsachsen. Im Rahmen einer Querschnittsanalyse im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) wurde die Übertragbarkeit der Ergebnisse und Erkenntnisse aus den KlimaMORO-Prozessen geprüft und es wurden Schlussfolgerungen für die zukünftige Planungspraxis gezogen (BMVBS 2011). Fazit war, dass Vulnerabilitätsanalysen als unverzichtbare Grundlagen für die Regionalplanung eingeschätzt werden: „Nur wenn bekannt ist, welche Naturgüter oder räumlichen Nutzungen vom Klimawandel beeinträchtigt werden und wie stark diese Beeinträchtigung voraussichtlich ist, kann Regionalplanung darauf mit ihren Instrumenten reagieren" (ebd.: 5).

Auf städtischer Ebene beschäftigen sich zahlreiche Studien und Forschungsvorhaben mit dem Thema, so das 2022 abgeschlossene BMBF-Projekt ZURES „Zukunftsorientierte Vulnerabilitäts- und Risikoanalyse als Instrument zur Förderung der Resilienz von Städten und urbanen Infrastrukturen" (Birkmann et al. 2019, 2022, 2023). Das Projekt widmete sich explizit der gesellschaftlichen Verwundbarkeit gegenüber Klimawandelfolgen, wobei der Fokus auf „Hitzestress" lag. Konkret befasste sich die ZURES-Verbundpartnerschaft mit der Entwicklung neuer Methoden und Instrumente zur Vulnerabilitäts- und Risikoabschätzung in städtischen Räumen. Es wurde unter anderem der Frage nachgegangen, inwieweit sich Vulnerabilitätskonzepte aktuell bereits in der Stadtplanung niederschlagen. Dazu wurden systematische Literaturrecherchen, bundesweite Online-Befragungen von Städten sowie Fallstudienanalysen durchgeführt.

Die Online-Umfrage zu Vulnerabilität fand 2021 statt. Angeschrieben wurden alle deutschen Städte mit mindestens 50.000 Einwohnerinnen und Einwohnern (191 Städte) (Birkmann et al. 2022: 123 ff.): Die Antworten legten nahe, dass die Thematik als zu komplex empfunden wurde, nicht im jeweiligen Kompetenzbereich lag oder für die Beantwortung der Fragen unterschiedliche Verwaltungsstellen konsultiert werden mussten. Die Mehrzahl der Antworten deutete darauf hin, dass vulnerable Gruppen in Bezug auf Hitzestress (noch) keine explizite Berücksichtigung finden (vgl. Abb. 26). Vergleichbare Ergebnisse lieferte die Analyse von Konzepten aus den Bereichen Klimaanpassung, Freiraumplanung und Umweltgerechtigkeit aus Fallstudienstädten, die sich zumindest mit Aspekten von Vulnerabilität befasst hatten (ebd.: 134 ff.). Die Auswertung ergab, dass die thermische Belastung in Städten zwar thematisiert und die Exposition räumlich differenziert dargestellt wird. Vulnerabilitätsaspekte hingegen werden nur in Ansätzen betrachtet, dabei konzeptionell sehr unterschiedlich gefasst und operationalisiert. Die Befunde sind ernüchternd: „Das

Potenzial zur Nutzung von Vulnerabilität als Schlüsselaspekt für eine resiliente Stadtentwicklung ist bei Weitem noch nicht voll ausgeschöpft. Es fehlt bisher vielfach an einem praxistauglichen Transfer zur Nutzung der Informationen in den unterschiedlichen Bereichen der Gesamtplanung, der Fachplanungen, der Klimaanpassung, der Sozialplanung oder der Gesundheitsplanung“ (Birkmann et al. 2023: 63).

Die Vulnerabilitätsanalyse der Stadt Reutlingen zeigt, wie deutlich die Betrachtung unterschiedlicher Gefahren-, Expositions- und Sensitivitätsindikatoren die Einschätzung der Klimawandelfolgen modifiziert (Hartz et al. 2020b, 2020d). Das Ergebnis legt nahe, dass auch Baublöcke oder größere Quartiere in Stadtrandlagen im Innenraum thermisch hoch belastet sein können und sich hierdurch die Betroffenheit der Bevölkerung und insbesondere der vulnerablen Gruppen anders darstellt als bei einer alleinigen Betrachtung der Hitzebelastung auf Basis der Außentemperaturen.

Die Studien auf unterschiedlichen Skalen der räumlichen Planung verdeutlichen, dass es nicht ausreicht, die Gefahrenseite des Klimawandels zu kennen; vielmehr spielt die Vulnerabilität der gegenüber dem Klimawandel exponierten Raumstrukturen und Bevölkerungsgruppen eine entscheidende Rolle.

2.2 Diskurs II: Hochwasservorsorge

Der Klimawandel spielt auch im Zusammenhang mit der Hochwasservorsorge eine entscheidende Rolle: Der 6. IPCC-Assessment Report bezeichnet Überflutungen als ein „Schlüsselrisiko“ (Key Risk) (IPCC 2022b: 2). Hochwasser sind zunächst natürliche Ereignisse, die in der Regel auf lang anhaltende und großflächige Regenfälle, teilweise in Verbindung mit Tauwetter und Schneeschmelzen, zurückgehen. Gleichzeitig wirkten sich Begradigungen und Eindeichungen erheblich auf das Hochwassergeschehen aus, da so Retentionsbereiche in großem Maßstab verloren gingen: An der Elbe verringerten sich die Rückhalteräume auf deutschem Staatsgebiet von circa 6.200 km² auf knapp 840 km² und somit um 86 % (UBA 2011: 23). Diese Regulierungsmaßnahmen sicherten nicht nur bestehende Nutzungen, sondern erlaubten gleichzeitig eine Nutzungsintensivierung und fortschreitende Bebauung der Flussniederungen. Damit wuchsen die Schadenspotenziale entlang der Flussläufe. Insbesondere die Flutkatastrophen 2002 und 2013 führten an Elbe und Donau trotz aller technischer Schutzeinrichtungen zu Gefahren für Leib und Leben sowie zu Schäden in Milliardenhöhe (MunichRe 2014: 22; GDV 2024).

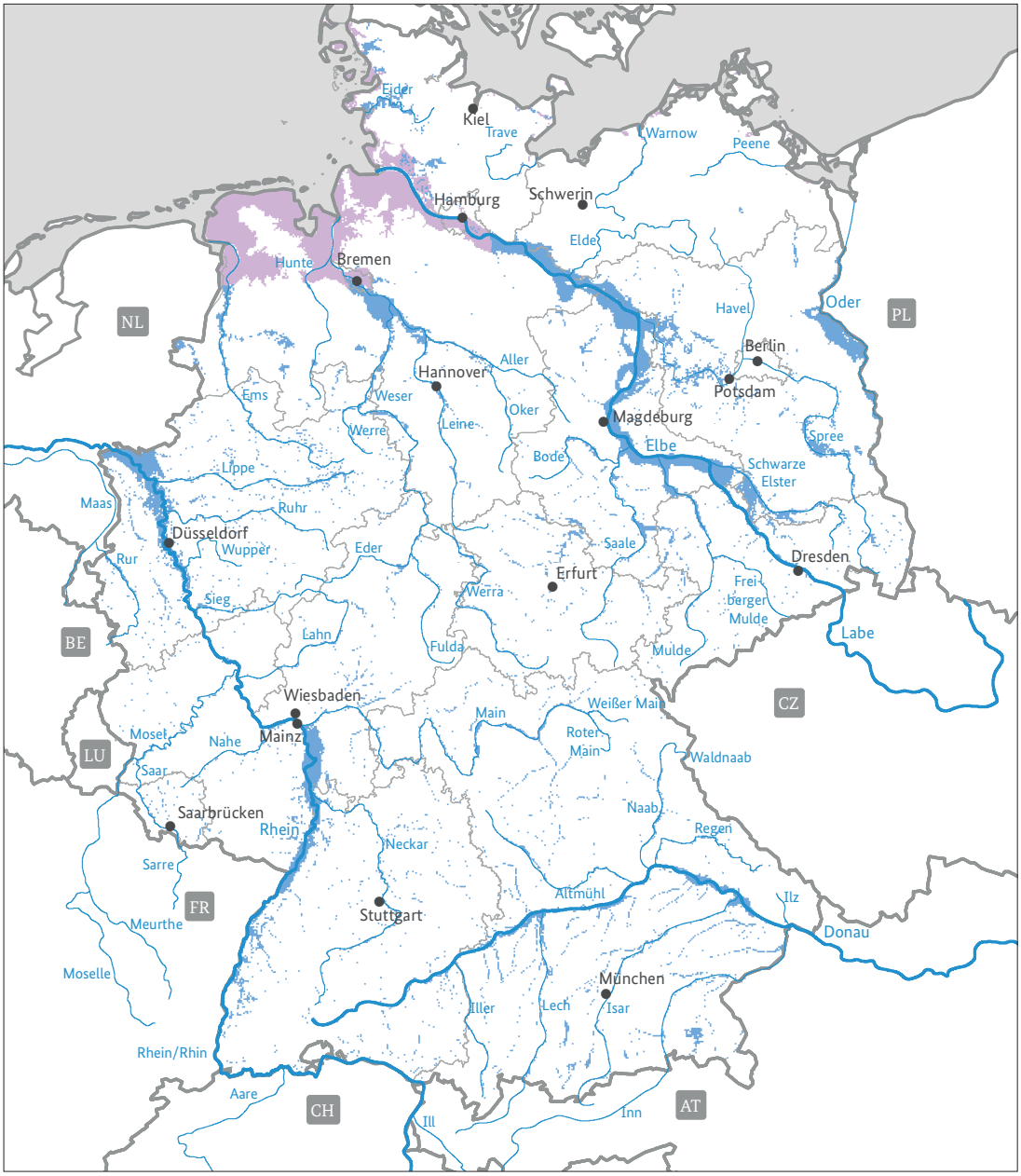
Die Flutkatastrophe im Juli 2021 im Westen Deutschlands und in den angrenzenden Nachbarstaaten führte drastisch und ganz aktuell vor Augen, welche verheerenden Auswirkungen diese Extremereignisse haben können. Mehr als 180 Menschen starben; es entstanden Sachschäden in Milliardenhöhe: „Die Juli-Flut hat nach neuen Auswertungen der Versicherer so viele Großschäden angerichtet wie keine andere Naturkatastrophe zuvor“ (GDV 2021). Im besonders betroffenen Ahrtal lässt sich gut nachvollziehen, dass die Konzentration der Siedlungstätigkeit im engen Talraum mit einer Vielzahl an Einrichtungen der Daseinsvorsorge und kritischen Infrastrukturen ein hohes Schadenspotenzial mit sich bringt und bei Zerstörung zahlreiche und oftmals lange nachwirkende Kaskadeneffekte auslöst. Dutzende Schulen, Kinderbetreuungseinrichtungen und Krankenhäuser sowie viele Straßen, Brücken, Gas-, Strom- und Wasserleitungen wurden zerstört oder stark beschädigt (Ministerium des Innern und für Sport Rheinland-Pfalz 2022: 11 f.).

Das Handbuch zur Hochwasservorsorge in der räumlichen Planung gibt einen tabellarischen Überblick zu besonderen Hochwasserereignissen in Deutschland im 20. und 21. Jahrhundert (BMVI 2017a: 12 f.). Beeindruckend sind neben der Häufung dieser Jahrhundert- oder gar Jahrtausendereignisse in den vergangenen Jahrzehnten die enormen Schäden, die mit den Flutka-

tastrophen entlang der Fließgewässersysteme von Elbe, Oder, Rhein und Donau einhergingen. Einen Überblick zu den bei Extremereignissen potenziell überfluteten Gebieten gibt Abbildung 2.

Die HWRM-RL aus dem Jahr 2007 stellte die Weichen für eine verbesserte Hochwasservorsorge (EU-Richtlinie 2007/60/EG). Auf Basis der Richtlinie entstand bis Ende 2013 eine erste Generation von Hochwassergefahren- und -risikokarten, die regelmäßig aktualisiert werden (LAWA 2010). Hochwassergefahrenkarten stellen Bemessungshochwasser unterschiedlicher Wahrscheinlichkeiten dar und differenzieren die Gefahrensituationen durch weitere Parameter wie die Überflutungshöhe oder die Fließgeschwindigkeit – eine deutliche Weiterentwicklung gegenüber einer alleinigen Darstellung des räumlichen Umgriffs eines Bemessungshochwassers. Die Hochwasserrisikokarten beziehen zudem die Sensitivität von Raumnutzungen auf Basis sogenannter Signifi-

Abbildung 2: Darstellung der bei einem Extremereignis potenziell überfluteten Gebiete nach HWRM-RL
Quelle: BMVI 2017a: 14 auf Basis von WasserBLIcK/BfG und den zuständigen Behörden der Länder 2017



kanzkriterien mit ein, die länderspezifisch konkretisiert werden (ebd.). In der Überlagerung mit der Gefährdung lässt sich schließlich das Risiko einschätzen. Insofern liegt hierin sicherlich ein großer Erfolg der HWRM-RL: Es wird nicht mehr nur die Gefahr in den Fokus genommen, sondern auch die exponierten Raumnutzungen einbezogen. Allerdings kommen als Signifikanzkriterien bislang neben der Bevölkerung in erster Linie materielle (tangible) Schadenspotenziale, zum Beispiel von Gebäuden oder Infrastrukturen, zur Anwendung; besonders sensitive Bevölkerungsgruppen und immaterielle (intangible) Werte bleiben dagegen meist unberücksichtigt (Sauer 2013: 30; BMVI 2017a: 31, 40). Auch wenn diese Praxis die Aussagekraft der Karten deutlich relativiert, lieferte die Umsetzung der EU-Richtlinie neue und weitreichende Daten zur Einschätzung der Hochwasserrisiken und damit auch hervorragende Grundlagen für die Raumplanung.

Hochwasservorsorge in der Raumordnung

Im Rahmen des Modellvorhabens der Raumordnung (MORO) „Regionalentwicklung und Hochwasserschutz in Flussgebieten“ wurden die Raumordnungspläne auf Landes- und regionaler Ebene hinsichtlich einer Integration des Hochwasserrisikomanagement-Ansatzes untersucht (Hartz et al. 2017). Dabei zeigte sich, dass bei nahezu allen Regionalplänen die Sicherung vorhandener Überschwemmungsbereiche im Vordergrund steht und insgesamt „noch keine inhaltlich umfassende und flächendeckende Durchdringung der regionalplanerischen Regelungsinhalte gemäß den MKRO-Handlungsschwerpunkten im Handlungsfeld ‚Vorbeugender Hochwasserschutz in Flussgebieten‘ festgestellt werden“ kann (ebd.: 107). Das bedeutet, der Regelfall ist weiterhin die reine Flächenvorsorge, die sich in erster Linie am räumlichen Umgriff der Überschwemmungsbeziehungsweise überschwemmungsgefährdeten Gebiete orientiert. In einigen Plänen wird die Gefahrenintensität und hier vor allem die Überflutungshöhe einbezogen; noch seltener erfolgt eine Berücksichtigung der Empfindlichkeit beziehungsweise Schutzwürdigkeit verschiedener Raumnutzungen und -funktionen (BMVI 2017a: 32).

Im Handbuch zur Hochwasservorsorge in der räumlichen Planung, das auf den Ergebnissen des MORO aufbaut, werden Empfehlungen für eine Weiterentwicklung der raumordnerischen Instrumente gegeben. Diese beruhen auf einem risikobasierten Ansatz auf Basis einer differenzierten Betrachtung der Hochwassergefährdung wie auch der Empfindlichkeit der Schutzgüter: „Der Vorteil des risikobasierten Ansatzes liegt darin, Maßnahmen zur Reduzierung des Risikos auf der Gefahrenseite und/oder der Schadensseite (Verwundbarkeit) verorten zu können“ (ebd.: 45). Besonders wirksam wird dieser Ansatz unter anderem in potenziellen Überflutungsbereichen hinter Deichen, die gemäß § 78b Wasserhaushaltsgesetz (WHG) als „Risikogebiete außerhalb von Überschwemmungsbieten“ eine besondere Berücksichtigungspflicht des Hochwasserrisikos begründen. Hinter den Deichen kann es im Versagensfall der Schutzeinrichtungen zu erheblichen Schäden kommen, da hier die Schadenpotenziale in Gestalt von Siedlungen und Infrastrukturen kumulieren. Gerade weil das wasserrechtliche Instrumentarium hier nur bedingt greift, liegt eine herausgehobene Bedeutung bei der Raumordnung und der Bauleitplanung. Darauf weist die MKRO bereits in ihren Handlungsempfehlungen zum vorbeugenden Hochwasserschutz aus dem Jahr 2000 hin: „Umso begründeter stellt sich hier die Aufgabe für die Raumordnung, durch den Einsatz ihrer Instrumente einer Erhöhung des Schadenspotentials entgegenzuwirken und eine aktive Risikovorsorge zu betreiben“ (MKRO 2000: 15).

Mit der Novellierung des Raumordnungsgesetzes (ROG) im Jahr 2017 wurde dem zuständigen Bundesministerium gemäß § 17 Absatz 2 ROG die Möglichkeit eröffnet, länderübergreifende Raumordnungspläne für den Hochwasserschutz als Rechtsverordnung aufzustellen. Nach § 17 Absatz 2 Satz 2 ROG muss die Aufstellung „für die räumliche Entwicklung und Ordnung des Bundesgebiets unter nationalen oder europäischen Gesichtspunkten erforderlich“ sein. Dies bestätigte ein Rechtsgutachten für Raumordnungsaufgaben von gesamtdeutscher Bedeutung, welche die Länder nicht genauso effizient wahrnehmen können beziehungsweise wahrnehmen (Spannow-

sky 2016). Darauf aufbauend wurden die Voraussetzungen und Rahmenbedingungen für einen potenziellen Bundesraumordnungsplan Hochwasserschutz durch ein zweiphasiges MORO vertieft eruiert und mehrere Testplan-Entwürfe erarbeitet (Hartz et al. 2019, 2020a). Durch einen „Testlauf" in der zweiten Phase wurde der in der ersten Phase erarbeitete Testplan auf den Prüfstand gestellt und auf seine Praxistauglichkeit hin überprüft. Der Testplan stützt sich auf den im Handbuch zur Hochwasservorsorge in der räumlichen Planung empfohlenen risikobasierten Ansatz, der als „Startsignal für einen Prozess des Umdenkens im Rahmen der Siedlungsentwicklung auf allen Ebenen" eingeschätzt wird, da „sowohl die Gefahren- als auch die Schutzgutperspektive einschließlich der Empfindlichkeit der Schutzgüter bei künftigen Planaufstellungen einbezogen werden muss. Es findet damit eine konzeptionelle und semantische Annäherung der Raumplanung an die Hochwasserrisikomanagementplanung statt" (Hartz et al. 2020a: 5).

Die Erarbeitungsphase des Testplans zum Bundesraumordnungsplan war durch kontroverse Diskussionen geprägt: Bedenken bestanden unter anderem aufgrund der hohen Betroffenheit von Ländern und Regionen durch mögliche Festlegungen zur Siedlungsentwicklung in hochwassergefährdeten Bereichen sowie gegenüber der Einführung eines risikobasierten Ansatzes in der Raumordnung (Hartz et al. 2019: 92, 94 f.). Gleichwohl gab es auch Zustimmung dazu, dass mit dem Bundesraumordnungsplan „Impulse für einheitliche länderübergreifende Regelungen zum Hochwasserschutz in der räumlichen Planung gesetzt werden" (ebd.: 97).

Am 1. September 2021 trat die Verordnung über die Raumordnung im Bund für einen länderübergreifenden Hochwasserschutz (BRPHV) in Kraft. Anlage 1 zur Verordnung enthält den Bundesraumordnungsplan Hochwasserschutz (BRPH). In der Präambel wird die „Einführung eines risikobasierten Ansatzes in der Raumplanung zur Berücksichtigung differenzierter Aspekte (Empfindlichkeiten, Schutzwürdigkeiten)" explizit als wesentlicher Grundpfeiler für eine effektive raumplanerische Hochwasservorsorge benannt und als Ziel formuliert:

> „I.1.1 (Z) Bei raumbedeutsamen Planungen und Maßnahmen einschließlich der Siedlungsentwicklung sind die Risiken von Hochwassern nach Maßgabe der bei öffentlichen Stellen verfügbaren Daten zu prüfen; dies betrifft neben der Wahrscheinlichkeit des Eintritts eines Hochwasserereignisses und seinem räumlichen und zeitlichen Ausmaß auch die Wassertiefe und die Fließgeschwindigkeit. Ferner sind die unterschiedlichen Empfindlichkeiten und Schutzwürdigkeiten der einzelnen Raumnutzungen und Raumfunktionen in die Prüfung von Hochwasserrisiken einzubeziehen."

Darüber hinaus bezieht sich der Grundsatz II.3 (G) explizit auf Risikogebiete außerhalb von Überschwemmungsgebieten nach § 78b WHG:

> Dort „sollen folgende Infrastrukturen und Anlagen, sofern sie raumbedeutsam sind, weder geplant noch zugelassen werden, es sei denn, sie erfüllen die Voraussetzungen des § 78b Absatz 1 Satz 2 WHG:
>
> 1. Kritische Infrastrukturen mit länder- oder staatsgrenzenüberschreitender Bedeutung; dies sind insbesondere Infrastrukturen des Kernnetzes der europäischen Verkehrsinfrastruktur außer Häfen und Wasserstraßen sowie die Projects of Common Interest der europäischen Energieinfrastruktur in der jeweils geltenden Fassung der Unionsliste der Vorhaben von gemeinschaftlicher Bedeutung,
> 2. weitere Kritische Infrastrukturen, soweit sie von der BSI-Kritisverordnung erfasst sind,
> 3. bauliche Anlagen, die ein komplexes Evakuierungsmanagement erfordern."

Mit dem Inkrafttreten des BRPH sind auch alle nachfolgenden Planungsebenen gehalten, den risikobasierten Ansatz (zumindest) im Bereich des Hochwasserschutzes nachzuvollziehen und dabei die Empfindlichkeiten der Schutzgüter in die Risikoanalyse einzustellen. Der risikobasierte Ansatz des BRPH bedeutet demnach, die Empfindlichkeit und Schutzwürdigkeit von Schutzgütern me-

thodisch konsequent einzubinden. Auch wenn dies in der Planungspraxis derzeit nur in Ansätzen umgesetzt wird, zeigt unter anderem die Fallstudie in der Planungsregion Köln, die im Rahmen des MORO „Vorsorgendes Risikomanagement in der Regionalplanung“ durchgeführt wurde, wie ein risikobasierter Ansatz in der Regionalplanung für unterschiedliche Gefahrenarten methodisch und in Abstimmung mit den Fachplanungen implementiert werden kann (Greiving et al. 2016).

2.3 Diskurs III: Die Corona-Pandemie und ihre raumwirksamen Folgen

Das BBK führt seit Längerem Risikoanalysen durch und berät auf dieser Basis die Bundesregierung (BBK 2010). Im Jahr 2012 wurde das Szenario „Pandemie durch Virus Modi-SARS“ entwickelt, das „ein außergewöhnliches Seuchengeschehen“ beschreibt (Deutscher Bundestag 2013: 5). Das Szenario liest sich nach der SARS-CoV-2-Pandemie („Corona-Pandemie“) außerordentlich realitätsnah: Es werden mögliche Auswirkungen aufgezeigt, so beispielsweise das besonders hohe Schadensausmaß beim Schutzgut Mensch mit zahlreichen Toten und Erkrankten, die immensen volkswirtschaftlichen Schäden, die Personalausfälle bei kritischen Infrastrukturen, die Überlastung der Gesundheitssysteme wie auch die besonderen psychologischen Belastungen der Bevölkerung (ebd.: 55 ff.).

Wenige Jahre später verbreitete sich das SARS-CoV-2-Virus von Asien ausgehend in der Welt und löste eine Pandemie mit Langzeitfolgen aus. Die Auseinandersetzung mit den raumrelevanten Folgen wurde und wird intensiv geführt (vgl. u. a. Brand 2020; Siedentop 2021a; ARL 2021). Die sozioökonomischen und raumstrukturellen Folgen der Pandemie sind in ein komplexes Wirkungsgefüge eingebettet (vgl. Abb. 3). Die Corona-Pandemie gilt vielfach als trendverstärkend, das heißt, bestehende Entwicklungen beschleunigen sich – beispielsweise der Aufschwung des Online-Handels zulasten des stationären Einzelhandels. Das Ausweichen auf Homeoffice läutete für viele Beschäftigte eine neue Ära flexibler Arbeitsmodelle ein und begründet möglicherweise neue Wohn(raum)bedarfe. Gleichzeitig wirft das veränderte Mobilitätsverhalten in der Pandemie die Frage nach den möglicherweise langfristigen Auswirkungen auf den öffentlichen Nahverkehr auf. Hier tut sich das für Krisen oftmals typische „Dilemma der Komplexität“ auf, das gekennzeichnet ist durch eine hohe räumliche Varianz der Wirkfaktoren, unbekannte Rückkopplungen zwischen den Faktoren und Co-Effekte durch globale Megatrends (Siedentop 2021a).

Angesichts dieser Unsicherheiten in Zeiten komplexer Krisen ergibt sich gerade aus Perspektive der Raumplanung die Notwendigkeit, das Vorsorgeprinzip zu stärken. Der Ad-hoc-Arbeitskreis der Akademie für Raumentwicklung in der Leibniz-Gemeinschaft (ARL) betont in seinem Positionspapier:

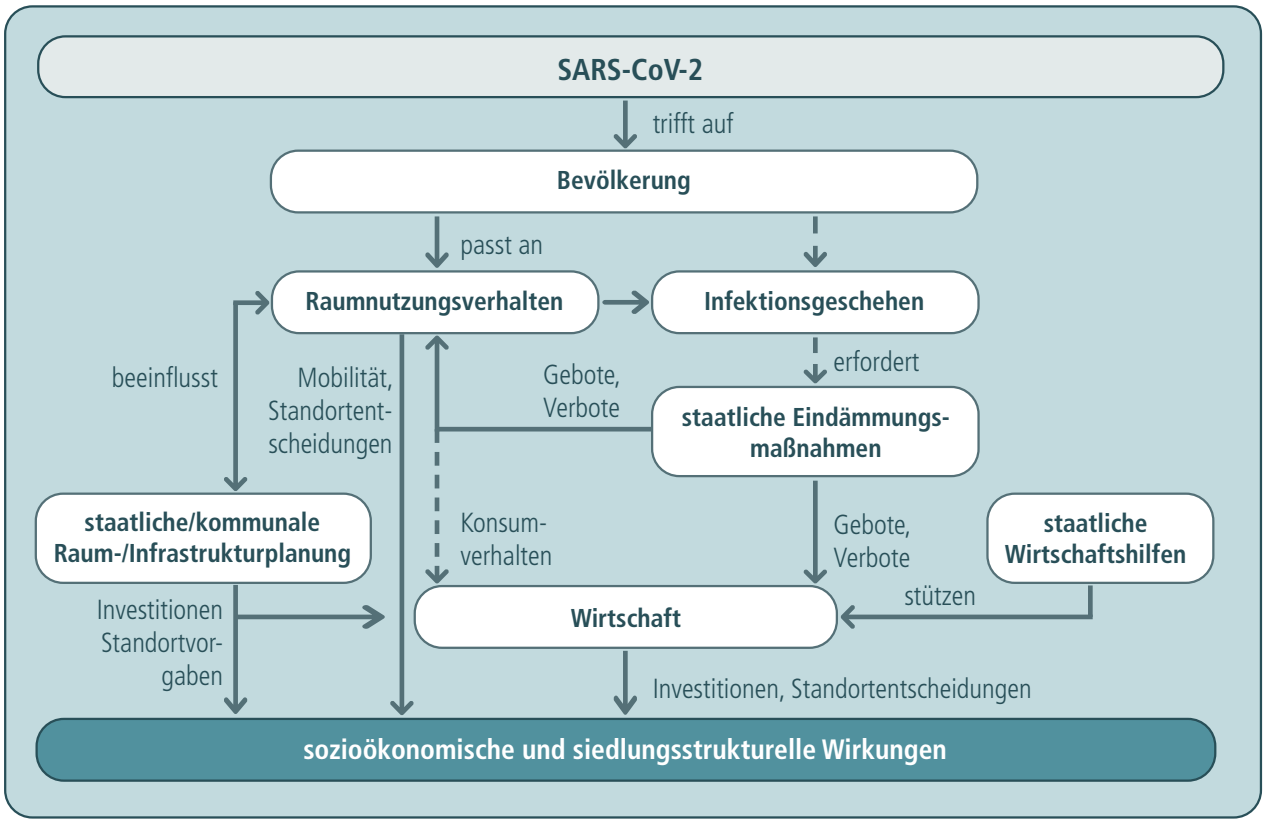
> „Die SARS-CoV-2-Pandemie hat die Probleme und Defizite einer reinen Krisenbewältigung offenbart und die Notwendigkeit einer strategischen Krisenvorsorge verdeutlicht. [...] Eine nachhaltige räumliche Entwicklung bedarf einer strategischen Daseins- und Risikovorsorge, die unerwartete Ereignisse und ihre Folgen für Gesellschaft und Raum in konkreten Plänen und Handlungskonzepten antizipiert“ (ARL 2021: 3).

Ein Schwerpunkt der räumlichen Risikovorsorge „liegt in der Betrachtung sensitiver bzw. vulnerabler Strukturen und Bevölkerungsgruppen sowie im Ereignisfall potenziell gefährdender Nutzungen. Ziel ist, das Wissen um Gefahren, Vulnerabilitäten, Risiken und Kaskadeneffekte systematisch aufzubauen und in die Abwägung der Raumplanung einzustellen“ (ebd.: 5). Deshalb wird explizit in den Handlungsempfehlungen eine systematische „Analyse der Vulnerabilität von Gesellschaft, Wirtschaft, Raum und kritischen Infrastrukturen in einer Pandemie“ eingefordert (ebd.: 13).

Vulnerabilität gehörte zu den Schlüsselbegriffen in der Corona-Pandemie und erreichte eine hohe politische, öffentliche und mediale Rezeption. So zeigte sich rasch und auf erschreckende Weise der Zusammenhang zwischen „pandemischen" Todesfallstatistiken und Alterskohorten. Die Sterblichkeit bei hochaltrigen Menschen war gerade in den ersten Corona-Wellen sehr hoch. Der Begriff der „vulnerablen Bevölkerungsgruppen" verbreitete sich schnell, verbunden mit einer intensiven Diskussion, wie diese am besten zu schützen seien. Mit der Pandemie wurde allzu deutlich, dass das Risiko des Einzelnen stark variiert mit den individuellen Voraussetzungen, beispielsweise in Bezug auf Alter oder Vorerkrankungen.

Untersuchungen in Köln zum geografischen Verlauf der Sieben-Tage-Inzidenz legen in der Kombination mit sozioökonomischen Faktoren wie Arbeitslosigkeit, Migrationsanteil und Mietspiegel darüber hinaus nahe, dass sich nach der ersten Welle die Hochinzidenzgebiete vorwiegend in sozial benachteiligten Stadtteilen konzentrierten (Fraunhofer IAIS 2023). Insofern muss die Diskussion um vulnerable Bevölkerungsgruppen in Zeiten einer Pandemie nicht nur entlang individueller Risikofaktoren, sondern auch in räumlichen Bezügen und im Zusammenhang mit sozialer Lage beziehungsweise Umweltgerechtigkeit geführt werden. Mit SIEDENTOP lässt sich schlussfolgern: „Im Sinne einer ‚no regret'-Logik gilt es, Sozialraumpolitiken, die die Folgen von sozialer Benachteiligung adressieren, konsequenter zu verfolgen" (Siedentop 2021a: 158).

Abbildung 3: Raumrelevanz der SARS-CoV-2-Pandemie – hypothetische Wirkungszusammenhänge
Quelle: Siedentop 2021a: 149; grafische Darstellung angepasst, geringfügig verändert



2.4 Zwischenfazit: die Bedeutung von Vulnerabilität und Risikovorsorge in der räumlichen Planung

In den aktuellen Diskussionen zu raumbezogenen Risiken und Transformationsprozessen werden die Bedeutung einer räumlichen Risikovorsorge im Allgemeinen sowie die Schlüsselrolle des Vulnerabilitätskonzepts im Besonderen herausgestellt. Darüber hinaus wird die Rolle der Raumplanung aufgerufen, die aufgrund ihres integrativen und überfachlichen Ansatzes einen zentralen Beitrag zur Bewältigung raumbezogener Risiken leisten kann. Dies wird vor allem dann deutlich, wenn

1. das Vorsorgeprinzip gestärkt werden soll und es nicht allein um die Bewältigung von Katastrophen geht,

2. nicht nur die Gefahren, sondern insbesondere die Empfindlichkeiten der Schutzgüter beziehungsweise deren Vulnerabilität als Ansatzpunkte zur Vermeidung oder Reduktion von Risiken in den Fokus rücken,

3. in bestimmten Räumen unterschiedliche Gefahren oder Risiken kulminieren und Handlungsschwerpunkte über eine Multigefahren- oder Multirisikenbetrachtung identifiziert werden können,

4. Wechselwirkungen und Kaskadeneffekte über den räumlichen Umgriff beispielsweise eines Hochwasser- oder Starkregenereignisses hinaus Schadenseffekte auslösen und teilweise zu langfristigen und raumgreifenden Folgewirkungen führen.

Allerdings steht in der Risikowahrnehmung und -bewältigung in Deutschland die Gefahrenabwehr im Vordergrund; diese wird in erster Linie als sektorale beziehungsweise fachplanerische Aufgabe wahrgenommen (vgl. u. a. Greiving 2002; Pohl/Zehetmair 2011; Felgentreff et al. 2012; Greiving et al. 2016). Das bedeutet auch, dass die räumliche Dimension und die Interpretation des Risikopotenzials in der Planungspraxis von der jeweiligen Gefahrenart bestimmt werden. Rücken hingegen die Bevölkerung und Raumnutzungen in den Vordergrund, stellt sich die Frage, wie sich das für unterschiedliche Gefahrenarten „aggregierte" Risikopotenzial im Raum darstellt (Greiving 2006).

Der Paradigmenwechsel von der sektoralen Gefahrenabwehr zum integrierten Risikomanagement vollzieht sich in der deutschen Gesetzgebung erst allmählich (vgl. Greiving 2002). Impulse zur Veränderung gehen deshalb in erster Linie von der internationalen und europäischen Ebene aus (Greiving 2013). Dies lässt sich im Falle der europäischen HWRM-RL gut nachvollziehen: Die Richtlinie zielt nicht nur auf den Schutz vor Hochwassergefahren, sondern vielmehr auf ein integriertes Management von Hochwasserrisiken ab. Darüber hinaus bietet das komplexe Phänomen des Klimawandels eine weitere Erklärung: Der Klimawandel und seine vielfältigen primären und sekundären Auswirkungen lassen sich bezüglich einer Abwehr der negativen Folgen in den Zuständigkeiten weniger eindeutig zuordnen als Hochwassergefahren.

Hier kommt wiederum der Begriff der systemischen Risiken ins Spiel, den die internationale Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) im Jahr 2003 wie folgt definiert hat: *„A systemic risk […] is one that affects the systems on which society depends – health, transport, environment, telecommunications, etc.*" (OECD 2003: 30). Damit gehe eine Veränderung der „Natur" von Risiken wie auch der gesellschaftlichen Möglichkeiten einher, diese zu bewältigen (ebd.). Wesentliche Ursachen werden in der globalen demographischen Entwicklung, im Klimawandel, im wissenschaftlichen und technologischen Fortschritt sowie in der sozioökonomischen

Spaltung von Gesellschaften verortet. Aus Sicht der OECD muss sich das zukünftige Risikomanagement auf eine zunehmende Komplexität von Risiken, die Möglichkeit von Katastrophen großen Ausmaßes und „Überraschungen" einstellen. Letztere werden darauf zurückgeführt, dass sich die Risikobedingungen unter anderem im Zuge des Klimawandels grundlegend ändern (werden), das Risikomanagement in der Regel aber auf den Erfahrungen der Vergangenheit beruht. Daraus ergebe sich die Notwendigkeit, Gesetze, Politiken und Instrumente anzupassen. Als weiterer Punkt wird die veränderte gesellschaftliche Einstellung zu und Wahrnehmung von Risiken angeführt: „Risks increasingly need to be managed in a way that is commensurate with societal views and perceptions" (ebd.: 31). Dabei gehe es immer um beide Seiten des Risikos: die Gefahr und die Vulnerabilität, wobei sich Vulnerabilität nicht nur auf einzelne Personen oder Objekte, sondern insbesondere auf für Gesellschaften lebenswichtige Systeme bezieht: „The provision of health services, transport, energy, food and water supplies, information and telecommunications are all examples of vital systems" (ebd.: 33).

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, inwieweit die Raumplanung mit ihren Instrumenten einen angemessenen Beitrag zur räumlichen Risikovorsorge beziehungsweise zu einem integrierten Risikomanagement leistet. Der Zusammenhang zwischen Risiken und Raumplanung wird im europäischen Raum seit mehr als zwei Dekaden diskutiert und die Bedeutung der Raumplanung für ein integriertes Risikomanagement herausgestellt (vgl. u. a. Greiving 2002; Fleischhauer 2004; Fleischhauer et al. 2006; Schmidt-Thomé 2006; Pohl/Zehetmair 2011; Dzurdženík et al. 2015; Greiving et al. 2016).

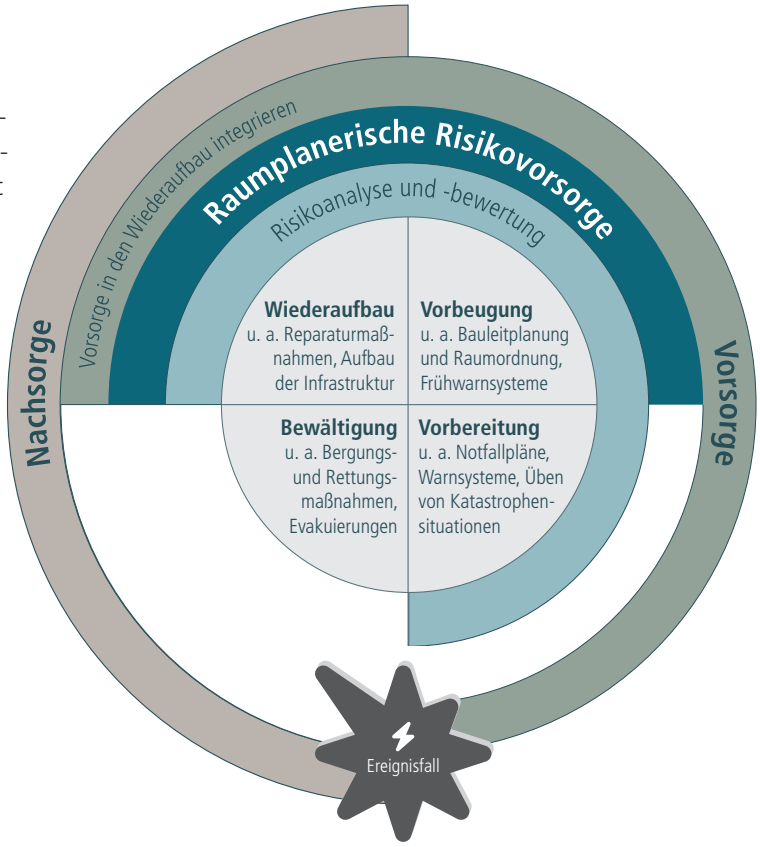
Räumliche Risikovorsorge und die Rolle der Raumplanung

In Deutschland widmete sich ein Arbeitskreis der ARL dem Thema „Risikomanagement als Handlungsfeld in der Raumplanung" und legte 2011 einen umfassenden Ergebnisbericht vor (Pohl/Zehetmair 2011). Risikomanagement sieht der Arbeitskreis als bewusste Auseinandersetzung mit den Chancen und Risiken von Handeln, aber auch von „Nicht-Handeln" an, wobei nur für einen Teil der Risiken von einem „nennenswerten Zugriff seitens der Raumplanung" ausgegangen wird (ebd.: 3). Dabei wird zunächst lediglich ein „vager Konsens" in Bezug auf den Risikobegriff vorausgesetzt und auf eine allgemeine Definition von Risiko beziehungsweise einzelner Risikoaspekte verzichtet (ebd.). Räumliche Risikovorsorge wird klar als „gesetzliche Dienstaufgabe der Raumplanung" anerkannt und insofern auf einen politisch und juristisch legitimierten Rahmen verwiesen (ebd.: 7). Als „raumplanungsrelevant" werden Risiken dann eingeschätzt, „wenn mithilfe raumplanerischer Instrumente Eintrittswahrscheinlichkeit oder Konsequenz eines Ereignisses für bestimmte, hinlänglich sicher identifizierbare Entstehungs- und/oder Gefährdungsräume beeinflussbar sind" (ebd.: 23). Die Ergebnisse des Arbeitskreises legen wichtige Grundlagen, um das Risikomanagement in die Kontexte der Raumplanung in Deutschland auf allen Planungsebenen einzuordnen – sowohl in Bezug auf Normen und Instrumente als auch hinsichtlich der Verfahren und Prozesse. So wird unter anderem die „Konzeption eines Prüfschemas für das Risikomanagement in der Raumplanung" vorgelegt (ebd.: 63).

Der ARL-Arbeitskreis schätzt die Raumplanung und insbesondere die Raumordnung als grundsätzlich geeignet „für ein umfassendes (planerisches) Risikomanagement" ein (Wernig et al. 2011: 89). Die Rolle der Raumplanung wird dabei allerdings weniger bei der Abschätzung von Gefahren als vielmehr bei der Bewertung der Vulnerabilität von Raumnutzungen gesehen. Folgerichtig fordert die Autorenschaft, „in Zukunft neben der Gefahrenfokussierung auch die Vulnerabilitätsanalysen weiter zu stärken" (ebd.: 91).

Anknüpfend an diese grundlegenden Arbeiten startete 2013 die erste Phase des MORO „Vorsorgendes Risikomanagement in der Regionalplanung" auf Bundesebene (Hartz et al. 2015, 2020c; BBSR 2020). Kern dieses MORO war die exemplarische Entwicklung eines risikobasierten Ansatzes

Abbildung 4: Die raumplanerische Risikovorsorge im Risikokreislauf
Quelle: BBSR 2020: 70 nach Dikau/Weichselgartner 2005 und von Elversfeldt et al. 2008: 40; grafische Darstellung angepasst, geringfügig verändert



in der Raumordnung sowie dessen Erprobung am Beispiel der Planungsregion Köln. Um Grundlagen zur Einschätzung unterschiedlicher raumrelevanter Risiken für die Regionalplanung zu gewinnen, wurde das für die Planungsregion Köln entwickelte methodische Vorgehen in der zweiten Phase des MORO auf zwei weitere Modellregionen übertragen und weiterentwickelt. Betrachtet wurden raumbedeutsame Risiken im Sinne des § 1 Absatz 1 und § 8 Absatz 6 ROG, das heißt solche Risiken, die einer überörtlichen und überfachlichen Betrachtung bedürfen und die mithilfe raumordnerischer Instrumente auf der Gefahren- beziehungsweise Schutzgutseite beeinflussbar sind. Dazu gehören sowohl Naturgefahren wie Erdbeben oder Hochwasser, aber auch Technikgefahren wie Störfallbetriebe. Zum anderen offenbart sich in der Gesamtbetrachtung möglicher Gefahren auch der Unterschied zwischen einer integrierten Risikovorsorge und Klimaanpassungsstrategien: Nicht alle Risiken sind klimawandelgetrieben, insofern geht die Risikoanalyse über die Analyse von Klimawandelfolgen hinaus (BBSR 2020: 16).

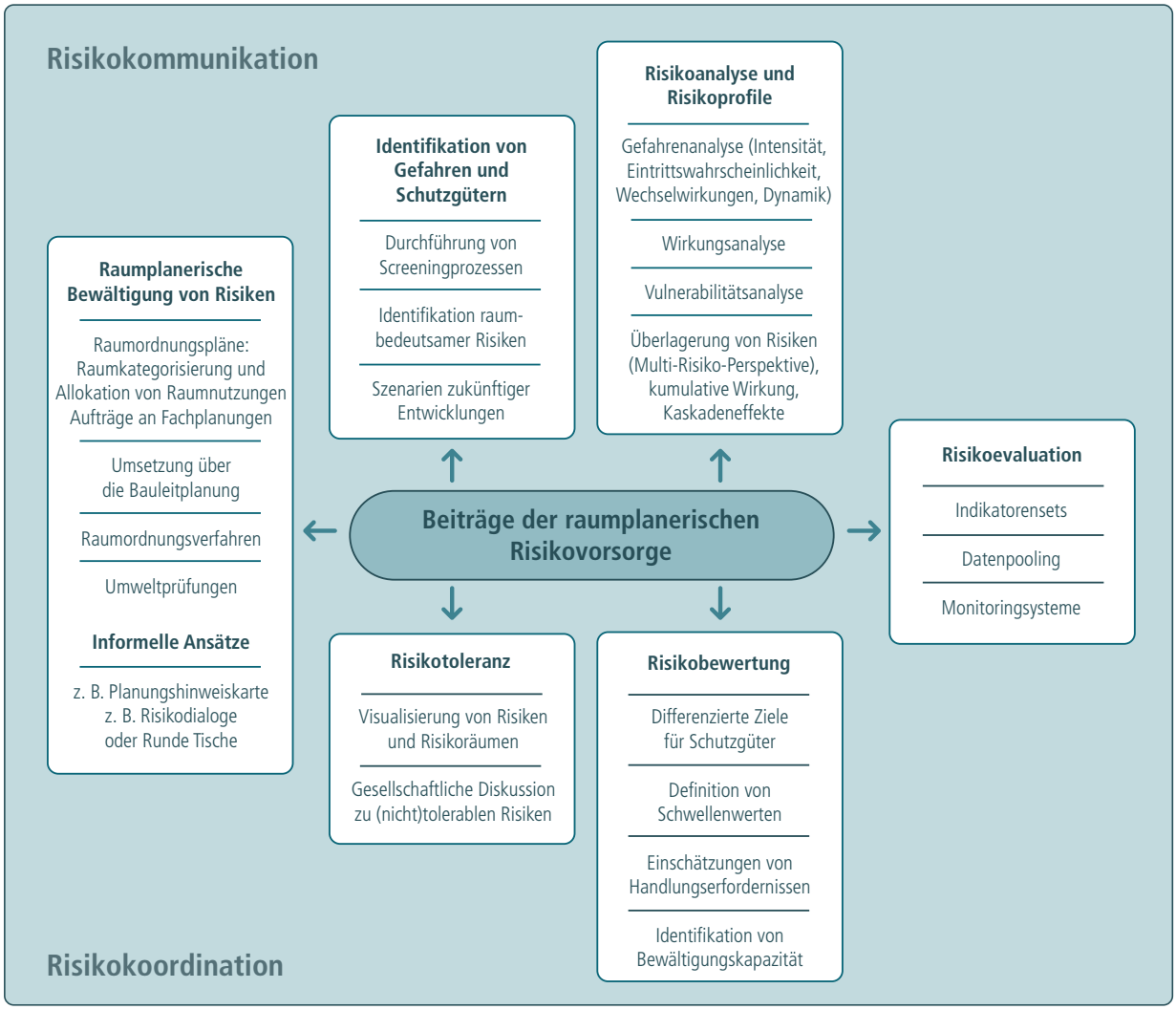
Die Raumplanung wird in den Risikokreislauf eingeordnet, der zwischen Vorsorge und Nachsorge und zudem vier Phasen – Vorbeugung, Vorbereitung, Bewältigung und Wiederaufbau – unterscheidet (vgl. Dikau/Weichselgartner 2005: 127; von Elversfeldt et al. 2008: 40; Pohl/Zehetmair 2011: 18; Glade/Greiving 2011: 15; vgl. Abb. 4). In der Phase des Wiederaufbaus überlappen sich Nach- und Vorsorgeaktivitäten. Der Regelungsbereich der Raumplanung bezieht sich in erster Linie auf die Phase der Vorsorge, aber auch den Wiederaufbau. Nach einem Katastrophenereignis kann es unter anderem um die Frage gehen, inwieweit der Wiederaufbau am betroffenen Ort sinnvoll ist, oder ob andere, an die Gefährdungssituation besser angepasste Raumnutzungen priorisiert werden können. Wie sich Vorbeugung und Wiederaufbau in Fragestellungen, Strategien und Instrumenten überlagern können, zeigt die Diskussion um eine Rücknahme von Siedlungsbereichen als Anpassungsstrategie an den Klimawandel (vgl. Greiving et al. 2017; UBA 2021b). So lassen sich im Rahmen des Wiederaufbaus Anforderungen an eine optimierte Standortwahl

oder eine verbesserte Bauvorsorge („build back better“) adressieren. Die Fragen eines resilienten Wiederaufbaus im Nachgang zur Juli-Flut 2021 in Rheinland-Pfalz (RLP) und Nordrhein-Westfalen (NRW) werden aktuell intensiv im Rahmen des BMBF-Projekts KAHR (Klima-Anpassung, Hochwasser und Resilienz) geführt (KAHR 2023).

Die Beiträge der Raumplanung lassen sich in das Gerüst des Risiko-Governance-Ansatzes einordnen, den das International Risk Governance Center (IRGC) 2005 veröffentlichte und 2017 aktualisierte (IRGC 2017: 10). Zentral gestellt sind Querschnittsaspekte, insbesondere die Risikokommunikation und das Engagement der „Stakeholder“. Sie verzahnen die unterschiedlichen Bausteine von Screening und Vorprüfung, Risikoidentifikation und -analyse, Risikobewertung und -evaluation bis hin zum eigentlichen Risikomanagement. Die Raumplanung kann in allen Aspekten ihre Kompetenzen einbringen – von der Identifikation raumbedeutsamer Risiken über das Erstellen regionaler Risikoprofile bis hin zu Strategien der Risikobewältigung über formelle und informelle Instrumente der Raumplanung (BBSR 2020: 70 f.; vgl. Abb. 5).

Im Rahmen des MORO wurde empfohlen, bei der Risikoanalyse dem Grundansatz des BBK zu folgen (BBK 2010: 21 f.) und diesen für die Raumplanung auszugestalten. Konkret bedeutet dies,

Abbildung 5: Beiträge der Raumplanung im Kontext des Risiko-Governance-Ansatzes
Quelle: BBSR 2020: 71; grafische Darstellung angepasst, verändert



dass sich das Risiko über eine Verknüpfung der Gefährdung, die sich in der Regel über Häufigkeit und Intensität bestimmt, mit der Empfindlichkeit des exponierten Schutzguts ergibt (Hartz et al. 2020c: 31). Daraus spannt sich eine Matrix auf, die für jede Gefahrenart eigens ausgestaltet werden muss (Hartz et al. 2015: 40). Methodische Herausforderungen werden explizit angesprochen (Hartz et al. 2020c: 31, 49 f., 112 f.): Der Wissensstand zu einzelnen Indikatoren, die die Gefahren- und die Schutzgutseite angemessen abbilden, bleibt oftmals lückenhaft. Dies gilt in besonderem Maße für Wechselwirkungen und Kaskadeneffekte. Die Anpassungskapazität als mögliche Komponente von Vulnerabilität lässt sich nur schwer über räumliche Indikatoren fassen. Darüber hinaus stehen oftmals belastbare Aussagen zur zukünftigen Entwicklung sowohl der Gefährdung als auch des Schutzguts nicht zur Verfügung, zumal gerade bei der dynamischen Betrachtung von Risiken auf die Konsistenz der Zeitbezüge der unterschiedlichen Indikatoren geachtet werden muss. Diese Herausforderungen sind auch aus den Klimawandelfolgenanalysen bekannt (BMVBS/BBSR 2013: 39 f.). Auf die methodischen Fragestellungen wird in Kapitel 6 näher eingegangen.

Die Ergebnisse wurden in einer „Handlungshilfe für die Regionalplanung“ zum vorsorgenden Risikomanagement zusammengefasst (BBSR 2020). Im Fazit wird ein Paradigmenwechsel im Umgang mit raumrelevanten Risiken und ein risikobasierter Ansatz in der Raumplanung eingefordert: „Nicht die reine Gefahrenabwehr, sondern die Verringerung von Risiken sollte zukünftig die Leitlinie darstellen. Dies bedeutet, die Empfindlichkeit der Schutzgüter im Kontext einer nachhaltigen Raumentwicklung stärker zu berücksichtigen und auf resiliente Raumstrukturen hinzuwirken“ (ebd.: 81). Die räumliche Risikovorsorge ist mit Blick auf eine hoch vernetzte, vulnerable Gesellschaft unabdingbar; gleichzeitig steht eine Einbettung in die Methoden, Instrumente und Prozesse der Raumplanung noch am Anfang: Der weitere Forschungs- und Entwicklungsbedarf wird dementsprechend bei nahezu allen Aspekten der räumlichen Risikovorsorge gesehen, so auch in Bezug auf Operationalisierung des Vulnerabilitätskonzepts (ebd.: 83; vgl. Hartz et al. 2020c: 114 f.).

Befördert wird die Diskussion um die räumliche Risikovorsorge zudem durch die Verknüpfung mit dem Konzept der Resilienz (vgl. Kap. 4.2.5). Bereits 2005 wurde das Leitbild einer „Disaster Resilient Society“ durch die internationale Staatengemeinschaft formuliert und die erforderliche Wissensbasis als notwendige Voraussetzung dafür gesehen:

> „The starting point for reducing disaster risk and for promoting a culture of disaster resilience lies in the knowledge of the hazards and the physical, social, economic and environmental vulnerabilities to disasters that most societies face, and of the ways in which hazards and vulnerabilities are changing in the short and long term, followed by action taken on the basis of that knowledge“ (UN/ISDR 2005: 7).

In Deutschland wird der durchaus ambivalente Resilienzbegriff im Kontext der Raumplanung seit einigen Jahren verstärkt aufgegriffen (vgl. u. a. Kilper et al. 2017; BBSR 2018; MKRO 2021; BMI 2021, 2022; vgl. Kap. 9.2). Die Deutsche Strategie zur Stärkung der Resilienz gegenüber Katastrophen (BMI 2022) gilt als Beitrag Deutschlands zur Umsetzung des Sendai Rahmenwerks für Katastrophenvorsorge (2015–2030). Es wird ein „All-Gefahren-Ansatz“ verfolgt, das heißt, „es werden kleinräumige und große, häufige und seltene, plötzliche und schleichende Katastrophen sowie die mit ihnen verbundenen ökologischen, technologischen und gesundheitlichen Risiken berücksichtigt“ (ebd.: 26). Dafür sei eine „risikoinformierte Planung“ anzustreben (ebd.: 44). Zu den Empfehlungen zählt unter anderem „durch einen risikobasierten Ansatz in der Raumplanung, der durch die Bewertung von Vulnerabilitäten von Raumnutzungen und Raumfunktionen die Empfindlichkeit der Schutzgüter stärker berücksichtigt, auf resiliente Raumstrukturen hinwirken“ (ebd.: 45; vgl. Kap. 9.3).

3. Forschungsfragen und Forschungskonzept der Arbeit

3.1 Zielsetzung und Forschungsfragen

Der vorliegenden Forschungsarbeit liegt die bereits in Kapitel 1 formulierte Ausgangshypothese zugrunde, dass sich das Vulnerabilitätskonzept gewinnbringend für die räumliche Planung operationalisieren lässt, insbesondere in Zusammenhang mit der räumlichen Risikovorsorge. Dazu ist jedoch eine konzeptionelle Adaption an die Erfordernisse der räumlichen Planung notwendig, wie die Ausführungen in Kapitel 2 zur aktuellen Planungspraxis aufzeigen. Die Arbeit widmet sich somit der grundsätzlichen Frage, wie das Vulnerabilitätskonzept für die Planungspraxis anwendungsorientiert ausgestaltet sowie umgesetzt und damit für Strategien der räumlichen Risikovorsorge und der Klimaanpassung wie auch für Leitvorstellungen einer gerechten, gesunden, klimaangepassten und resilienten Stadt (BMI 2020, 2021) nutzbar gemacht werden kann.

Zunächst ist eine systematische Betrachtung und vertiefte Reflexion des Vulnerabilitätskonzepts und seiner Komponenten sowie von Operationalisierungsansätzen zielführend, da sich in Theorie und Praxis unterschiedliche Perspektiven und methodische Verfahren entwickelt haben. Es gilt zu prüfen, inwieweit sich über die Ausdifferenzierung des Konzepts und seiner Umsetzung in verschiedenen Forschungskontexten Ansatzpunkte für die Anwendungsfelder der Raumplanung ergeben. Dies bildet einen Schwerpunkt der Arbeit.

Die Erkenntnisse stellen die Grundlage für eine Weiterentwicklung des Vulnerabilitätskonzepts für die räumliche Planung dar. Diskutiert werden grundsätzliche Zusammenhänge, einzelne Komponenten und Aspekte sowie methodische Herausforderungen. Darauf aufbauend wird ein Vulnerabilitätskonzept erarbeitet, das auf den Einsatz in der räumlichen Planung ausgerichtet ist. Die einzelnen Komponenten dieses Konzepts liefern zugleich die Basis für eine Operationalisierung in der Planungspraxis. Die Erprobung erfolgt im Rahmen einer Fallstudie gemäß den Schwerpunktsetzungen in dieser Arbeit.

Vor diesem Hintergrund findet eine Einordnung des Vulnerabilitätskonzepts in die verschiedenen Diskurse der Raumplanung, die bereits seit Längerem und auch aktuell zu handlungsleitenden Prinzipien in der Raumentwicklung geführt werden, statt. Zudem wird die Anschlussfähigkeit an die Instrumente und Verfahren der Raumplanung beleuchtet. Die Ergebnisse dienen dazu, das Vulnerabilitätskonzept in das System der räumlichen Planung einzubetten. Es stellt sich die Frage, in welcher Form eine Integration zielführend geleistet werden kann.

Folgende Forschungsfragen umreißen die Ausrichtung der vorliegenden Arbeit:

Vulnerabilität als Begriff und Konzept

1. Wie haben sich Begriff und Konzept in verschiedenen Forschungskontexten entwickelt?
2. Welche Komponenten und Dimensionen sind für Vulnerabilitätskonzepte ausschlaggebend?
3. Welche Erkenntnisse lassen sich daraus zur Ausgestaltung eines Vulnerabilitätskonzepts für die räumliche Planung gewinnen?

Adaption und Integration in die räumliche Planung

4. Wie lässt sich Vulnerabilität für die Anwendungsfelder der räumlichen Planung auf städtischer Ebene konzeptualisieren?

5. Wie sehen konkrete Anwendungskontexte im Bereich der räumlichen Planung aus?
6. Welche Querbezüge entfaltet das Vulnerabilitätskonzept zu den übergeordneten Diskursen in der Raumplanung?
7. Worin besteht der Mehrwert des Vulnerabilitätskonzepts für die integrierte vorsorgende räumliche Planung auf städtischer Ebene?

Operationalisierung von Vulnerabilität für die räumliche Planung

8. Wie lassen sich Vulnerabilitäten im städtischen Kontext (Fokus: Mensch und menschliche Gesundheit) räumlich abbilden?
9. Welche methodischen Ansätze eignen sich hierfür?
10. Wie lassen sich Vulnerabilitätsprofile im Kontext der räumlichen Risikovorsorge nutzen?

3.2 Fokussierung der Arbeit

Die Auswertung der aktuellen Diskurse in Kapitel 2 verdeutlichen die Bandbreite des Themas. Dies wird in besonderem Maße im Rahmen der Aufarbeitung der theoretischen Grundlagen in Teil 2 der Arbeit deutlich. Die konzeptionelle Adaption und Operationalisierung des Vulnerabilitätskonzepts für die räumliche Planung kann jedoch weder für alle Schutzgüter noch für alle Gefahrenarten im Rahmen dieser Forschungsarbeit geleistet werden. Die Schwerpunktsetzung für die Operationalisierung und Erprobung im Rahmen der empirischen Analysen werden nachfolgend begründet.

Fokus I: Schutzgut Mensch

Zu den für die räumliche Planung relevanten Schutzgütern zählen seit der Einführung des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) im Jahr 1990 sowie den UVPG-Novellierungen von 2005 und 2017 nach § 2 Absatz 1:

1. Menschen, insbesondere die menschliche Gesundheit,
2. Tiere, Pflanzen und die biologische Vielfalt,
3. Fläche, Boden, Wasser, Luft, Klima und Landschaft,
4. kulturelles Erbe und sonstige Sachgüter sowie
5. die Wechselwirkung zwischen den vorgenannten Schutzgütern.

Für die Operationalisierung des Vulnerabilitätskonzepts sowie für die empirischen Analysen wird der Fokus auf das Schutzgut „Mensch und menschliche Gesundheit“ gelegt. Dabei beschränkt sich das Konzept von Gesundheit gemäß der Weltgesundheitsorganisation (World Health Organization – WHO) nicht nur auf die Abwesenheit von Krankheit, sondern schließt explizit das Wohlbefinden mit ein (vgl. Kap. 10.1.1). Das bedeutet, dass es auch bei der Analyse von Vulnerabilität nicht nur um Mortalität und Morbidität, sondern auch um Wohlbefinden und Lebensqualität geht.

Im Kontext von Vulnerabilitätsanalysen zu Klimawandelfolgen gewinnt die soziale Perspektive von Verwundbarkeit zunehmend an Bedeutung. Betrachtet werden beispielsweise demographische Unterschiede in der gesundheitsbezogenen Empfindlichkeit gegenüber thermischer Belastung (vgl. u. a. Minnich 2010; Weis et al. 2011; Hartz et al. 2020b, d; Birkmann et al. 2019, 2022) oder Ressourcen bei der Bewältigung von Klimawandelfolgen wie die Evakuierungsfähigkeit unterschiedlicher Bevölkerungsgruppen in Zusammenhang mit wasserbezogenen Naturgefahren (BBK 2011). Darüber hinaus wird Vulnerabilität in unterschiedlichen raumrelevanten Handlungsfeldern unter anderem auf Basis sozialer Indikatoren bestimmt, zum Beispiel in der Sozialraumanalyse (vgl. Kap. 10.1.2).

Die gesellschaftliche Relevanz zeigt sich sehr konkret über die Auswirkungen von Extremereignissen wie der Hitzewelle im Jahr 2003, die zu einer stark erhöhten Mortalitätsrate in Europa führte, vor allem in der Gruppe der älteren Menschen (Koppe et al. 2004: 159). In der Studie zur Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel werden die Klimawirkungen auf die Gesundheit des Menschen bereits heute hervorgehoben: „Sie haben damit nicht nur die höchste Bedeutung, sondern auch die im Vergleich zu Klimawirkungen auf andere Systeme höchste Gewissheit“ (UBA 2015b: 644). Diese Schwerpunktsetzung ist vor allem deshalb interessant, da für das Schutzgut Mensch nicht nur das Konzept der räumlichen Risikovorsorge besondere Relevanz besitzt, sondern vielfältige Bezüge zu weiteren aktuellen Diskursen wie beispielsweise zu Resilienz, Umweltgerechtigkeit oder zur gesunden Stadt bestehen – so zur Neuen Leipzig Charta oder dem Memorandum resiliente Stadt (BMI 2020, 2021).

Räumliche Risikovorsorge bedeutet, sich nicht nur mit der Relation zwischen Gefahr und Schutzgut auseinanderzusetzen, sondern insbesondere einen differenzierten Blick auf die Vulnerabilität des Schutzguts selbst zu werfen (vgl. BBSR 2020). In der Risikobetrachtung stellen die Ausprägungen der Vulnerabilität (bzw. ihrer Komponenten) zentrale moderierende Faktoren dar. Die vorliegende Arbeit setzt sich mit der Operationalisierung der sozialen Vulnerabilität im Zusammenhang mit der Risikovorsorge in der räumlichen Planung auseinander und zeigt gleichzeitig Synergien dieses Ansatzes für weitere Handlungsansätze in der Raum- und Stadtentwicklung auf.

Fokus II: Spezifische Gefahrenarten

Eine vollständige und räumlich konkrete Abbildung aller Gefahrenarten im Sinne tatsächlicher Gefährdungen und Expositionen von Schutzgütern für eine Stadt oder Region ist im Rahmen der Arbeit nicht möglich. Das liegt unter anderem darin begründet, dass für viele Gefahrenarten keine detaillierten und GIS-gestützten Datengrundlagen vorliegen. Im Rahmen des MORO „Vorsorgendes Risikomanagement in der Regionalplanung“ wurden die Gefahrenkomplexe Flusshochwasser, Küstensturmfluten, Starkregen, thermische Belastung, Wassermangel, Erdbeben, geogene Gefahren, Störfallbetriebe und Gefahrguttransporte betrachtet (Hartz et al. 2015, 2020c). Im Ergebnis zeigt sich: „Insgesamt bleibt der Wissensstand zu den einzelnen Gefahrenarten lückig. Oftmals fehlen die erforderlichen Datengrundlagen, oder sie liegen nicht in der für die Raumplanung notwendigen Qualität vor“ (Hartz et al. 2020c: 80).

Allerdings gilt diese Aussage zunächst nur für die Ebene der Regionalplanung. Auf örtlicher Ebene kann die Datenlage – zumindest für die größeren Städte – oftmals als deutlich besser eingeschätzt werden. Mittlerweile liegen beispielsweise meso- bis mikroskalige Modellierungen der thermischen Belastung oder auch Modellierungen der Starkregengefährdung auf örtlicher Ebene vielfach vor. Gerade diese beiden Gefahrenkomplexe eignen sich aufgrund der Datenlage besonders gut zur Erprobung des Operationalisierungsansatzes und bilden den Schwerpunkt des empirischen Teils (Teil 4). Die Gefahrenarten Hitzestress und Überflutungen wurden ausgewählt, da

- eine Raumrelevanz unmittelbar gegeben ist,
- ausgeprägte Wirkungszusammenhänge mit dem betrachteten Schutzgut Mensch bestehen,
- entsprechende Datengrundlagen für die empirischen Untersuchungen im Fallstudiengebiet dazu vorliegen und somit
- somit unterschiedliche Gefahrenarten in der Operationalisierung erprobt und (Multi-)Risikolagen identifiziert werden können.

Fokus III: Städtischer Kontext

Mit Blick auf die zunehmende (weltweite) Verstädterung entfaltet die Diskussion um die Verwundbarkeit der Städte eine besondere Relevanz (Abramovitz 2001: 131). In Städten kumulieren Risiken; hier werden Transformationsprozesse in besonderem Maße sicht- und spürbar: „As the

World Disasters Report puts it, ‘growing cities concentrate risk‘“ (ebd.: 132). PELLING bezeichnet Städte als „sites of disaster“ (Pelling 2003: 19). Städte sind Brennpunkte des ökonomischen, sozialen und politischen Lebens, in ihnen bündeln sich Ströme von Macht, Energie und Information: „Indeed, it is contestation over patterns of distribution and transformation of these three flows that shape urban life and underpin geographies of vulnerability and environmental risk in the city“ (ebd.: 20). Insofern sind Gefährdungen, Risiken und Vulnerabilitäten „quasi eingeschrieben in das Städtische“ (Bürkner 2010: 28).

Der Klimawandel verändert die Lebensbedingungen in allen Teilen Deutschlands, allerdings wie oben dargestellt in besonderem Maße in Städten. Dies gilt nicht nur in Bezug auf Klimafolgen wie Hitzestress und Überflutungen, sondern geschieht auch durch den notwendigen Beitrag zum Klimaschutz, im Rahmen dessen unter anderem die Energie-, Wärme- und Mobilitätswende einen Umbau der Städte erfordern. Soziale Segregationsprozesse, aktuell gefördert durch einen knapper werdenden Wohnungsmarkt, die Zunahme einkommensschwacher Bevölkerungsgruppen und die vermehrte Ankunft Geflüchteter, verstärken ungleiche Verteilungsmuster von Verwundbarkeit in Städten (vgl. Spellerberg 2020). Die Bevölkerung und (öffentlichen) Institutionen sehen sich „multiplen Krisen“ gegenüber, deren Komplexität und Dynamiken „tendenziell zu einer Überforderung“ führen (Brand 2009: 1). Kumulative Überlagerungen, Wechselwirkungen und kaskadierende Effekte von Veränderungsprozessen schränken zugleich die Prognosemöglichkeiten ein und vergrößern die Unsicherheiten in Bezug auf eine Steuerung und Governance in den Städten (BBSR 2018: 10).

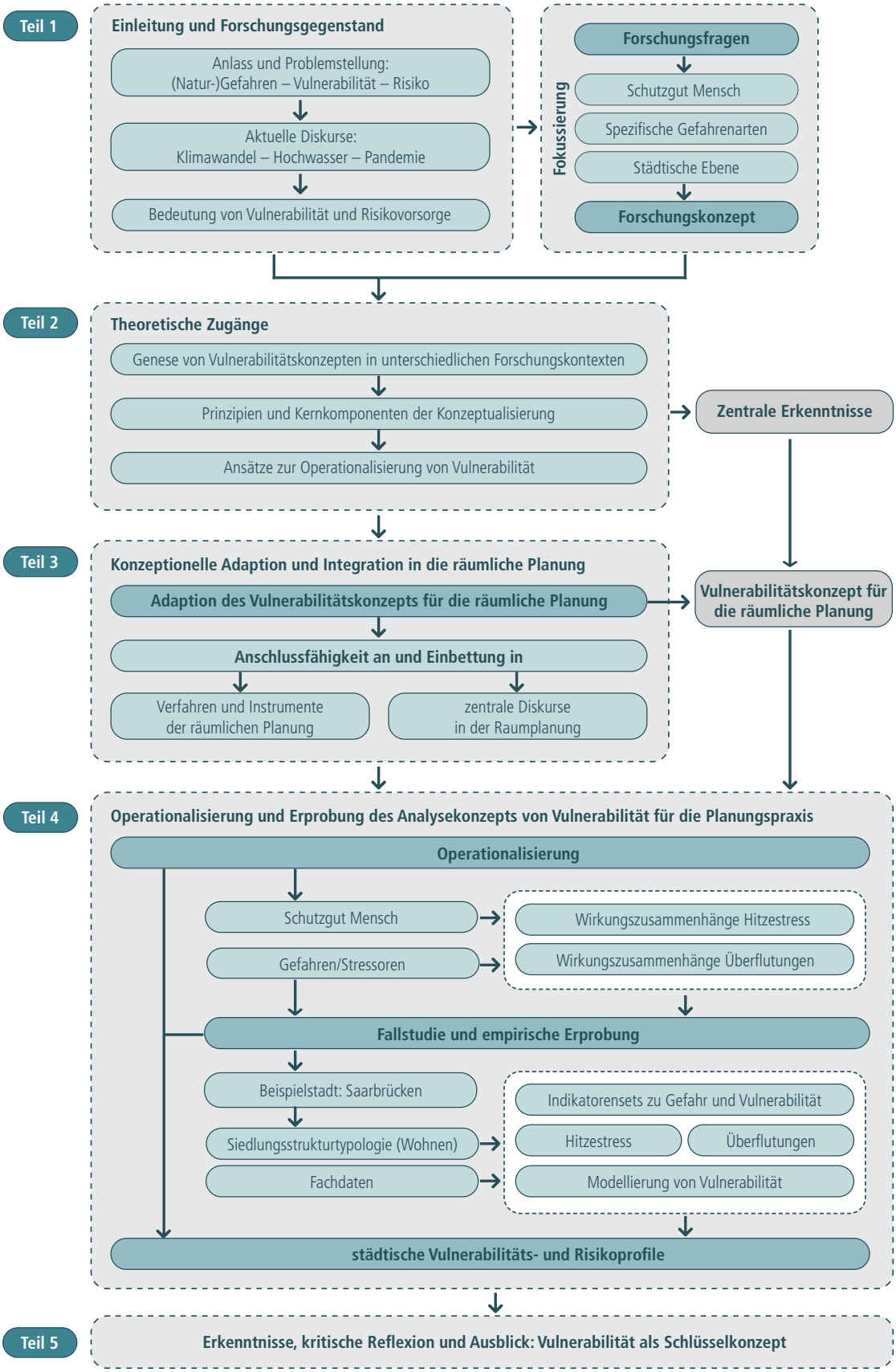
Ein wichtiges Steuerungsinstrument ist die räumliche Planung. Hier wird zwischen örtlicher und überörtlicher Ebene unterschieden: Auf örtlicher Ebene setzt das BauGB den maßgeblichen Rahmen für die räumliche Gesamtplanung, auf überörtlicher Ebene das ROG. Damit kommen unterschiedliche formalrechtliche Instrumente zum Einsatz. Mit dem Maßstabssprung von der örtlichen zur überörtlichen Ebene verbindet sich darüber hinaus eine veränderte Körnigkeit in Analyse und Planung. Wenngleich beide Ebenen gerade in Stadtregionen und Agglomerationen in enger Wechselwirkung stehen, tritt für eine Analyse von Vulnerabilität, insbesondere in Verbindung mit dem Schutzgut Mensch, die örtliche Ebene in den Vordergrund: „The fundamental scale of vulnerability, primarily because of differentiation within the community, is local, though processes operating at broader spatial scales do contribute significantly to patterns of vulnerability at the local level“ (Adger et al. 2004: 17). Die Konzentration auf städtische Kontexte eröffnet die Möglichkeit,

- Gefahren- und Risikosituationen abbilden zu können, die vor allem in städtischen Räumen kumulieren,
- auf eine breitere Datenbasis für unterschiedliche Gefahrenarten zurückzugreifen (s. o.),
- das Schutzgut Mensch über sozioökonomische Daten gut beschreiben zu können, da diese Daten auf städtischer Ebene eher vorgehalten werden,
- detailliertere Erhebungen und somit eine kleinräumigere Betrachtung vorzunehmen, und,
- über das Erfordernis der Klimaanpassung und Risikovorsorge gerade in städtischen Räumen, Zugang zu Praxispartnerinnen und -partnern zu finden.

3.3 Forschungskonzept, Aufbau und Methoden der Arbeit

Die **Forschungsstrategie** beruht entsprechend den Forschungsfragen auf unterschiedlichen Zugängen zum Thema (vgl. Abb. 6). Nach den einleitenden Erläuterungen zu Problemstellungen und aktuellen Diskursen sowie zu Forschungsziel und -konzept (Teil 1) widmet sich Teil 2 der Arbeit den theoretischen Zugängen. Hierbei geht es darum, die Genese und Entwicklungskontexte von Vulnerabilitätskonzepten nachzuvollziehen. Zudem werden Prinzipien und konstitutive Komponenten von Vulnerabilität, die in unterschiedlichen disziplinären Zusammenhängen aufgerufen werden, beleuchtet und auf ihre planungspraktische Relevanz hin untersucht.

Abbildung 6: Aufbau der Arbeit und Forschungskonzept
Quelle: eigene Darstellung



Auf Grundlage dieser Erkenntnisse wird im Teil 3 ein Vorschlag zur Adaption des Vulnerabilitätskonzepts für die räumliche Planung erarbeitet, der die unterschiedlichen Prinzipien und konstitutiven Komponenten für die spezifischen Belange der Planungspraxis interpretiert und zu einem konsistenten Ansatz zusammenfügt. In diesem Teil der Arbeit wird zudem die Bedeutung des Vulnerabilitätskonzepts für die räumliche Planung dadurch herausgestellt, dass Querbezüge zu normierten beziehungsweise aktuell diskutierten Leitvorstellungen und Handlungsprinzipen der räumlichen Planung aufgezeigt werden. Ziel ist es, die Anschlussfähigkeit des Konzepts beziehungsweise seiner Elemente an die räumliche Planung kritisch zu prüfen und Schnittstellen zu den Instrumenten und Verfahren der räumlichen Planung herauszuarbeiten.

Schlussendlich steht im Teil 4 der Arbeit die Operationalisierung von Vulnerabilität im planungspraktischen Kontext im Vordergrund. Diese bezieht sich – der Fokussierung der Arbeit entsprechend – auf das Schutzgut Mensch, spezifische Gefahrenarten und die städtische Ebene. Es werden mögliche Wirkpfade und Wirkungszusammenhänge, welche die Relation zwischen Schutzgut und Gefahrenart beschreiben, aufgearbeitet. Für exemplarische Wirkungszusammenhänge werden Indikatoren bestimmt und deren Einsatzmöglichkeiten ausgelotet. Im Ergebnis liegen die methodischen Ansätze für die Fallstudie und den empirischen Teil der Arbeit vor. Ziel ist, die planungspraktische Anwendbarkeit und Reichweite von Vulnerabilitätsanalysen sowie die damit verbundenen methodischen Herausforderungen zu erkunden. Als Fallstudienkontext wurde Saarbrücken ausgewählt, da aufgrund der Vorarbeiten der Autorin ein Zugang zu erforderlichen Datengrundlagen besteht.

Im Ergebnis soll ein konsolidiertes Anwendungskonzept für Vulnerabilitätsanalysen in der Raumplanung vorliegen, das unmittelbar in Planungskontexte eingestellt werden kann und auf vielfältige Weise einen Beitrag zur Qualifizierung planerischer Strategien im Sinne der räumlichen Risikovorsorge leistet. In Teil 5 werden die Ergebnisse zusammenfassend betrachtet und kritisch reflektiert; zudem wird der weitere Forschungsbedarf aufgezeigt.

Im Rahmen der Arbeit kommt ein **Methodenmix** zur Anwendung, der auf qualitative und (semi-) quantitative Analysen ausgerichtet ist. Die Auswertungen in Teil 2 basieren auf einer fokussierten Literaturrecherche zum Themenfeld Vulnerabilität. Die Literaturrecherche und die anschließende Dokumentenanalyse dienten dazu, vorhandene Vulnerabilitätskonzepte in vorab definierten Forschungskontexten zu erfassen und zu beschreiben. Ziel war es, Unterschiede, gemeinsame Prinzipien und konstitutive Komponenten herauszuarbeiten, um darauf aufbauend ein Vulnerabilitätskonzept für die räumliche Planung ableiten zu können. Aufgrund der Vielfalt an einschlägiger Literatur zum Thema Vulnerabilität wurden zunächst Reviews ausgewertet und darüber relevante Quellen erschlossen und zur weiteren Vertiefung genutzt. Diese rückwärtsgerichtete Suche, auch als Methode der konzentrischen Kreise oder als Schneeballsystem bezeichnet, wurde ergänzt mit einer systematischen Literatursuche in einschlägigen Datenbanken mittels Stichwortsuche (Kornmeier 2016: 84 ff.). Bei der systematischen Literatursuche erfolgte eine konsequente Fokussierung auf raum- und planungsbezogene Quellen zum Thema Vulnerabilität. Für den Bereich der räumlichen Risikovorsorge wurden zudem aktuelle Forschungsarbeiten in Deutschland zur Auswertung herangezogen, darunter auch Arbeiten, an denen die Autorin mitgewirkt hat (vgl. Angaben im Curriculum Vitae). Die Erkenntnisse aus der Literatur- und Dokumentenanalyse lieferten die Grundlage, ein für die räumliche Planung adaptiertes Vulnerabilitätskonzept zu entwickeln.

Die Operationalisierung des Vulnerabilitätskonzepts fokussiert sich auf den analytischen Kern, das heißt auf die eigentliche Vulnerabilitäts***analyse***. Dies erfolgte zunächst über eine konzeptionelle Auseinandersetzung mit dem Schutzgut Mensch und menschliche Gesundheit sowie potenziellen Gefahrenarten und Stressoren im städtischen Kontext. Letztere wurden nochmals ausführlich für die Gefahrenarten Hitzestress sowie Überflutung durch Hochwasser und Starkregen vertieft. Auch hierzu fanden eine Literaturrecherche und Dokumentenanalyse statt.

Die Operationalisierung der aufgezeigten Wirkzusammenhänge zwischen Schutzgut und Gefahrenart wurden auf Basis einer Fallstudie demonstriert. Fallstudien dienen der empirischen Untersuchung von komplexen (sozialen) Phänomenen im realweltlichen Kontext: „the case study method allows investigators to retain the holistic and meaningful characteristics of real-life events“ (Yin 2003: 2). Im Gegensatz zum Experiment werden Rahmenbedingungen und Kontextfaktoren einbezogen, was gerade für (kontextbezogene) Vulnerabilitätskonzepte von besonderer Bedeutung ist. Die Fallstudie dient somit der Erkundung kontextabhängigen Wissens (Flyvbjerg 2011: 303). Hierin liegt ein Vorteil von Fallstudien als Forschungsstrategie. Als weitere Vorteile beschreibt FLYVBJERG die Untersuchungstiefe von Fallstudien oder auch die Möglichkeit, neuen Hypothesen und Forschungsfragen nachzugehen (ebd.: 314).

Fallstudien sind nach YIN im Vergleich zu Experimenten, Befragungen oder Dokumentenanalysen insbesondere dann geeignet, wenn „a ‘how‘ or ‘why‘ question is being asked about a contemporary set of events, over which the investigator has little or no control“ (Yin 2003: 9). Bei der Operationalisierung des Vulnerabilitätskonzepts handelt es sich um Forschungsfragen mit einem expliziten Wie- und Warum-Charakter, demnach um einen deskriptiven und explanativen Ansatz (Lamker 2016: 38). Entsprechend bietet sich das Fallstudiendesign an, um das entwickelte Vulnerabilitätskonzept in der Praxis und für die Zwecke der räumlichen Planung zu überprüfen: „Wissen über praktische Zusammenhänge, Prozesse und Auswirkungen von Planungen kann sehr gut an konkreten Beispielen und damit in einem Fallstudiendesign generiert werden“ (ebd.). Dabei kommt ein Einzelfalldesign mit unterschiedlichen integrierten Analyseeinheiten zum Tragen (Yin 2003: 40). Im Fall dieser Arbeit handelt es sich um einen städtischen Kontext, im Rahmen dessen Wirkungszusammenhänge zwischen dem betrachteten Schutzgut und verschiedenen Gefahrenarten analysiert werden. Damit werden typische und gut übertragbare Situationen für eine Vielzahl anderer Fälle, das heißt andere Kommunen, abgebildet. Im Ergebnis können Schlüsse für vergleichbare städtisch geprägte Situationen abgeleitet werden (vgl. Yin 2003, Lamker 2016).

Im Rahmen des qualitativen Fallstudiendesigns, das auf eine Operationalisierung des analytischen Kerns des Vulnerabilitätskonzepts ausgerichtet ist, kamen zudem empirisch-quantitative Methoden zum Einsatz. Diese bezogen sich in erster Linie auf eine Auswertung von Geodaten sowie deren Verknüpfung mit soziodemographischen und sozioökonomischen Daten. Die Auswertung erfolgt mittels Geographischem Informationssystem, also GIS-gestützt. Dabei konnte auf zahlreichen Grundlagen aufgebaut werden, die im Rahmen der Projektarbeiten der Autorin generiert und vonseiten der Stadt Saarbrücken zur weiteren Nutzung zur Verfügung gestellt wurden. (Daten-)Grundlagen und Vorgehensweise werden in Kapitel 11 der Arbeit ausführlich beschrieben.

TEIL 2:

Theoretische Zugänge zu Vulnerabilität

Die nachfolgenden Kapitel widmen sich unterschiedlichen konzeptionellen Zugängen zu Vulnerabilität, der Genese dieser Konzepte in verschiedenen Forschungsgebieten, deren Differenzen und Gemeinsamkeiten sowie den Prinzipien und Kernkomponenten, die diese Ansätze im Zusammenhang mit Vulnerabilität aufrufen. Schlussendlich geht es darum, die Verwertbarkeit der konzeptionellen Ansätze für die räumliche Planung zu prüfen. Das ist aus Sicht der Autorin der vorliegenden Arbeit allein schon aufgrund der Vielfalt an Definitionen von Vulnerabilität geboten. Diese legen den Verdacht nahe, dass die implizite Verwendung des Begriffs in den unterschiedlichsten disziplinären Kontexten eine präzise und konsensfähige Definition erschwert (Dow 1992: 417).

4. Vulnerabilität: eine theoretische Annäherung an Begriff und Konzept

4.1 Ein Paradigmenwechsel und eine Erfolgsgeschichte

Der Begriff der Vulnerabilität lässt sich auf das lateinische Verb „vulnerare“ zurückführen, das mit verwunden oder verletzen übersetzt werden kann (Langenscheidt 2023). KELLY und ADGER betonen in ihren Ausführungen zum Wortursprung zudem den römischen Sprachgebrauch von „vulnerabilis“: „the state of a soldier lying wounded on the battlefield“ (Kelly/Adger 2000: 328). Das bedeutet aus ihrer Perspektive, dass sich Vulnerabilität im klassischen Sinne aus bereits bestehenden und nicht erst durch zukünftige „Verwundungen“ ergibt („wounded soldier approach“). Demnach seien bei der Einschätzung der Vulnerabilität gegenüber externen Stressoren der derzeitige Zustand und vorhandene Reaktionskapazitäten von Individuen oder sozialen Gruppen entscheidend (ebd.).

Die Verwundbarkeit von Subjekten, Objekten oder Systemen ist somit Gegenstand der Betrachtung: Beleuchtet wird der Zusammenhang zwischen Gefährdungen, Störungen und Stress auf der einen Seite und der Reaktion des betroffenen Subjekts, Objekts oder Systems auf der anderen Seite. KATES formuliert hierzu für Gesellschaften treffend und mit etymologischem Verweis: „How the society responds to the perturbation is determined by its vulnerability, literally meaning its capacity to be wounded“ (Kates 1985: 17).

Im Deutschen werden unterschiedliche Übersetzungen für den Begriff der Vulnerabilität genutzt: Neben „Verwundbarkeit“ finden sich unter anderem „Verletzlichkeit“ oder „Anfälligkeit“. Allerdings verengen einige dieser Begriffe die Bedeutung und damit auch die konzeptionellen Zugänge, da diese oftmals über die Beschreibung möglicher Schäden und „Verletzungen“ hinausgehen beziehungsweise „neben dem Aspekt der Anfälligkeit (susceptibility) auch die Aspekte Bewältigungspotenzial (coping capacity) und Exposition (exposure)“ aufgreifen (BBK 2011: 15). Insofern ist aus Sicht der Autorin „Verwundbarkeit“ am ehesten für eine Übersetzung geeignet und wird in der vorliegenden Arbeit als Synonym für Vulnerabilität verwendet.

Der Begriff hat im Rahmen unterschiedlicher wissenschaftlicher Disziplinen in den vergangenen Jahrzehnten eine „beispiellose Konjunktur erlebt“ (Felgentreff et al. 2012: 39). Die Zahl der Publikationen zu Vulnerabilität stieg insbesondere ab Mitte der 1990er-Jahre sprunghaft an (Janssen et al. 2006: 243). Grund hierfür ist der in Kapitel 1 beschriebene Paradigmenwechsel in der Analyse von Katastrophen seit den 1970er-Jahren, in dessen Zuge die „Natürlichkeit“ von „Naturkatastrophen“ hinterfragt wurde (vgl. u. a. O‘Keefe et al. 1976; Wisner et al. 2003). Dieser Paradigmenwechsel ging einher mit der Ausbreitung zweier Konzepte, welche die Art und Weise, in der Katastrophen „konstruiert“ wurden, fundamental veränderten: Vulnerabilität und Resilienz (Bara 2012: 227; vgl. zudem Gaillard 2010).

Es wurde deutlich, dass die Analyse und Prognose von Eintrittswahrscheinlichkeit, Intensität und Dauer von Naturereignissen nicht ausreichen, um Katastrophen zu verstehen. Katastrophen und damit der Verlust an Menschenleben, die Höhe von Sachschäden oder auch intangible Verluste lassen sich nur dann verstehen, wenn die Vulnerabilität der betroffenen Subjekte, Objekte und Systeme im Sinne einer „capacity to be wounded“ (s. o.) einbezogen wird. Damit rückten zunehmend die gesellschaftlichen Ursachen von (sozialer) Vulnerabilität in den Fokus der Forschung, die bislang kaum Berücksichtigung gefunden hatten: „Rarely mentioned are the underlying causes of increased social vulnerability to hazards or disaster events“ (Cutter 1996: 529).

Die Einführung und Nutzung des Konzepts der Verwundbarkeit veränderte somit das Denken über Katastrophen grundsätzlich und nachhaltig. Die Hinwendung zum vulnerablen Subjekt, Objekt oder System entfachte Diskussionen darüber, wie sich unterschiedliche Vulnerabilitäten in Gesellschaften sowie in Raum und Zeit erfassen lassen und welche ökonomischen, institutionellen, sozialen und individuellen Rahmenbedingungen diese bedingen. Dabei reicht das Begriffsverständnis von Vulnerabilität als implizite Anfälligkeit eines Subjekts, Objekts oder Systems gegenüber einem Stressor über Vulnerabilität als direkte Folge der Exposition gegenüber einer bestimmten Gefahr bis hin zu Vulnerabilität als Möglichkeit oder Wahrscheinlichkeit, Verluste oder Schäden infolge eines spezifischen Ereignisses zu erleiden (Villágran de León 2006: 11).

In den folgenden Kapiteln werden diese Begriffsverständnisse in verschiedenen Forschungszusammenhängen näher betrachtet, um die unterschiedlichen Konzeptionalisierungen von Vulnerabilität nachzuvollziehen und deren Anschlussfähigkeit an die räumliche Planung auszuloten.

4.2 Die Genese konzeptioneller Ansätze

Vulnerabilität findet als Begriff in zahlreichen Forschungsgebieten Verwendung – von Medizin und Psychologie über Geographie und Ökologie bis zu den Wirtschafts-, Raum- und Ingenieurswissenschaften (Adger 2006: 269). Die unterschiedlichen Vulnerabilitätskonzepte lassen sich nicht auf eine theoretische Grundlage als Ausgangspunkt zurückführen, vielmehr haben vielfältige wissenschaftliche Diskurse, insbesondere im Zusammenhang mit dem Klimawandel, deren Entwicklung beeinflusst (Janssen et al. 2006: 249).

In den vergangen zwei Dekaden entstanden mehrere Reviews, die einen guten Überblick über die zu dieser Zeit entwickelten Vulnerabilitätskonzepte sowie deren Ursprünge und Ausrichtungen geben (vgl. u. a. Cutter 1996; Alwang et al. 2001; Weichselgartner 2001, 2016; Cutter et al. 2003; Schneiderbauer/Ehrlich 2004; Adger 2006; Birkmann 2006, 2013a; Füssel/Klein 2006; Villágran de León 2006; Bürkner 2010; Matyas/Pelling 2012; Costa/Kropp 2012; Ciurean et al. 2013; Etzold/Sakdapolrak 2016; Biswas/Nautiyal 2023). Die Reviews dienen als Ausgangspunkt für eine nähere Befassung mit der Entwicklung und den konstitutiven Merkmalen von Vulnerabilitätskonzepten.

Frühe Konzeptionalisierungen von Vulnerabilität finden sich in der Geographie, insbesondere der Human- und Entwicklungsgeographie (vgl. u. a. Timmerman 1981; Liverman 1990; Blaikie et al. 1994) sowie in den Sozialwissenschaften (vgl. u. a. Chambers 1989; Bohle et al. 1994). Die Konzepte kamen in der Naturgefahren- und Risikoforschung zum Einsatz, wurden vor allem jedoch in die Forschung zu Entwicklungsländern sowie zum globalen Umweltwandel operationalisiert. Gleichwohl ging mit der Anwendung in unterschiedlichen disziplinären Kontexten keine Konvergenz der methodischen Ansätze einher (Cutter 1996: 530). Vielmehr gilt: „The variety of efforts across disciplines to address vulnerability has generated a pot-pourri of terms, differing approaches, and concepts“ (Kasperson et al. 2001a: 24). Diese Aussage gilt bis heute und wird vor allem durch die wissenschaftliche und planungspraktische „Karriere“ von Resilienzkonzepten weiter geschürt.

ADGER identifizierte zwei relevante Theorien als Grundlage aktueller Vulnerabilitätskonzepte: zum einen die sozialökologische Forschung mit Schwerpunkten auf Vulnerabilität, Anpassung und Resilienz sozialökologischer Systeme, zum anderen die Forschung zu Armut („vulnerability of livelihoods to poverty“) (Adger 2006: 270). BIRKMANN benennt verschiedene relevante Denkschulen, die Vulnerabilitätskonzepte entwickelt und genutzt haben: Ansätze mit Wurzeln in der politischen Ökonomie, solche, die sich in erster Linie gekoppelten Mensch-Umwelt-Systemen widmen, oder auch Ansätze in der Risiko- und Klimawandelforschung, die den Bogen zu Anpassungsprozessen schlagen (Birkmann 2013a: 62 f.).

Nach FÜSSEL lässt sich zudem zwischen einer eher deskriptiven Anwendung in den Natur- und Ingenieurswissenschaften und einer eher kontextbezogenen und in Erklärungsmodelle eingebetteten Anwendung in den Sozialwissenschaften unterscheiden (Füssel 2007: 155). In der Klimawandelforschung wurde auch kritisch beleuchtet, dass sich die Konzeptualisierung von Vulnerabilität entweder als „end point" – sozusagen als Ergebnis der Klimawirkungen – oder als „starting point" – im Sinne einer generischen Systemeigenschaft – unmittelbar auf Diagnose und Handlungsstrategien auswirken (O'Brien et al. 2004: 5 f.). Mit der Operationalisierung von Vulnerabilität im Sinne eines „Assessment Tools" verbindet sich dementsprechend die Erwartung, dass sich jenseits einer empirisch-analytischen Handhabung auch normative Schlussfolgerungen und somit Lösungsansätze zum Umgang mit Stressoren jedweder Art ergeben: „The challenge of clarifying vulnerability, therefore, goes beyond the discussions between scholars" (Costa/Kropp 2012: 1).

In der Literatur finden sich angesichts der überbordenden Vielfalt an Zugängen verschiedene Systematisierungsansätze zu Vulnerabilitätskonzepten (vgl. u. a. Dow 1992: 420; Cutter 1996: 530 ff.; Villágran de León 2006: 14; Füssel/Klein 2006: 305; Birkmann 2006, 2013a). Diese beziehen sich unter anderem auf die Merkmals- oder Ergebnisstruktur der Konzeptionalisierungen, assoziierte Themen und Dimensionen, die adressierten geographisch-politischen Ebenen oder unterschiedliche Denkschulen. ADGER gibt zu bedenken, dass die Systematisierungsversuche in der Literatur unterschiedliche Ergebnisse zeigen, in Abhängigkeit davon, ob ein disziplinärer, definitorischer oder ergebnisorientierter Zugang im Vordergrund steht (Adger 2006: 270). Die in dieser Arbeit gewählte Herangehensweise folgt der Einteilung in Denkschulen beziehungsweise disziplinäre Kontexte (vgl. insbesondere Alwang et al. 2001; Birkmann 2006, 2013a; Ciurean et al. 2013) und ist demnach nur eine von vielen Möglichkeiten, um Vulnerabilitätskonzepte zu systematisieren. Der Fokus liegt auf den verschiedenen Forschungszusammenhängen, innerhalb derer Vulnerabilitätskonzepte entwickelt worden sind beziehungsweise zum Einsatz kommen. So lassen sich Ziele und Rahmenbedingungen, Genese und Veränderungen in der Konzeptualisierung kontextspezifisch herausarbeiten und auf ihre Verwertbarkeit für die räumliche Planung prüfen.

Im Folgenden werden zentrale disziplinäre Perspektiven und Forschungszweige aufgerufen, die einen maßgeblichen Beitrag zur Ausgestaltung von Vulnerabilitätskonzepten geleistet haben und gleichzeitig das für die Raumplanung relevante Feld der Konzeptualisierung aufspannen. Für die Raumplanung sind gerade diejenigen Konzepte von besonderer Bedeutung, die einen expliziten territorialen Bezug aufweisen. Somit wird in den nächsten Kapiteln näher auf folgende Forschungskontexte eingegangen:

- Vulnerabilität im Kontext der Entwicklungsländer- und Armutsforschung
- Vulnerabilität im Kontext der Naturgefahren- und Risikoforschung
- Vulnerabilität im Kontext der Klimafolgenforschung
- Vulnerabilität im Kontext der sozialökologischen Forschung
- Vulnerabilität im Kontext der Resilienzforschung

4.2.1 Vulnerabilität im Kontext der Entwicklungsländer- und Armutsforschung

Seit Mitte des 20. Jahrhunderts sind zahlreiche Vulnerabilitätsstudien entstanden, die sich mit der Exposition der Bevölkerung gegenüber Armutsrisiken und Hungersnöten in den sogenannten Entwicklungsländern befassen (vgl. u. a. Chambers 1989; Cutter 1996; Wisner et al. 2003; Pelling 2003; Adger et al. 2004; Adger 2006; Fuchs et al. 2011). Diese Studien waren zunächst eng gekoppelt mit der Naturgefahrenforschung, deren Fokus auf der Analyse von Extremereignissen wie Dürren oder Überschwemmungen im Zusammenhang mit Hungersnöten lag (Schneiderbauer/

Ehrlich 2004: 14). Mit der Entwicklungsländer- und Armutsforschung veränderte sich die Perspektive.

Der Entitlement-Ansatz als prägende Perspektive in der Armutsforschung

Erst allmählich rückten die soziale Vulnerabilität und ihre Ursachen in den Fokus. Diese Sichtweise wurde Anfang der 1980er-Jahre maßgeblich von SEN und dem von ihm eingeführten Entitlement-Ansatz geprägt (vgl. u. a. Dow 1992: 46; Adger 2006: 270; Dietz 2006: 15). Er legte an Beispielen zu Hungersnöten weltweit dar, dass diese nicht oder zumindest nicht in erster Linie auf Naturkatastrophen beziehungsweise einer damit einhergehenden Verknappung von Nahrungsmitteln zurückzuführen sind: „[…] the causal mechanism precipitating starvation has to bring in many variables other than the general availability of food“ (Sen 1981: 154). Auch eine Engführung mit Armut sei nicht zielführend: „Classifying the population into the rich and the poor may serve some purpose in some context, but it is far too undiscriminating to be helpful in analysing starvation, famines, or even poverty“ (ebd.: 156). Vielmehr gehe es um die ökonomischen Rahmenbedingungen und Machtverhältnisse, die den (legalen) Zugang zu Nahrungsmitteln in einer Gesellschaft bestimmen und oftmals spezifische Bevölkerungsgruppen benachteiligen: „The entitlement approach views famines as economic disasters, not as just food crises“ (ebd.: 162; vgl. auch Sen 1984: 477). „Entitlements“ sind demnach wirtschaftliche, soziale und gesellschaftliche Ressourcen und Zugänge, über die Individuen oder Bevölkerungsgruppen verfügen, um die eigene Ernährung, das eigene Wohlergehen und die (ökonomische) Sicherheit gewährleisten zu können.

Der Entitlement-Ansatz fand alsbald breite Verwendung in der Forschung zu Ernährungssicherheit und Armut. Er legte den Grundstein dafür, dass sich die Erklärungsmodelle zu Vulnerabilität auf Variablen wie Institutionengefüge, sozialer Status und Klasse, Wohlergehen und Geschlecht stützten (Adger 2006: 270). Damit wird die Entstehung schwieriger Lebenslagen von Bevölkerungsgruppen mit den strukturellen Ursachen dieser Prozesse verknüpft: „Mit Vulnerabilität von Individuen und sozialen Gruppen ist hier der prekäre und stets gefährdete Zugang zu existentiell notwendigen Ressourcen wie z. B. Nahrung, Wasser oder Einkommen gemeint“ (Christmann et al. 2011: 2). Letztlich geht es um „Verteilungsfragen, Fragen der Ressourcenallokation und Fragen nach den legal verfassten Ansprüchen auf Bildung und Wissen“ (Dietz 2006: 16). Im Gegensatz zu Ansätzen der Naturgefahrenforschung wird somit die soziale Dimension in Ursache und Ergebnis ausdifferenziert, wohingegen physische beziehungsweise ökologische Faktoren eher eine untergeordnete Rolle spielen (Adger 2006: 271).

Das Schlüsselkonzept der „Sustainable Livelihoods“

Aufbauend auf dem Entitlement-Ansatz und Arbeiten von CHAMBERS (1989) sowie von CHAMBERS und CONWAY (1992) entwickelte sich das Konzept der „Sustainable Livelihoods“ mit einem Schwerpunkt auf ländlichen Räumen (Matyas/Pelling 2012: 6). „Livelihood“ lässt sich mit Lebensunterhalt oder Existenzgrundlage übersetzen. Die Sustainable-Livelihoods-Perspektive zeigt deutliche Bezüge zu Konzepten von Risiko und Vulnerabilität: „a livelihood is sustainable which can cope with and recover from stress and shocks, maintain or enhance its capabilities and assets, and provide sustainable livelihood opportunities for the next generation" (Chambers/Conway 1992: 6). Vulnerabilität wird als Zusammenspiel von externen Stressoren und interner Bewältigungskapazität verstanden (vgl. Matyas/Pelling 2012; DFID 2001: 2.2). Der Fokus des Konzepts liegt dabei auf Individuen, Haushalten und Bevölkerungsgruppen: „The livelihoods approach puts people at the centre of development“ (DFID 2001: 1.3).

Das Konzept fand Eingang in den internationalen Nachhaltigkeitsdiskurs und die internationale Zusammenarbeit zur Armutsbekämpfung (Auch 2005: 5, 25). Die Agenda 21 der Vereinten Nationen widmet Kapitel 3 dem Programmziel „Enabling the poor to achieve sustainable livelihoods“

(UN 1992a). In der Praxis wird der Ansatz über das Sustainable Livelihoods Framework und die Livelihoods Analysis operationalisiert (DFID 2001: 1.1/3.1). Wenngleich das Rahmenkonzept mit Human-, Sozial- und Finanzkapital sowie Naturkapital und physischem Kapital unterschiedliche Kapitalarten aufruft, so rücken dennoch – vergleichbar mit dem Entitlement-Ansatz – auch hier physische beziehungsweise ökologische Aspekte des Risikos in den Hintergrund (Adger 2006: 272). Es geht in erster Linie um „Überlebensstrategien armer Familien und deren Anpassungsfähigkeit“ (Wenzel 2016: 28).

Strukturelle (soziale) Vulnerabilität und Armut

Die Entwicklungsländerforschung stützt sich bei Konstrukten wie den Sustainable Livelihoods auf theoretische Konzepte der Politischen Ökonomie, der Politischen Ökologie und des Sozialkapitalansatzes; Vulnerabilität wird auf „systemisch verursachte Marktkrisen, soziale Ungleichheit, strukturell bedingte Benachteiligungen und die mangelnde politische Partizipation der betroffenen Gruppen“ zurückgeführt (Bürkner 2010: 12 f.). Diese strukturelle (soziale) Vulnerabilität adressiert Armut insofern, als dass Armut gleichzeitig als deren Ergebnis sowie als konstitutives Merkmal verstanden wird (ebd.: 12).

CHAMBERS grenzt Vulnerabilität hingegen in einer frühen Veröffentlichung deutlich von Armut ab: „Vulnerability, though, is not the same as poverty. It means not lack or want, but defencelessness, insecurity, and exposure to risk, shocks and stress“ (Chambers 1989: 1). Er betont, dass Armut zwar ein Faktor für eine höhere Vulnerabilität darstellen könne, darüber hinaus aber andere Faktoren zu einer Differenzierung vulnerabler Gruppen innerhalb der von Armut betroffenen Gesellschaften führten und sich die Gruppe der armen Menschen nicht als homogen in Bezug auf die Vulnerabilität darstellen lasse. Vielmehr sei zu beobachten, dass trotz aller Anstrengungen und Erfolge in der Armutsbekämpfung für viele Millionen Menschen die Vulnerabilität durch eine verstärkte Exposition gegenüber physischen oder politischen Katastrophen oder auch den Verlust individueller Ressourcen zunehme (ebd.: 1).

Armut und Vulnerabilität sind somit nicht gleichbedeutend, stehen aber in engem Zusammenhang (Alwang et al. 2001: 25). In der Entwicklungsländerforschung werden vielfältige konzeptionelle Bezüge zwischen Armut und Vulnerabilität hergestellt: So wird Armut teilweise als Indikator für Vulnerabilität gesehen – „The poor are more vulnerable“ (ebd.: 26) – oder aber Vulnerabilität mit Armutsgefährdung gleichgesetzt (ebd.: 7). Gleichzeitig wird anerkannt, dass sich Vulnerabilität nicht nur auf arme Bevölkerungsgruppen beschränkt und es vielfältige Arten von Gefährdungen und somit von Vulnerabilitäten gibt (ebd.: 27). In Bezug auf die Exposition wurde offenkundig, „dass Vulnerabilität gegenüber extremen Naturereignissen nicht immer von Märkten und Mächtigen zugewiesen, sondern durchaus auch freiwillig gewählt werden kann“ (Felgentreff et al. 2012: 39).

„Externe“ und „interne“ Seite von Vulnerabilität

CHAMBERS stellt heraus, dass sich Vulnerabilität auf zwei sehr unterschiedliche Seiten bezieht: auf eine „externe“ Seite, die durch Risiken, Schocks und Stress gekennzeichnet wird, und eine „interne“ Seite der Schutzlosigkeit und des Mangels an Ressourcen zur Bewältigung von Krisen (Chambers 1989: 1):

> „Vulnerability here refers to exposure to contingencies and stress, and difficulty in coping with them. Vulnerability has thus two sides: an external side of risks, shocks, and stress to which an individual or household is subject; and an internal side which is defencelessness, meaning a lack of means to cope without damaging loss. Loss can take many forms – becoming or being physically weaker, economically impoverished, socially dependent, humiliated or psychologically harmed“ (ebd.: 1).

WATTS und BOHLE entwickelten das Konzept im Sinne einer theoretischen Einbettung weiter, die insbesondere die zugrunde liegenden Ursachen von Vulnerabilität adressiert (Watts/Bohle 1993: 53 ff.). Sie identifizieren den „sozialen Raum von Verwundbarkeit" in der vielfältigen Überlagerung von einem Mangel an Zugangsrechten zu Nahrung („Entitlements") und an politischer wie sozialer Macht („Empowerment") mit den lokalen, historisch begründeten Klassenverhältnissen der sozialen Reproduktion (im Sinne der politischen Ökonomie):

> „In particular we argue that the locally and historically specific configuration of poverty, hunger and famine defines what we call a space of vulnerability, and it is one of our intentions to provide the theoretical means by which this space can be mapped with respect to its social, political, economic and structural-historical coordinates" (ebd.: 44).

Im späteren Modell von BOHLE wird die Doppelstruktur von Vulnerabilität („the causal structure of vulnerability") nochmals explizit aufgegriffen (Bohle 2001: 4; vgl. Abb. 7): Die „externe" Seite wird als Exposition („Exposure"), die „interne" Seite als Bewältigung („Coping") bezeichnet. BOHLE betont an dieser Stelle erneut, dass die externe Seite, also der Gefahrenbezug von Vulnerabilität, bereits vielfach diskutiert, die interne Seite hingegen weitgehend vernachlässigt wurde – sowohl in den konzeptionellen als auch in den theoretischen Überlegungen zu Vulnerabilität (ebd.: 3). Vulnerabilität wird in der Verknüpfung von externer und interner Seite als vielschichtiger und mehrdimensionaler sozialer Raum verstanden, der durch die politischen, ökonomischen, sozialen und institutionellen Möglichkeiten und Ressourcen von Individuen, Haushalten und sozialen Gruppen bestimmt wird (Villágran de León 2006: 12). Gleichzeitig wird in diesem Ansatz die Exposition als Schlüsselaspekt von Vulnerabilität verstanden (Birkmann 2006: 19).

Dieses Verständnis einer internen und einer externen Seite hat über den engeren Rahmen der Entwicklungsländer- und Armutsforschung hinaus auch andere, stärker raumbezogene Disziplinen in ihrem Verständnis von Vulnerabilität maßgeblich beeinflusst (Bürkner 2010: 12; Schulwitz

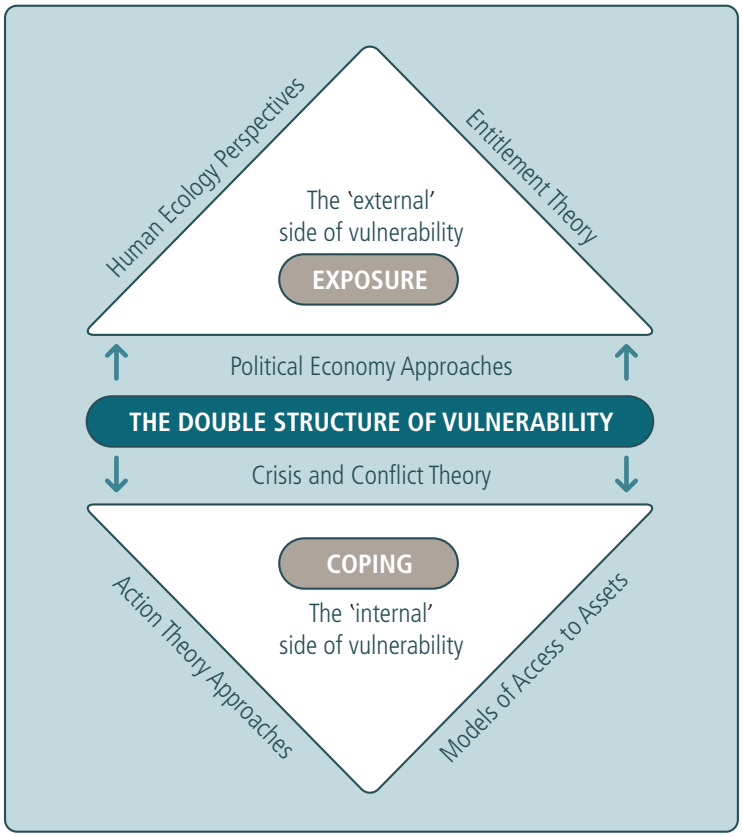


Abbildung 7: Die Doppelstruktur der Verwundbarkeit nach BOHLE
Quelle: Bohle 2001: 4; grafische Darstellung angepasst

2020: 126). Hinzu kommt, dass in dieser frühen Debatte um das Verständnis von Vulnerabilität bereits darauf verwiesen wurde, dass Wandlungsprozesse wie der Klimawandel zwar von zentraler Bedeutung sind, es aber als Ausgangspunkt für politisches Handeln unter anderem bei der Armutsbekämpfung darum gehen müsse, insbesondere die grundlegenden und strukturellen Ursachen sowie die aktuellen Ausprägungen von Vulnerabilität in den Blick zu nehmen (Bohle et al. 1994: 37, 48).

4.2.2 Vulnerabilität im Kontext der Naturgefahren- und Risikoforschung

Als einer der Begründer der Naturgefahrenforschung gilt der US-amerikanische Geograph Gilbert F. White, der seine Dissertation in den 1940er-Jahren den Hochwassergefahren und Möglichkeiten der Anpassung widmete: Bereits damals zeigte er auf Grundlage seiner Forschungen auf, dass ein rein technischer Schutz vor Hochwasser nicht ausreicht beziehungsweise dazu führt, dass beispielsweise die über Dämme geschützten Bereiche einer Bebauung offen stehen und sich dadurch die Schadenspotenziale erhöhen (Pohl 2008: 48, 50). Mit den Arbeiten von White nahm die geographische Naturgefahrenforschung ihren Aufschwung und legte entscheidende Grundlagen zum Verständnis von Naturgefahren und Naturkatastrophen (Fuchs et al. 2011: 30). Das Hauptaugenmerk lag bis in die 1970er-Jahre hinein zunächst auf einer Analyse der physischen Aspekte von Naturgefahren sowie auf einer Prognose von Eintrittswahrscheinlichkeit, Intensität und Dauer von Naturereignissen. Dies lässt sich auch für die natur- und ingenieurwissenschaftliche Risikoforschung gut nachvollziehen (Adger 2006: 271; Cutter 1996: 534 f.).

Als weiterer Meilenstein in der Naturgefahrenforschung gilt die Publikation von BURTON, KATES und WHITE „The Environment as Hazard“ (Burton et al. 1978): Die Autoren beschreiben Extremereignisse weltweit und setzen diese in Bezug zu individuellen und gesellschaftlichen Möglichkeiten der Anpassung an Naturgefahren beziehungsweise der Bewältigung von Naturkatastrophen. Insofern adressieren sie nicht nur die (physischen) Aspekte von Naturgefahren, sondern schlagen mit ihren Ausführungen zu Bewältigungs- und Anpassungskapazitäten – interpretiert als „soziale Resilienz“ – bereits die Brücke zur Risikoforschung (Birkmann 2013a: 13 f.).

Die sehr grundsätzliche Kritik an der „Natürlichkeit“ von Naturkatstrophen von O’KEEFE, WESTGATE und WISNER im Jahr 1976 (vgl. Kap. 1) beförderte die Diskussion um die (theoretische) Konstruktion von Katastrophen- und Risikokonzepten in den unterschiedlichen Forschungsdisziplinen. Im 1983 erschienenen Band „Interpretations of Calamity: From the Viewpoint of Human Ecology“ bekräftigten zahlreiche Autoren diese Kritik (Hewitt 1983). SUSMAN et al. stellen in ihrem Beitrag „Global Disasters, A Radical Interpretation“ in diesem Band klar, dass sie den Anstieg an Katastrophen nicht als Zunahme physischer Ereignisse interpretieren, sondern als Zunahme der Vulnerabilität der Bevölkerung: „The population became more vulnerable“ (Susman et al. 1983: 273).

Vor diesem Hintergrund gewinnt in den 1980er-Jahren der Vulnerabilitätsbegriff in der Naturgefahrenforschung an Bedeutung (Schneiderbauer/Ehlich 2004: 13; Felgentreff et al. 2012: 39). Das Vulnerabilitätsverständnis veränderte die Sichtweise auf Katastrophen: „‘Vulnerability’ has emerged as a central concept for understanding what it is about the condition of people that enables a hazard to become a disaster“ (Tapsell et al. 2010: 4). In dieser Zeit etablierte sich zudem eine sozialwissenschaftliche Risikoforschung, die als „Antwort auf objektivistische Risikoverständnisse in der naturwissenschaftlichen Hazardforschung“ interpretiert werden kann (Bürkner 2010: 6). Hinzu kam, dass sich in den 1970er- und frühen 1980er-Jahren die Erkenntnis durchsetzte, dass nicht allein der Umgang mit Extremereignissen, sondern vielmehr Strategien der Anpassung und Reduktion von Schadenspotenzialen im Vorfeld künftiger Katastrophen diskutiert werden

sollten (Bogard 1988: 156). Vulnerabilität wurde in diesem Zusammenhang zu einem Schlüsselbegriff: Die Interpretation von Katastrophen als Ergebnis von (politischen) Entscheidungen über einen langen Zeitraum hinweg („Reframing disaster as an evolving policy process") bedeutet, dass in diesen Entscheidungen auch Chancen liegen, Vulnerabilitäten gezielt zu reduzieren (Comfort et al. 1999: 41).

Auf politischer Ebene riefen die Vereinten Nationen nach zahlreichen (Natur-)Katastrophen weltweit und mit teilweise hohen Zahlen an Todesopfern die Internationale Dekade zur Reduzierung von Naturkatastrophen (International Decade of Natural Disaster Reduction – IDNDR) von 1990 bis 1999 aus (UN-Resolution 44/236) (UNDRR 2023a). Der Annex der Resolution bestand dabei aus dem „International Framework of Action of the IDNDR", in dem die UN-Staaten aufgefordert wurden, nationale Programme zur Katastrophenvorsorge aufzustellen. Die Initiative der Vereinten Nationen setzte damit wesentliche Impulse – sowohl im Bereich der Risikoforschung als auch im politischen Raum in Bezug auf die Risikovorsorge.

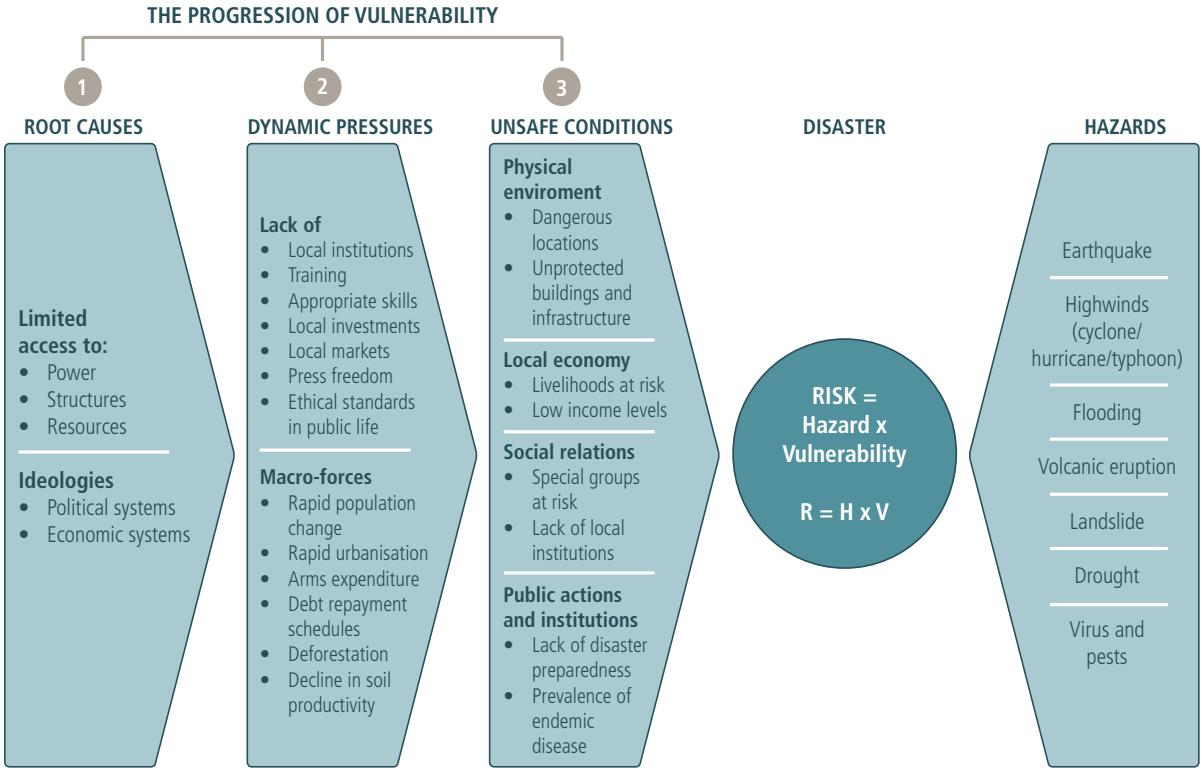
Das „Pressure and Release model" als Erklärungsansatz der Ursachen von Vulnerabilität

In diese Dekade fällt die wegweisende Veröffentlichung „At Risk" von BLAIKIE et al. (1994). Die Autoren grenzen sich von den Arbeiten im Rahmen der IDNDR insofern ab, als dass ihre Analyseansätze den Fokus auf Vulnerabilität legen: „[…] disasters are events that happen to vulnerable people" (ebd.: 218). Sie definieren Vulnerabilität als „characteristics of a person or group in terms of their capacity to anticipate, cope with, resist and recover from the impact of a natural hazard" (ebd.: 9).

Als Erklärungsmodell dient ihnen im Kern das „Pressure and Release model (PAR model)" (ebd.: 23; vgl. Abb. 8). Dieses Modell beschreibt Risiko als Funktion von Gefahr und Vulnerabilität. Dem Gefahrenaspekt wird erstmals eine ausdifferenzierte Konzeptionalisierung von Vulnerabilität gegenübergestellt, die eine Herleitung dazu anbietet, wie Vulnerabilität über einen dreistufigen Prozess entstehen kann (ebd.): Ausgangspunkt sind demnach tieferliegende gesellschaftliche Ursachen („root causes") – politische und ökonomische Systeme, die den Zugang zu Macht, Institutionen und Ressourcen strukturieren. Sie setzen den Rahmen für dynamische Belastungssituationen („dynamic pressures"). Diese können sowohl auf der Makroebene, zum Beispiel durch einen raschen demographischen Wandel, intensive Urbanisierungsprozesse oder eine Degradation der Böden, als auch vor Ort durch lokale Mangelsituationen ausgelöst werden. Schlussendlich führen diese Prozesse zu unsicheren Bedingungen („unsafe conditions") in Bezug auf die physische Umwelt, die lokale Wirtschaft, soziale Bezüge und das Institutionengefüge vor Ort. Darüber entstehen konkrete Vulnerabilitätsmuster.

Vulnerabilität bildet sich demnach über soziale Systeme und Machtverhältnisse und nicht über Naturgefahren heraus: „there are social factors involved that cause peoples' vulnerability and can be traced back sometimes to quite 'remote' root and general causes" (Wisner et al. 2003: 7). Dem Pressure-and-Release-Modell stellen die Autoren ein Access Model zur Seite (ebd.: 89), das die Entstehungsbedingungen von Vulnerabilität näher beleuchtet und Ansatzpunkte zu deren Reduktion aufzeigt. Hierüber werden Bezüge zum Livelihoods-Konzept sowie zu Bewältigungs- und Anpassungsstrategien hergestellt. Beabsichtigt war es, dem „menschlichen Faktor" in der Risikoforschung mehr Gewicht zu verleihen, allerdings in Abgrenzung zur Engführung des Vulnerabilitätsbegriffs mit Armut (ebd.: 11). Wenngleich sich der Fokus auf die Entstehung und Ursachen von Vulnerabilität richtet, wird einschränkend formuliert, dass es – wenn auch selten – Naturkatastrophen gibt, bei denen die Gefahrenseite das Geschehen insoweit dominiert, als dass wenig Spielraum für eine differenzierte Sicht auf Vulnerabilitäten bleibt und vielmehr die Betroffenen schlicht zur falschen Zeit am falschen Ort sind (ebd.: 10). Die Autoren beschränken den Vulnerabi-

Abbildung 8: „Pressure and Release model“ von BLAIKIE et al.
Quelle: Blaikie et al. 1996: 23; grafische Darstellung angepasst, geringfügig verändert



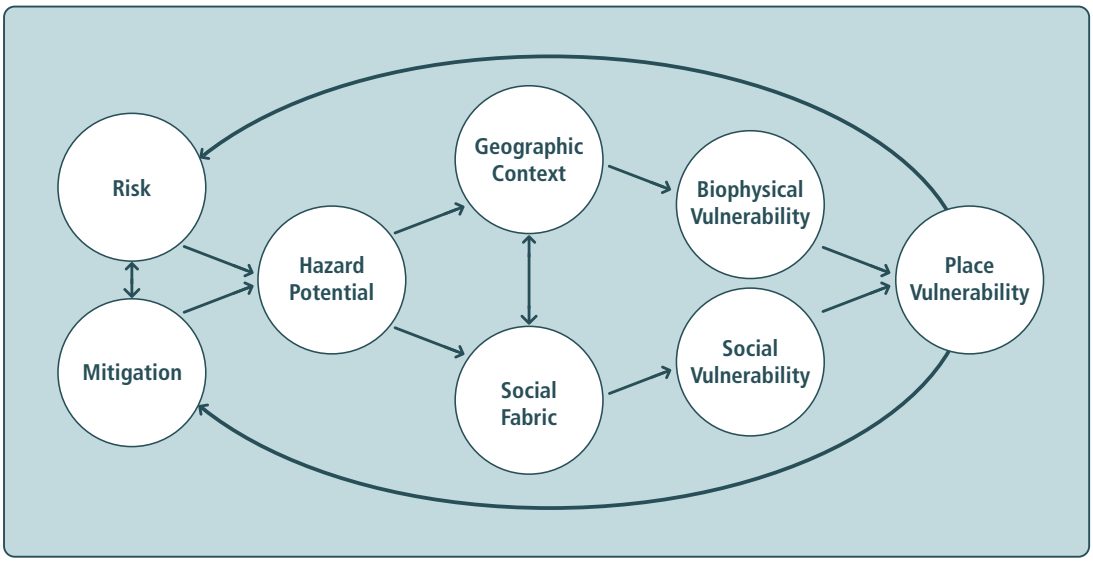
litätsbegriff auf den Menschen: „‘Vulnerability’, as we use the word, refers only to people, not to buildings (susceptible, unsafe), economies (fragile), nor unstable slopes (hazardous) or regions of the earth’s surface (hazard-prone)“ (ebd.: 15).

Das Pressure-and-Release-Modell fand vielfach Anerkennung als ein Meilenstein in der Konzeptionalisierung von Vulnerabilität und Risiko (Birkmann 2006: 31). Kritik entzündet sich unter anderem daran, dass die konkreten Mechanismen, die zu Vulnerabilität führen, nicht hinreichend detailliert werden, um eine (quantifizierbare) Operationalisierung zu ermöglichen (Adger 2006: 272).

Das „hazards of place model“ als raumbezogene Konzeptionalisierung

Eine raumbezogene Konzeptionalisierung legt CUTTER 1996 mit dem „hazards of place model of vulnerability“ vor (Cutter 1996; Cutter et al. 2003; vgl. Etzold/ Sakdapolrak 2016: 239; vgl. Abb. 9). Sie knüpft dabei an frühe Arbeiten von Hewitt und Burton an, die sich mit der Gefährdung von Räumen („hazardousness of places“) auseinandersetzten (Cutter 1996: 535). CUTTER verknüpft biophysische Vulnerabilität, die sich in ihrem Modell aus dem geographischen Kontext ergibt, mit sozialer Vulnerabilität, die sich aus dem sozialen Gefüge ableiten lässt, zu einer Vulnerabilität des Ortes („Place Vulnerability“). Intention war, den Raumbezug von Vulnerabilität zu stärken: „There is an explicit focus on locality within this conceptual framework, for it is place that forms the fundamental unit of analysis for any geographer“ (ebd.: 536). Darüber hinaus sollte das Modell dazu dienen, eine Brücke zu schlagen zwischen Ansätzen, die (biophysische) Vulnerabilität als mögliche Exposition gegenüber Gefahren definieren, und Ansätzen, die (soziale) Vulnerabilität als Prädisposition von Individuen oder Gruppen gegenüber Bedrohungen verstehen („as a social condition predisposing some response to an environmental threat“) (ebd.: 537).

Abbildung 9: „Hazards of place model" von CUTTER
Quelle: Cutter 1996: 536; grafische Darstellung angepasst



Das Modell von CUTTER verknüpft die konkrete Exposition eines Subjekts mit dessen Empfindlichkeit gegenüber dieser Gefährdung. Es legt damit die Grundlage für GIS-gestützte Analysen, die durch eine Überlagerung von Gefährdungsindikatoren und sozialen Charakteristiken eine räumliche Repräsentation von Vulnerabilität ermöglichen (Matyas/Pelling 2012: 9; vgl. Kap. 6).

Vulnerabilität und Risiko

Ein weiteres Modell, das als direktes Ergebnis der Forschungsaktivitäten im Zuge der IDNDR und weithin akzeptierte Grundlage für ein umfassendes Risikoverständnis gewertet wird, ist das Risiko-Dreieck („Risk Triangle") von Crichton (Schneiderbauer/Ehrlich 2004: 16). CRICHTON definiert Risiko als Funktion von Gefährdung, Exposition und Vulnerabilität: „'Risk' is the probability of a loss, and this depends on·three elements, hazard, vulnerability and exposure" (Crichton 1999: 102).

Der Risikobegriff blieb indes unscharf und wurde mit zahlreichen Definitionen hinterlegt (vgl. u. a. Brooks 2003; Villágran de León 2006). Die unterschiedlichen (probabilistischen) Risikodefinitionen sind zumeist entweder auf die Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines auslösenden Ereignisses oder auf die Wahrscheinlichkeit einer Katastrophe beziehungsweise eines Schadens als Konsequenz aus dem Ereignis ausgerichtet (Brooks 2003: 6). Vulnerabilität wird in Risikodefinitionen oftmals nicht direkt adressiert. Allerdings lässt sich insbesondere bei den outcomeorientierten Definitionen auch implizit ein Bezug zum Vulnerabilitätskonzept erkennen: „The probability of an outcome will depend on the probability of occurrence of a hazard and on the social vulnerability of the exposed system, which will determine the consequence of the hazard" (ebd.: 6).

Eine frühe, bereits umfassende Definition ist dem Glossar zum Katastrophenmanagement des United Nations Department of Humanitarian Affairs (UNDHA) zu entnehmen: Risiko wird darin beschrieben als „Expected losses (of lives, persons injured, property damaged, and economic activity disrupted) due to a particular hazard for a given area and reference period. Based on mathematical calculations, risk is the product of hazard and vulnerability" (UNDHA 1992: o. S.). Mehr als eine Dekade später veröffentlicht das Sekretariat der International Strategy for Disaster Reduction (ISDR) 2004 in seinem Bericht „Living with Risk" eine erweiterte Definition: Risiko gilt darin als:

> „The probability of harmful consequences, or expected losses (deaths, injuries, property, livelihoods, economic activity disrupted or environment damaged) resulting from interactions between natural or human-induced hazards and vulnerable conditions. Conventionally risk is expressed by the notation Risk = Hazards x Vulnerability. Some disciplines also include the concept of exposure to refer particularly to the physical aspects of vulnerability“ (UN/ISDR 2004: 16).

Neben Naturgefahren finden nun auch anthropogene Gefahren explizit Erwähnung. Zudem wird auf die Exposition als eigene Komponente in einigen Konzeptionalisierungen von Risiko hingewiesen. Vulnerabilität wird definiert als: „The conditions determined by physical, social, economic, and environmental factors or processes, which increase the susceptibility of a community to the impact of hazards“ (ebd.). Der Bericht „Living with Risk“ liefert zudem ein „Framework for Disaster Risk Reduction“, das die zentralen Begriffe in Relation zu strategischen Ansätzen der Risikoreduktion setzt und in den Rahmen einer nachhaltigen Entwicklung einbettet (ebd.: 15).

Eine kritische Auseinandersetzung mit dem „Framing“, der wissenschaftlichen Konzeptionalisierung und dem „Assessment“ von Katastrophen legt ALEXANDER mit seiner Veröffentlichung „Confronting Catastrophe“ vor (Alexander 2000). Gefahren beschreibt er in erster Linie über Frequenz und Magnitude, jedoch bleibe die Evidenzbasis zur Beschreibung der Wahrscheinlichkeit gerade seltener Ereignisse großen Ausmaßes fraglich (ebd.: 8). Ansatzpunkte zur Risikoreduktion identifiziert ALEXANDER insbesondere über die Vulnerabilität und damit eine Unterbrechung des „vicious circle of increases in vulnerability“ (ebd.: 13), der verdeutlicht, wie (negative) politische, technologische, soziale und vor allem kulturelle Praktiken zu einer permanenten Erhöhung von Vulnerabilität führen und damit zunehmende Verluste im Zuge von Katastrophen bedingen (ebd.: 13 f., 51). Ein Schwellenwert für akzeptable Verluste – da vollständige Sicherheit nicht zu garantieren sei – bedingt nach ALEXANDER auch einen Schwellenwert akzeptabler beziehungsweise akzeptierter Vulnerabilität (ebd.: 17 f.). Damit wird die normative Dimension des Begriffs offengelegt. Zudem unterscheidet er eine primäre Vulnerabilität, die Bezug nimmt auf die intrinsische Empfindlichkeit des betroffenen Subjekts oder Objekts gegenüber einer Gefahr, von einer sekundären Vulnerabilität. Diese entsteht dann, wenn aus den Erfahrungen mit und dem Wissen um Katastrophen keine oder zumindest keine angemessenen Lehren gezogen und in zukünftiges Handeln integriert werden (ebd.: 18).

Differenzierung der Konzepte von Gefahr, Vulnerabilität, Risiko und Katastrophe

Vulnerabilität wurde über die Jahrzehnte hinweg zu einem zentralen Gegenstand in der Naturgefahrenforschung und zu einer konstitutiven Komponente des Risikobegriffs (Ciurean et al. 2013: 9). Die Erkenntnisse in diesen Forschungskontexten trugen maßgeblich zur Differenzierung der Konzepte von Gefahr, Vulnerabilität, Risiko und Katastrophe („hazards, vulnerability, risks and disasters“) bei und lieferten Grundlagen für eine explizite Ableitung von Bewältigungs- und Anpassungsstrategien (Birkmann 2013a: 15). Gerade diese Verknüpfung mit Strategien der Risikovorsorge beförderte die Rezeption der Konzepte im Bereich der Raumplanung (vgl. Kap. 9.3).

Im Vordergrund stand und steht dabei stets die Relation zwischen dem betroffenen Subjekt, Objekt oder System und der Gefahrenart. Dieser unmittelbare Gefahrenbezug wird herausgefordert über die Erkenntnisse zu multiplen Gefahren- und Risikosituationen, zu Wechselwirkungen und Kaskadeneffekten bis hin zu multiplen (gesellschaftlichen) Krisen, die als „Ausdruck von tief in den Gesellschaften verankerten Produktions- und Lebensweisen“ interpretiert werden können (Brand 2009: 5). Diese veränderte Perspektive stellt einfache Ursache-Wirkungs-Ketten infrage und die Komplexität heraus, die hochvernetzte Gesellschaften mit sich bringen. Gespiegelt wird diese Wahrnehmung über den Versuch, Vulnerabilität disziplinenübergreifend zu kontextualisieren (Weichselgartner 2016: 18, vgl. Kap. 4.2.4).

4.2.3 Vulnerabilität im Kontext der Klimawandelforschung

In den 1990er-Jahren nahm die Klimawandelforschung einen Aufschwung: Die disziplinenübergreifenden Forschungsaktivitäten beeinflussten die Konzeptionalisierung von Vulnerabilität seitdem entscheidend; dies lässt sich insbesondere für die Berichte des Weltklimarats (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) gut nachvollziehen (Janssen et al. 2006: 248).

Seit Anfang der 1990er-Jahre nimmt der IPCC in seinen Sachstandsberichten (Assessment Reports) Bezug auf die unterschiedliche Vulnerabilität von Regionen gegenüber den projizierten Auswirkungen des Klimawandels (IPCC 1990) oder auf die spezifischen ökonomischen und sozialen Dimensionen des Klimawandels im Vergleich der Vulnerabilität armer und reicher Länder (IPCC 1996). In seinem Synthesebericht von 1995 zum zweiten Sachstandsbericht bietet der IPCC folgende Definition dazu an: „Vulnerability defines the extent to which climate change may damage or harm a system. It depends not only on a system's sensitivity but also on its ability to adapt to new climatic conditions" (IPCC 1995: 28). Dementsprechend gilt: „The most vulnerable systems are those with the greatest sensitivity to climate changes and the least adaptability" (ebd.).

Vulnerabilität als Funktion der Ausprägungen des Klimawandels

Im dritten Sachstandsbericht (Third Assessment Report – TAR) präzisiert der IPCC die Definition:

> „Vulnerability is the degree to which a system is susceptible to, or unable to cope with, adverse effects of climate change, including climate variability and extremes. Vulnerability is a function of the character, magnitude, and rate of climate change and variation to which a system is exposed, its sensitivity, and its adaptive capacity" (IPCC 2001: 6).

Damit wird Vulnerabilität als Funktion der Ausprägungen des Klimawandels, denen ein System ausgesetzt ist („exposition"), und seiner Empfindlichkeit („sensitivity") sowie Anpassungskapazität („adaptive capacity") verstanden. Vulnerabilität bezieht sich als Begriff sowohl auf sozioökonomische Systeme („socioeconomic vulnerability") als auch auf natürliche Systeme („natural vulnerability") (ebd.: 89, 364). Bei der Einordnung von Vulnerabilität in das System der Anpassung wird in Abbildung 1-2 des IPCC-Berichts deutlich, dass ein direkter Bezug zwischen Auswirkungen („impact") und Vulnerabilität hergestellt wird (ebd.: 90; vgl. Abb. 10). Das bedeutet, dass sich Vulnerabilität aus Exposition, unmittelbaren Wirkungen „abzüglich" der selbstständigen Anpassungsleistungen des exponierten Systems als „Nettoauswirkung" („net impact") darstellt.

Die Konzeptionalisierung von Vulnerabilität in den frühen IPCC-Berichten stieß auf Kritik, da Unschärfen und Widersprüche nicht hinreichend aufgelöst wurden, zum Beispiel, inwieweit Vulnerabilität durch interne Merkmale des Systems charakterisiert oder von der Wahrscheinlichkeit der Auswirkungen der Klimawandelfolgen bestimmt wird (vgl. Kelly/Adger 2000: 329; Brooks 2003: 5; Adger et al. 2004: 31 f.). Es wurde bemängelt, dass sich die Klimawandelforschung überwiegend auf eine Beschreibung der möglichen Auswirkungen veränderter Klimasignale konzentriert, nicht jedoch mögliche Anpassungspotenziale aufzeigt und damit eine oftmals geringe Bedeutung für relevante Politikfelder entfaltet (Kelly/Adger 2000: 329; Ionescu et al. 2005: 1). So wird auch die Frage nach den Ursachen unterschiedlicher Vulnerabilitäten bestimmter sozialer Gruppen oder auch Regionen nicht prioritär gestellt (Dietz 2006: 20). Darüber hinaus zeigten sich erhebliche Differenzen zu traditionsreichen Vulnerabilitätskonzepten in der Armuts- oder Naturgefahrenforschung (Ionescu et al. 2005: 18).

KELLY und ADGER bringen die unterschiedlichen Ansätze auf den Punkt: „Some analysts regard assessment of vulnerability as the end point of any appraisal, others as the focal point, and yet others as the starting point" (Kelly/Adger 2000: 326). Die IPCC-Definition von Vulnerabilität im TAR ordnen sie den sogenannten End-Point-Ansätzen zu (ebd.: 327). Demgegenüber bedeute der

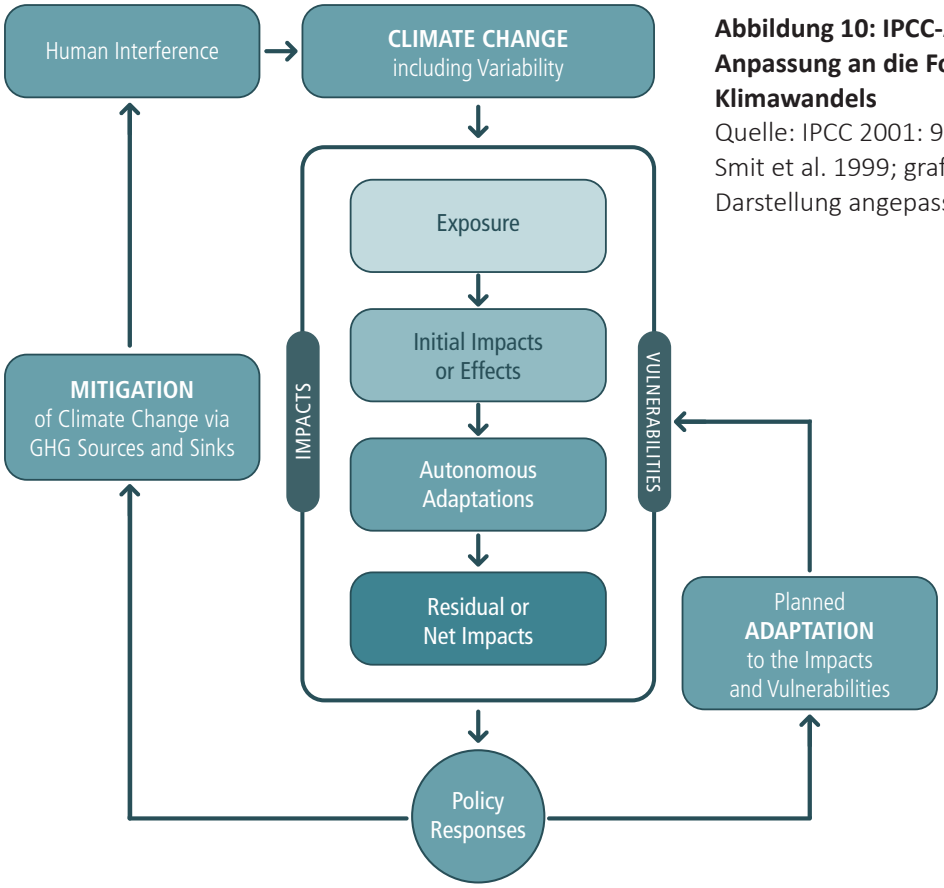


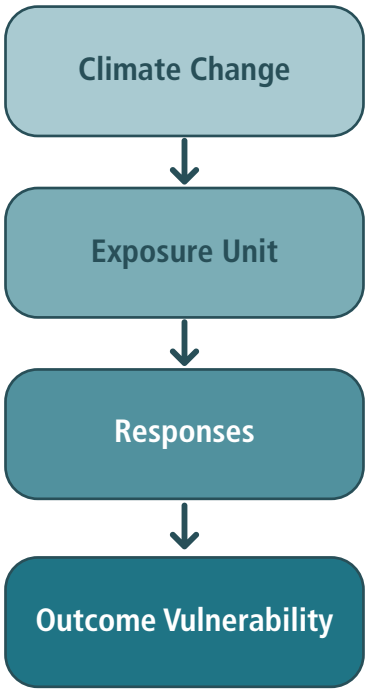
Abbildung 10: IPCC-Ansatz zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels
Quelle: IPCC 2001: 90 nach Smit et al. 1999; grafische Darstellung angepasst

Starting-Point-Ansatz, aktuelle Bewältigungskapazitäten auf Basis sozialer, ökonomischer und institutioneller Faktoren im Sinne einer „architecture of entitlements" einzuschätzen und diese als Ausgangspunkt für eine Wirkungsabschätzung von Klimawandelfolgen zu sehen (ebd.: 330 f., 348; vgl. Kap. 10).

Differenzierung von „outcome vulnerability" und „contextual vulnerability"

O'BRIEN et al. knüpfen an diese Überlegungen mit einer Differenzierung von „outcome vulnerability" und „contextual vulnerability" an, die sich verschiedenen Diskursen zu und „Framings" von Klimawandel zuordnen lassen (O'Brien et al. 2007: 74, vgl. Abb. 11). Die Autorenschaft legt dar, dass Framings einen entscheidenden Unterschied machen: „They influence the questions asked, the knowledge produced, and the policies and responses that are prioritized" (ebd.). Outcome-Vulnerabilität bedeutet „a linear result of the projected impacts of climate change on a particular exposure unit (which can be either biophysical or social), offset by adaptation measures" (ebd.: 75). Outcome-Vulnerabilität lässt sich mit End-Point-Ansätzen gleichsetzen; sie sind für die Klimafolgenforschung prägend. Für die kontextuelle Vulnerabilität sehen O'BRIEN et al. dagegen insbe-

Abbildung 11: Outcome-Vulnerabilität
Quelle: O'Brien et al. 2007: 75; grafische Darstellung angepasst



sondere Anknüpfungspunkte an den Diskurs zu globalen Umweltveränderungen mit Bezugnahme auf gekoppelte Mensch-Umwelt-Systeme (ebd.: 77 f.; vgl. Kap. 4.2.4 und Abb. 13).

Im Beitrag der Arbeitsgruppe II zum vierten IPCC-Sachstandsbericht von 2007 spiegeln sich die intensiven Diskussionen und unterschiedlichen disziplinären Einflüsse in den Anmerkungen zu Vulnerabilität wider: „Since the TAR, the IPCC definition of vulnerability has been challenged, both to account for an expanded remit by including social vulnerability […] and to reconcile it with risk assessment […]" (IPCC 2007: 138). Es wird betont, dass Vulnerabilität von Kontext und Maßstab abhängt und insofern Sorgfalt auf eine präzise Definition, auch als Voraussetzung für eine Operationalisierung im Rahmen von Vulnerabilitätsanalysen, gelegt werden muss. Dennoch bleibt die Beschreibung von Vulnerabilität weiterhin auswirkungsbezogen („impact-oriented") und fokussiert sich auf die Konsequenzen des Klimawandels für die betroffenen Systeme (Birkmann 2013a: 16). Im Bericht werden Schlüssel-Vulnerabilitäten („key vulnerabilities") identifiziert, um eine (politische) Prioritätensetzung zu unterstützen. Dazu wurden folgende Kriterien angesetzt: Ausmaß der Auswirkungen, das „Timing" (wann und in welcher Frequenz tritt die Auswirkung ein), Irreversibilität, Wahrscheinlichkeit und Prognosesicherheit des Eintretens, Anpassungspotenzial, Verbreitung der Auswirkungen und Bedeutung des vulnerablen Systems (IPCC 2007: 785 f.).

FÜSSEL und KLEIN stehen in dieser Tradition; sie beschreiben die Erweiterung von Klimawirkungsanalysen („climate impact assessment") zu Vulnerabilitätsanalysen („vulnerability assessment"), die auch nichtklimatische Stressoren sowie sozioökonomische Faktoren, die das Anpassungspotenzial von Systemen bestimmen, berücksichtigen (Füssel/Klein 2006: 317). Die Autoren unterscheiden zwei Generationen von Vulnerabilitätsanalysen, wobei die zweite Generation sich in erster Linie über eine Integration der (individuellen) Anpassungskapazitäten („adaptive capacity" in Abgrenzung zu „adaptation") auszeichnet (ebd.: 315). Betont wird, dass die Klimaauswirkungen die Vulnerabilität zwar bestimmen, nicht jedoch verursachen: „the potential impacts of climate change on a particular system […] determine the vulnerability of that system to climate change. However, it does not suggest that impacts cause vulnerability" (ebd.: 317).

Perspektivwechsel im Rahmen des Special Report des IPCC 2012

Ein Perspektivwechsel erfolgt im Rahmen des Special Report des IPCC (SREX), der dem Risikomanagement von Extremereignissen im Kontext der Klimawandelanpassung gewidmet ist („Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation", IPCC 2012). Im Special Report rückt der Risikobegriff in den Vordergrund: Das Katastrophenrisiko („disaster risk") wird als Schnittmenge von Vulnerabilität, Gefahr und Exposition dargestellt (IPCC 2012: 4) und als „[s]evere alterations in the normal functioning of a community or a society due to hazardous physical events interacting with vulnerable social conditions" verstanden (ebd.: 5). Vulnerabilität wird nun in erster Linie definiert als: „The propensity or predisposition to be adversely affected" (ebd.). Damit gelingt „eine gewisse Zusammenführung der Konzepte der Naturrisikoforschung einerseits und der Konzepte der Klimafolgenforschung andererseits" (Birkmann/Fleischhauer 2013: 47). Es wird deutlich, dass „die gesellschaftliche Vulnerabilität, die sich auch in Raumstrukturen, funktionalräumlichen Mustern der Arbeitsteilung sowie in sozial-ökologischen Systemen widerspiegelt, der zentrale Ausgangspunkt ist, der Naturgefahren (bzw. Einwirkungen durch den Klimawandel) zu einer Krise oder Katastrophe werden lässt" (ebd.: 49). Erzielt wird eine deutliche Differenzierung der Begriffe Gefahr (Klimastimuli), Vulnerabilität und Risiko (ebd.: 51).

Der fünfte IPCC-Sachstandsbericht von 2014 folgt dieser Neuausrichtung: „A focus on risk, which is new in this report, supports decision making in the context of climate change and complements other elements of the report" (IPCC 2014b: 3). In Bezug auf den Vulnerabilitätsbegriff wird betont, dass sich hierunter eine Vielfalt an konzeptionellen Ansätzen subsummieren lässt und sich ein

komplexes, multidimensionales Verständnis von Vulnerabilität herausgebildet habe, mit Bezügen zu strukturellen gesellschaftlichen Bedingungen wie Armut und Ungleichheit (ebd.: 5, 179).

Im sechsten IPCC-Sachstandsbericht wird „Risiko" als Schlüsselbegriff nochmals explizit hervorgehoben und insbesondere aufgezeigt, dass die unterschiedlichen Konzepte, die im Rahmen der Arbeit des IPCC herangezogen werden, teilweise alternative, komplementäre oder auch überlappende Ansätze darstellen: „The concept of risk is central to all three AR6 Working Groups. A risk framing and the concepts of adaptation, vulnerability, exposure, resilience, equity and justice, and transformation provide alternative, overlapping, complementary, and widely used entry points to the literature assessed in this WGII report" (IPCC 2022a: 5). „Risiko" wird dabei definiert als „the potential for adverse consequences for human or ecological systems, recognising the diversity of values and objectives associated with such systems" (ebd.). Die Vulnerabilität exponierter menschlicher oder natürlicher Systeme wird als Risikokomponente verstanden (ebd.: 6). Als Schlüsselkonzept kommt zudem Resilienz beziehungsweise eine resiliente Entwicklung („Climate Resilient Development") ins Spiel, das die Brücke zur Resilienzforschung (vgl. Kap. 4.2.5) schlägt.

Dieser kurze Abriss über die Dynamik der Konzeptentwicklung im Kontext der Klimawandelforschung zeigt,

- wie intensiv um einen Konsens zu Schlüsselbegriffen gerungen wurde und wird,
- wie vielfältig und auch produktiv sich die wechselseitige Beeinflussung der unterschiedlichen Forschungskontexte und disziplinären Perspektiven auswirkt,
- wie Vulnerabilität als Schlüsselbegriff in die Klimawandelforschung integriert wird,
- wie das Vulnerabilitätskonzept in der Klimawandelforschung in Bezug auf die Outcome- oder End-Point-Perspektive im Zeitverlauf changiert und
- dass der Prozess der Konzeptionalisierung bis dato nicht abgeschlossen ist, insbesondere nicht mit Blick auf eine skalen- und „policy"-bezogene Operationalisierung.

4.2.4 Vulnerabilität im Kontext der sozialökologischen Forschung

Die Kritik daran, dass in der Risiko- und Klimawandelforschung Vulnerabilität zwar als Schlüsselbegriff anerkannt wird, aber letztlich ein „shadowy element" bleibt – „often neglected or poorly incorporated into assessment studies" (Kasperson et al. 2001a: 10) –, führt zu Ansätzen, die Vulnerabilität zentral stellen (als „focal point") beziehungsweise als Ausgangspunkt („starting point") identifizieren (Kelly/Adger 2000: 326). Dies geschieht vorrangig in den Forschungsdomänen zu globalen Umweltveränderungen und Nachhaltigkeit: Die Betonung liegt nicht mehr in erster Linie auf einer Analyse der Stressoren, sondern auf einem besseren Verständnis der „gestressten" Systeme und deren Fähigkeit, mit diesem Stress umzugehen (Luers et al. 2003: 255). Damit rückt die Vulnerabilität komplexer gekoppelter Mensch-Umwelt-Systeme in den Vordergrund (ebd.: 256).

Integrative Ansätze für gekoppelte Mensch-Umwelt-Systeme

Die sozialökologische Forschung bietet einen integrativen Ansatz, um die dichotome Unterscheidung zwischen sozialen und natürlichen Systemen zu überwinden und deren komplexe Verknüpfungen sichtbar zu machen. Vulnerabilität wird als Eigenschaft sozialökologischer Systeme beziehungsweise gekoppelter Mensch-Umwelt-Systeme verstanden, deren Mechanismen es zu erforschen gilt (Adger 2006: 272). Sie konstituiert sich über die grundlegenden Interaktionen von Mensch und Natur beziehungsweise Umwelt sowie über die spezifischen Kontextbedingungen der exponierten Einheit (vgl. O'Brien et al. 2007). Und eben jene spezifischen Kontextbedingungen stellen sich als effektive Ansatzpunkte für eine Reduktion (aktueller) Vulnerabilitätsmuster und eine Stärkung der Anpassungskapazitäten dar (Fellmann 2012: 44).

Darauf aufbauende Anpassungsstrategien „sind gesellschaftspolitischer Natur und setzen an Fragen von Gleichberechtigung, sozialer Ungleichheit, Verteilung von und Zugang zu gesellschaftlichen Sicherungssystemen und politischen Planungs- und Entscheidungsprozessen an“ (Dietz 2006: 22). In den Diskursen um die enge Kopplung sozialer und ökologischer Systeme kommt zudem eine sozialkonstruktivistische Sichtweise zum Tragen (ebd.: 14). Hier wird Vulnerabilität „als soziales Produkt beziehungsweise Konstrukt“ begriffen und „die soziale Verfasstheit gegenwärtiger Einflussfaktoren von Vulnerabilität“ in den Mittelpunkt der Betrachtung gestellt (ebd.: 21). Gleichzeitig wird trotz konstruktivistischer Ansätze eine „essentialistische Basisperspektive“ der Humanökologie vermutet, da „die aus ***hazards*** entstehenden externen Stressoren nicht auf ihren sozialen Konstruktcharakter hin befragt werden“ (Bürkner 2010: 13).

LIVERMAN stellt früh den Zusammenhang zwischen Vulnerabilität und globalem Umweltwandel her: „Focusing on vulnerability reminds us of the social context of environmental change“ (Liverman 1990: 39). Sie verweist auf die Notwendigkeit, die unterschiedlichen Auswirkungen des globalen Wandels für Regionen und soziale Gruppen zu betrachten: Vulnerabilitätsanalysen sind aus ihrer Sicht ein probates Mittel, um die Bandbreite der Möglichkeiten eines Umgangs mit Prozessen des globalen Wandels zu erweitern (ebd.). In die gleiche Richtung argumentiert DOW, wenn sie Vulnerabilität als zentrales Konzept einstuft, um diese unterschiedlichen Auswirkungen des globalen Wandels sichtbar zu machen (Dow 1992: 417). Gleichwohl sieht sie den mangelnden Konsens in Bezug auf Bedeutung und konkrete Anwendung: „Exploring vulnerability highlights clear differences between people, societies, and regions, but offers few noncontroversial explanations or solutions. Rather, it offers new insights into relationships connecting the future of the Earth with the future of its population and new options for reducing losses and shaping that future“ (ebd.: 433).

Fokus auf bestehende sozioökonomische und politische Rahmenbedingungen

Eine Dekade später definieren KELLY und ADGER Vulnerabilität „in terms of the capacity of individuals and social groups to respond to, that is, to cope with, recover from or adapt to, any external stress placed on their livelihoods and well-being“ (Kelly/Adger 2000: 325). Sie schlagen eine Brücke zu Konzepten aus der Entwicklungsländer- und Armutsforschung: dem Livelihoods-Konzept und dem Entitlements-Ansatz (vgl. Kap. 4.2.1). Soziale Vulnerabilität wird aus ihrer Perspektive über eine „Architektur von Entitlements“ bestimmt (ebd.: 330). Dabei legen sie den Fokus auf die ***aktuellen*** sozialen, ökonomischen und institutionellen Rahmenbedingungen, die sowohl Vulnerabilität als auch Anpassungsfähigkeiten unabhängig von ***zukünftigen*** Stressoren beeinflussen. Der aus ihrer Perspektive „robuste“ Ansatz – „shift of focus away from the speculative future“ – stellt die ***bestehenden*** sozioökonomischen und politischen Rahmenbedingungen ins Zentrum der Betrachtung (ebd.: 329): Sie verknüpfen die Reduktion heutiger Vulnerabilitäten („wounded soldier approach“) unmittelbar mit Anpassungsprozessen und sehen dies als Beitrag zu einer nachhaltigen Entwicklung (ebd.: 328 f.). Zugleich wird die grundlegende Bedeutung des Faktors Exposition herausgestellt: „The nature of the stress under consideration must, of course, be specified before tackling the question of levels of vulnerability when following this approach. Vulnerability does not exist in isolation, only with respect to exposure to some specific impact or set of impacts“ (ebd.: 328). Die Autoren verweisen darauf, dass es ihnen nicht nur um die Folgen des Klimawandels geht, sondern um vielfältige Stressoren, die sich aus (globalen) Transformationsprozessen ergeben (können).

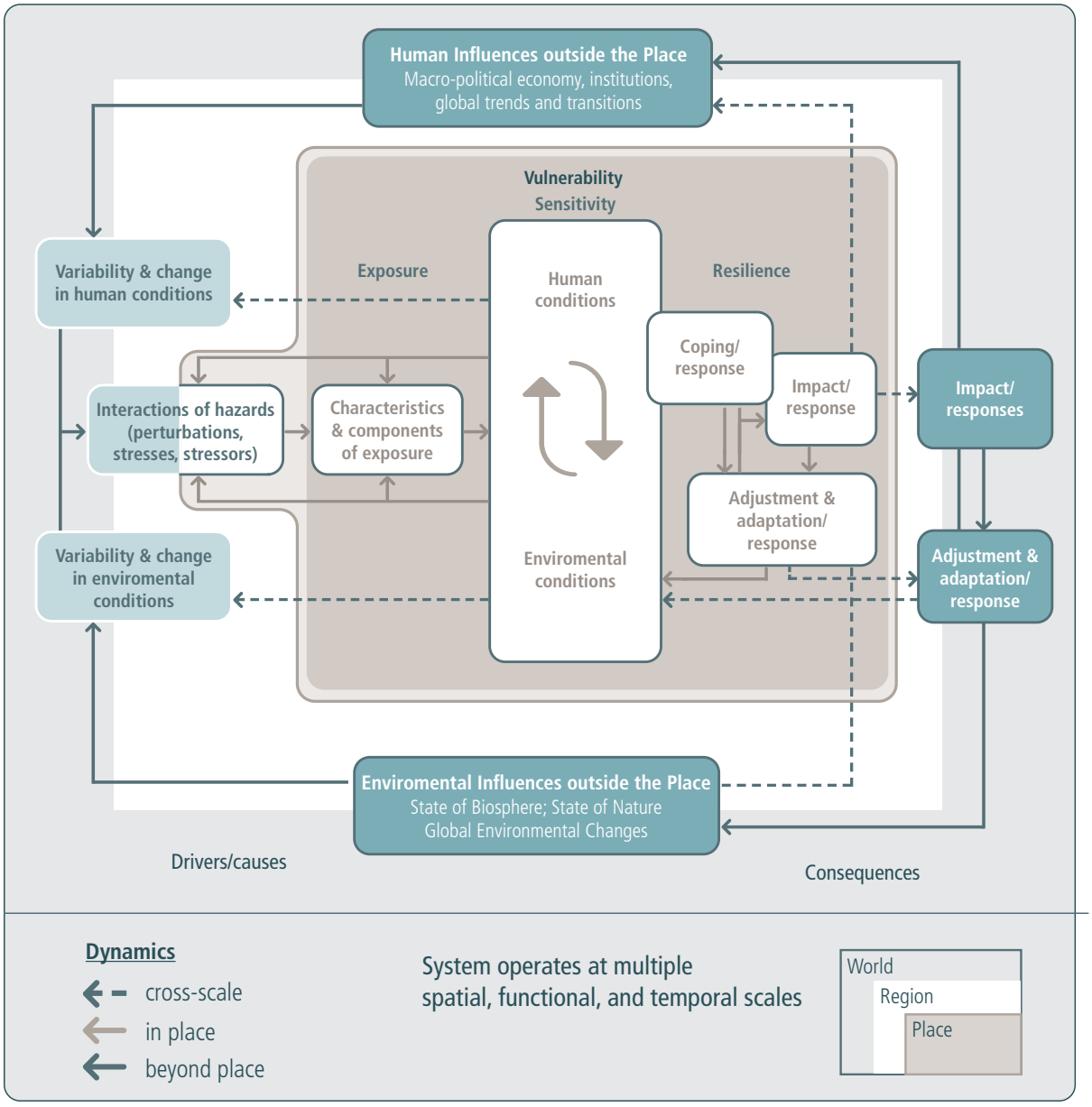
KASPERSON et al. argumentieren in eine vergleichbare Richtung und räumen Vulnerabilität in ihren grundsätzlichen Überlegungen zu einer gesellschaftlichen Antwort auf globale Umweltrisiken einen prominenten Platz ein (Kasperson et al. 2001a: 19 ff.). Vulnerabilität wird als eine Kombination aus internen Merkmalen der betrachteten Einheit und externen Prozessen verstanden, die zu einer unterschiedlichen Exposition beitragen; sie korreliert mit Art und Ausmaß der Gefahr (ebd.:

26). Sie betonen, dass die unterschiedlichen Skalen eng verwoben sind und die räumliche Repräsentation von Auswirkungen („impact“) und Antworten („responses“) in Bezug auf die Allokation von Ressourcen gleichermaßen wirksam wird.

Vulnerabilität im Kontext des globalen Umweltwandels

Der Ansatz von TURNER et al. (2003) zur Konzeptionalisierung von Vulnerabilität wird oft zitiert und als Repräsentant für die Forschungen zum globalen Umweltwandel hervorgehoben (vgl. u. a. Birkmann 2006; Costa/Kropp 2012; Ciurean et al. 2013) beziehungsweise als Meilenstein zur Integration unterschiedlicher konzeptioneller Überlegungen (Füssel 2007: 161). Das Rahmenkonzept bietet zum einen eine raumbezogene („place-based“) Kopplung der Komponenten Sensitivität, Exposition und Resilienz an, zum anderen skalenübergreifende („cross-scale“) und ortsübergrei-

Abbildung 12: Das Multi-Level-Vulnerabilitätskonzept von TURNER et al.
Quelle: Turner et al. 2003: 8076; grafische Darstellung angepasst, geringfügig verändert



fende („beyond place“) Wechselbeziehungen (Turner et al. 2003: 8076; vgl. Abb. 12). Resilienz wird als ein Baustein von Vulnerabilität aufgefasst, wobei sich diese über unterschiedliche Arten von Antworten („response“) konstituiert: über Auswirkungen („impact“), Anpassungen („adjustment and adaptation“) sowie Bewältigung („coping“). Ein Fokus liegt auf dem konkreten Raumbezug: „The strong variation in vulnerability by location, even to hazards created by global-scale processes and phenomena, however, elevates the role of 'place-based' analysis […]. The term 'place-based' implies a spatially continuous distinctive 'ensemble' of human and biophysical conditions or coupled human–environment systems“ (ebd.).

Herausbilden integrativer Ansätze im Sinne einer kontextuellen Vulnerabilität

BIRKMANN kombiniert 2006 Ansätze nach Bogardi/Birkmann (2004) sowie Cardona (1999, 2001) in einem ganzheitlichen Konzept für Risiko- und Vulnerabilitätsbewertungen (Birkmann 2006: 33). Das „BBC-Framework“ folgt den Grundüberlegungen dazu, wie sich Vulnerabilität, Sicherheitsaspekte und nachhaltige Entwicklung verknüpfen lassen. BIRKMANN betont einerseits die dynamische Sichtweise: „vulnerability within a process (dynamic), which means focusing simultaneously on vulnerabilities, coping capacities and potential intervention tools to reduce vulnerabilities (a feedback-loop system)“ (ebd.: 34). Zum anderen werden die verschiedenen Dimensionen von Vulnerabilität (sozial, ökologisch, ökonomisch) differenziert und damit konzeptionell an den Nachhaltigkeitsdiskurs gekoppelt (ebd.).

So bildet sich in der sozialökologischen Forschung zu globalem Umweltwandel und Nachhaltigkeit – im Kontrast zu der in der Klimawandelfolgenforschung vorherrschenden Outcome- oder End-Point-Perspektive – die Sichtweise einer „kontextuellen“ Vulnerabilität heraus: „Studies that focus on current climate variability, livelihood and coping strategies, and political economy, including entitlements and social capital, are closely linked to contextual vulnerability“ (O'Brien et al. 2007: 79). Kontextuelle Vulnerabilität adressiert die intensiven Wechselwirkungen zwischen Kli-

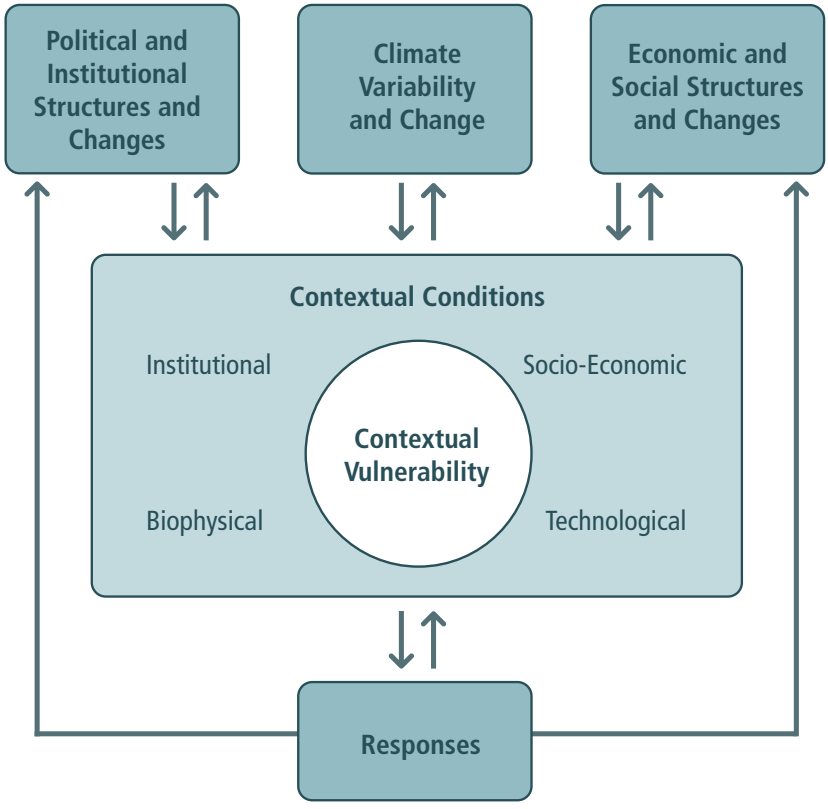


Abbildung 13: Kontextuelle Vulnerabilität
Quelle: O'Brien et al. 2007: 75; grafische Darstellung angepasst

ma(wandel), Gesellschaft beziehungsweise gesellschaftlichem Wandel und den Kontextbedingungen einer exponierten Einheit, die sich wiederum auf mögliche Reaktionen (responses) auswirken (ebd.: 74; vgl. Abb. 13). Es geht um eine eher generelle Vulnerabilität gegenüber Wandel- und Transformationsprozessen („more generalized 'vulnerability to change'"; ebd.: 84).

4.2.5 Vulnerabilität im Kontext der Resilienzforschung

Eng verknüpft mit dem Begriff der Vulnerabilität ist der Begriff der Resilienz. JANSSEN et al. konstatieren auf Basis ihrer Analysen der Zitationsnetzwerke, dass Veröffentlichungen der beiden Forschungszweige zunächst nur wenig aufeinander Bezug nahmen (Janssen et al. 2006: 249), was sie auf die unterschiedlichen Ursprünge und historische Entwicklung der Konzepte zurückführen. Gleichzeitig erkennen sie eine allmählich zunehmende Überlappung und somit eine Integration der Wissensdomänen (ebd.: 249 f.).

Tatsächlich erscheint die „gemeinsame" Geschichte der beiden Begriffe in erster Linie als eine Geschichte der Abgrenzung: Resilienz und Vulnerabilität wurden zunächst zumeist als antagonistische Begriffe aufgefasst (Füssel 2007: 161). Bereits TIMMERMAN betont jedoch: „'vulnerability' and 'resilience' are by no means simple reciprocals" (Timmerman 1981: 21). Vielfach erfolgte eine Integration von Resilienz als Baustein und Schlüsselaspekt von Vulnerabilität (vgl. u. a. Dow 1992; Turner et al. 2003; Pelling 2003; Bara 2012). Allerdings besteht mittlerweile weitgehend Konsens darüber, dass es sich trotz Überlappungen um zwei unterschiedliche Konzepte handelt und auch die Auffassung, es gehe lediglich um zwei Seiten einer Medaille, zu kurz greift (Matyas/Pelling 2012: 37). Es zeichnet sich ab, dass die Beziehungen und Schnittstellen zwischen Vulnerabilität und Resilienz komplexer Natur sind und nicht ohne Weiteres auf einen einfachen Nenner gebracht werden können (Bara 2012: 236).

Perspektivwechsel von „bouncing back" zu „bouncing forward"

Der Begriff der Resilienz wurde zunächst in den Ingenieurswissenschaften im Sinne des „bounce back" geprägt und als Maßeinheit dafür verstanden, wie lange ein System nach einer Störung benötigt, um zu seinem ursprünglichen Gleichgewicht zurückkehren. In der Psychologie fand der Begriff gleichfalls sehr früh Verwendung, um auf individueller Ebene auszuloten, was Menschen dazu befähigt, mit traumatischen Erlebnissen umgehen zu können und zu einem selbstbestimmten Leben zurückzufinden. Zugleich wurde im Sinne einer resilienten Lebensgestaltung bereits die Bedeutung von Lern- und Entwicklungsprozessen erkannt und somit die dynamische Dimension des Konzepts betont. (Matyas/Pelling 2012: 9 f.)

Für eine Anwendung im Bereich der Ökologie setzte HOLLING mit einer Veröffentlichung Anfang der 1970er-Jahre den zentralen Impuls (Holling 1973; vgl. hierzu Janssen et al. 2006; Meerow et al. 2016: 40): Er verglich die Resilienz- und die Stabilitätsperspektive in Bezug auf das Verhalten komplexer ökologischer Systeme, wobei die Stabilitätsperspektive das Gleichgewicht der Systeme betont und somit die Erhaltung einer vorhersehbaren Welt („maintenance of a predictible world") (Holling 1973: 21). Resilienz hingegen definiert er als Eigenschaft oder Fähigkeit von Systemen „to absorb changes of state variables, driving variables, and parameters, and still persist" (ebd.: 17). Er sieht für eine Erhaltung von Ökosystemen die Diversität und Vielfalt der Systeme sowie deren Bewältigungsfähigkeit von und Anpassungsfähigkeit an (zukünftige) Störungen als zentrale Faktoren an. Insofern kann ein System große Schwankungen und wenig Stabilität aufweisen, aber dennoch resilient sein und seine zentralen Systemeigenschaften bewahren.

Mit dieser Entwicklung zeichnete sich ein Perspektivwechsel ab: von einem Resilienzverständnis in den Ingenieurswissenschaften, das von einem „bouncing back“ des Systems ausgeht, zu einem ökologischen Resilienzverständnis, das die Erhaltung von Schlüsselfunktionen des Systems und Anpassungsprozesse im Sinne eines „bouncing forward“ betont (Shaw 2012: 309). Die stete (erzwungene) Rückkehr zu einem stabilen Gleichgewicht kann demgegenüber „Lock-in“-Situationen erzeugen und schlussendlich Resilienz reduzieren (Davoudi et al. 2012: 301).

Ausgehend von der Konzeptionalisierung in der Ökologie wurde der Resilienzgedanke alsbald auf sozialökologische Systeme („socioecological system“ – SES) und somit auf komplexe Interaktionen zwischen Mensch und Natur übertragen (Carpenter et al. 2001: 765). Nach CARPENTER et al. kann Resilienz interpretiert werden als

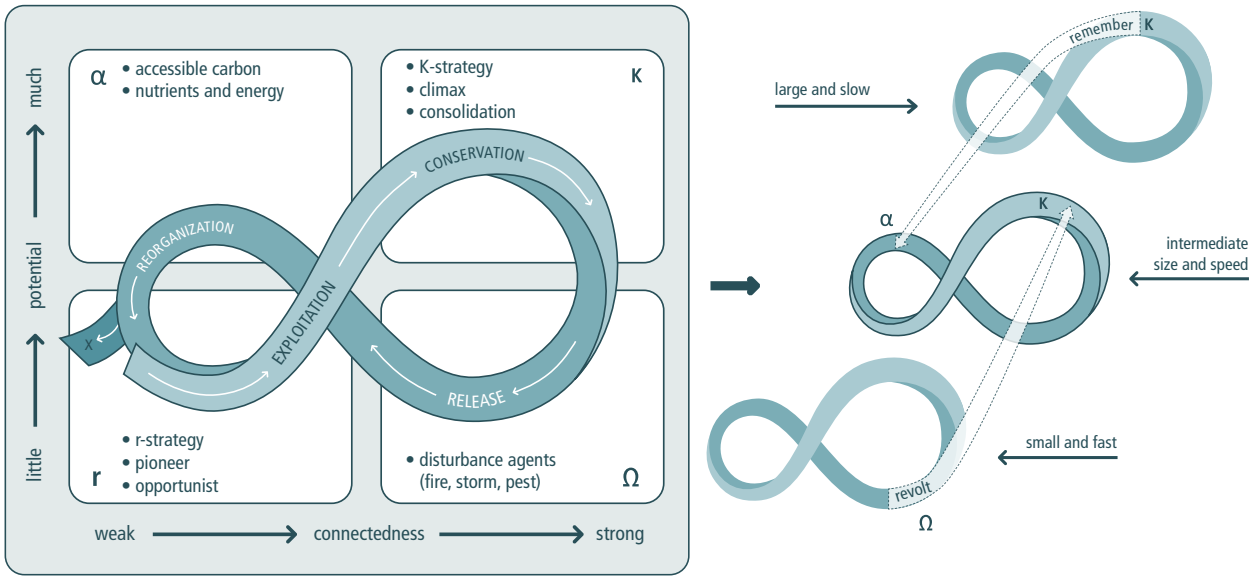
a. das Ausmaß an Störung, dem ein System widerstehen kann,
b. das Maß an Selbstorganisation, das ein System aufbringen kann, sowie
c. das Ausmaß der Lern- und Anpassungsfähigkeit eines Systems (ebd.: 766).

Insbesondere die Fähigkeit zur Anpassung wird aus Sicht der Autoren zum Schlüsselaspekt und der Anpassungszyklus („adaptive cycle“) zum Sinnbild kontinuierlicher Anpassungsprozesse sowie der Fähigkeit komplexer Systeme, sich weiterzuentwickeln und eben nicht beständig zu einem stabilen (Ausgangs-)Zustand zurückzukehren (ebd.). Der aus der Ökosystemforschung abgeleitete Anpassungszyklus beschreibt vier Phasen, die Systeme durchlaufen:

1. schnelles Wachstum und Ausbeutung („rapid growth and exploitation“),
2. Erhaltung („conservation“),
3. Zusammenbruch oder Freisetzung („collapse or release – ‘creative deconstruction’“) sowie
4. Erneuerung und Neuorganisation („renewal or reorganization“) (ebd.; vgl. Abb. 14).

In Bezug auf die Operationalisierung bringen CARPENTER et al. die Kernfrage auf den Punkt: „Resilience of what to what?“ (ebd.: 777). Das bedeutet, es gilt sowohl den Ausgangszustand des Systems zu definieren wie auch die Störung, die auf das System (potenziell) einwirkt.

Abbildung 14: Der adaptive Erneuerungszyklus (links) und das skalenübergreifende Panarchy-Modell (rechts)
Quelle: eigene Darstellung nach Berkes et al. 2003: 17 und 18 nach Holling 1986, 2001 sowie Gunderson/Holling 2002



Integration der sozialen Dimension in Resilienzkonzepte

Mit zahlreichen Forschungsarbeiten erfolgte eine aktive Integration der sozialen Dimension in Resilienzkonzepte; so wurde in den 1990er-Jahren die sozial-ökologische Resilienzforschung aus der Taufe gehoben (Béné et al. 2014: 7). Damit verband sich auch für gekoppelte sozialökologische Systeme („linked social-ecological systems") ein Perspektivwechsel von der Erhaltung vermeintlich stabiler Systeme hin zur Gestaltung von Wandelprozessen (Folke 2006: 253 f.). Im Mittelpunkt stand die Frage „how capacity can be built to adapt to change and, in turn, to shape change for sustainability" (Berkes et al. 2003: 3). Dies bedeutete zugleich eine Abkehr von einem linearen Systemdenken hin zu einem komplexen Systemdenken („complex system thinking"), das Überraschungen (im Sinne der „science of surprise" nach Holling 1986) und das Unerwartete („be prepared for the unexpexted") integriert (ebd.: 8 ff.; vgl. Kates/Clark 1996).

BERKES et al. nehmen explizit Bezug auf das aus der Ökologie stammende Panarchy-Modell von Gunderson und Holling, das die skalenübergreifenden Wechselbeziehungen von Anpassungszyklen beschreibt: „The term panarchy is used to capture the dynamics of adaptive cycles that nested within one another across space and time scales" (Berkes et al. 2003: 18; vgl. Abb. 14). Insbesondere die Remember-Funktion spielt eine zentrale Rolle im Aufbau resilienter Systeme, da mit dieser Funktion skalenübergreifend die Erneuerung und Reorganisation von Systemen als ein Lernen aus früheren Erfahrungen vonstattengeht (ebd.: 19). Resiliente sozialökologische Systeme verfügen demnach über Mechanismen, um vom Umgang mit Wandelprozessen und unerwarteten Schocks zu lernen (Adger et al. 2005: 1036). Resilienz wird somit zum „Gradmesser für die Fähigkeit eines Systems, sich selbst zu organisieren, zu lernen und sich anzupassen" (Bröckling 2017: 2).

WALKER et al. (2004) adressieren drei Kerneigenschaften sozial-ökologischer Systeme: Sie unterscheiden Resilienz, Anpassungsfähigkeit („adaptability") und Wandlungsfähigkeit („transformability"). Sie umreißen das Resilienzkonzept über vier zentrale Aspekte:

1. „Latitude" bezeichnet die maximale Veränderung, die ein System durchlaufen kann, bevor es seine Fähigkeit verliert, sich zu erholen, also den Schwellenwert erreicht, ab dem eine Erholung kaum oder nicht mehr möglich ist.
2. „Resistance" bedeutet, inwieweit sich ein System „resistent" gegenüber Veränderungen zeigt.
3. „Precariousness" beschreibt, wie nah ein System bereits am Schwellenwert ist.
4. „Panarchy" nimmt Bezug auf die skalenübergreifenden Abhängigkeiten und Wechselwirkungen (ebd.).

WALKER et al. sehen Anpassungsfähigkeit und Wandlungsfähigkeit als weitere Kerneigenschaften von Systemen. Anpassungsfähigkeit bezieht sich auf die Möglichkeit von Individuen oder sozialen Gruppen, die Resilienz eines Systems (positiv) zu beeinflussen, Wandlungsfähigkeit dagegen auf die Möglichkeit, ein vollkommen neues System zu erschaffen, wenn sich die ökologischen, ökonomischen und sozialen Rahmenbedingungen so stark verändern, dass das aktuelle System nicht mehr fortbestehen kann (ebd.).

Das „resilience thinking" im Zusammenhang mit Anpassung und Transformation

FOLKE et al. (2010) verknüpfen diese Eigenschaften im Sinne des „resilience thinking", wobei Anpassungsfähigkeit („adaptability") nun als Teil von Resilienz aufgefasst wird: Das bedeutet, das System bleibt durch kontinuierliche Anpassungsprozesse innerhalb kritischer Schwellenwerte. Wandlungsfähigkeit („transformability") hingegen bezieht sich auf das Überschreiten kritischer systemarer Schwellenwerte und das Schaffen neuer stabiler Entwicklungspfade (ebd.; vgl. Pelling 2011). HUTTER und LORENZ sehen in dem Dreiklang aus Bewältigungs-, Anpassungs- und Trans-

formationskapazität zudem eine Entwicklung in der Konzeptionalisierung von Resilienz: „starting with the mere 'conservative' persistence of a system, over adaptations of systems ending so far with 'evolutionary' transformations of systems in the face of global challenges" (Hutter/Lorenz 2017: 4).

Im Zusammenhang mit der Diskussion um globale Transformationsprozesse und Herausforderungen erwies sich das Resilienzkonzept als eine alternative Perspektive zu „etablierten Praktiken" im Umgang mit Unsicherheiten, dynamischem Wandel und überraschenden Veränderungen (Felgentreff et al. 2012: 75). Gerade diese Ausrichtung begründet den Erfolg des Resilienzkonzepts: „The resilience approach emphasizes non-linear dynamics, thresholds, uncertainty and surprise" (Folke 2006: 253). Es fand deshalb bereits in den 1980er-Jahren Eingang in die Naturgefahren-, Risiko- und Klimawandelforschung (Béné et al. 2014: 7; Meerow et al. 2016: 40). Dass Resilienz inzwischen als neues Paradigma zur Bewältigung multipler Krisen zum Einsatz kommt, lässt sich sicherlich nicht zuletzt darauf zurückführen, dass sich in der vergangenen Dekade globale Krisen und Umbruchsprozesse überlagern und „zu einer historischen Epochenwende" verdichten, die mit komplexen Krisenerfahrungen einhergehen (Brand 2020: 13).

Ausdifferenzierte Forschungslandschaft zu Resilienz

Über die frühe Resilienzforschung der 1960er- und 1970er-Jahre etablierte sich in den 1980er-Jahren ein interdisziplinäres Netzwerk aus Forschenden, das 1999 in der Gründung der Resilience Alliance mündete, die seit 2015 um ein Resilience Connections Network erweitert wurde (Resilience Alliance 2023). Die Arbeiten der Mitglieder der Resilience Alliance trugen maßgeblich zur Weiterentwicklung des Resilienzkonzepts und des „resilience thinking" bei (Folke 2016: 6). Die Vielfalt an Veröffentlichungen ist mittlerweile kaum mehr überschaubar, ein Review „close to an impossible task" (ebd.).

Insofern lässt sich – vergleichbar zur Vulnerabilitätsforschung – festhalten, dass sehr unterschiedliche Forschungsdomänen den Resilienzbegriff aufgreifen und weiterentwickeln, für ihre jeweiligen Zwecke definieren und in eigene Forschungskontexte einpassen. Es gibt zahlreiche Definitionen und Konzeptionalisierungen, „die sich zwar nicht auf einen Nenner bringen lassen, sich aber wechselseitig überlagern und beeinflussen" (Bröckling 2017: 2). So listen MEEROW et al. allein 25 Definitionen für den Begriff der urbanen Resilienz (Meerow et al. 2016: 41). Die definitorische Bandbreite legt die Unschärfe des Begriffs und die Unterschiede der Resilienzkonzepte offen.

Durch die Vielfalt an Anwendungsfeldern kommt Resilienz wahlweise als Grundlage für elaborierte Analysekonzepte, Impulsgeber für politische Agenden, Framing für Problemstellungen und Diskurse, Zielsetzung für die Entwicklung von Systemen oder auch schlicht als sogenanntes Buzzword zum Einsatz (Béné et al. 2014: 38). So variiert auch die Einordnung als rein deskriptives, hybrides oder rein normatives Konzept (Brand/Jax 2007). Resilienz wurde als Begriff zunehmend vager und dehnbarer, sodass BRAND und JAX vorschlagen, den Begriff als „boundary object" einzustufen (ebd.). Damit werden die Vorteile eines ambivalenten, oszillierenden und unscharfen Begriffs hervorgehoben: Nur in dieser Unbestimmtheit könne er als Brücke für interdisziplinäres wissenschaftliches Arbeiten sowie als Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Praxis fungieren (ebd.).

Dennoch bleiben signifikante Kritikpunkte bestehen, die sich unter anderem darauf beziehen, dass sich sowohl Unschärfen als auch Komplexität der Resilienzkonzepte hemmend auf deren Operationalisierung auswirken und dadurch nur eine geringe Anschlussfähigkeit an relevante Politikfelder gegeben ist (vgl. Matyas/Pelling 2012: 12; Gall 2013: 21 ff.; Meerow et al. 2016: 39; Bousquet et al. 2016). Zudem dominiert wohl zumindest in der Praxis die Konzeptionalisierung von Resilienz als „bouncing back" gegenüber „bouncing forward": MEEROW und STULTS (2016) verglichen die Aussagen wissenschaftlicher Veröffentlichungen zu Merkmalen, welche die Resi-

lienz urbaner Systeme fördern sollen, mit den Ergebnissen einer Befragung von Vertreterinnen und Vertretern lokaler Behörden. Dabei wurde deutlich, dass in der Praxis vor allem Merkmale wie Robustheit und eher selten Merkmale wie Diversität, Redundanz, Flexibilität, Dezentralisierung oder Anpassungskapazität mit Resilienz verknüpft werden (ebd.: 8). Insofern schlussfolgern sie: „This points to a disconnect between academic theory and practice" (ebd.: 12).

Schlüsselbegriff für Raumwissenschaften und Raumplanung

Trotz aller Kritikpunkte und offener Fragen werden Resilienzkonzepte in vielen Forschungsdomänen und Politikfeldern aufgegriffen, so auch in den Raumwissenschaften und der Raumplanungspraxis (vgl. Kap. 9.2). Insofern stellt sich die Frage danach, was dieses Konzept so erfolgreich macht.

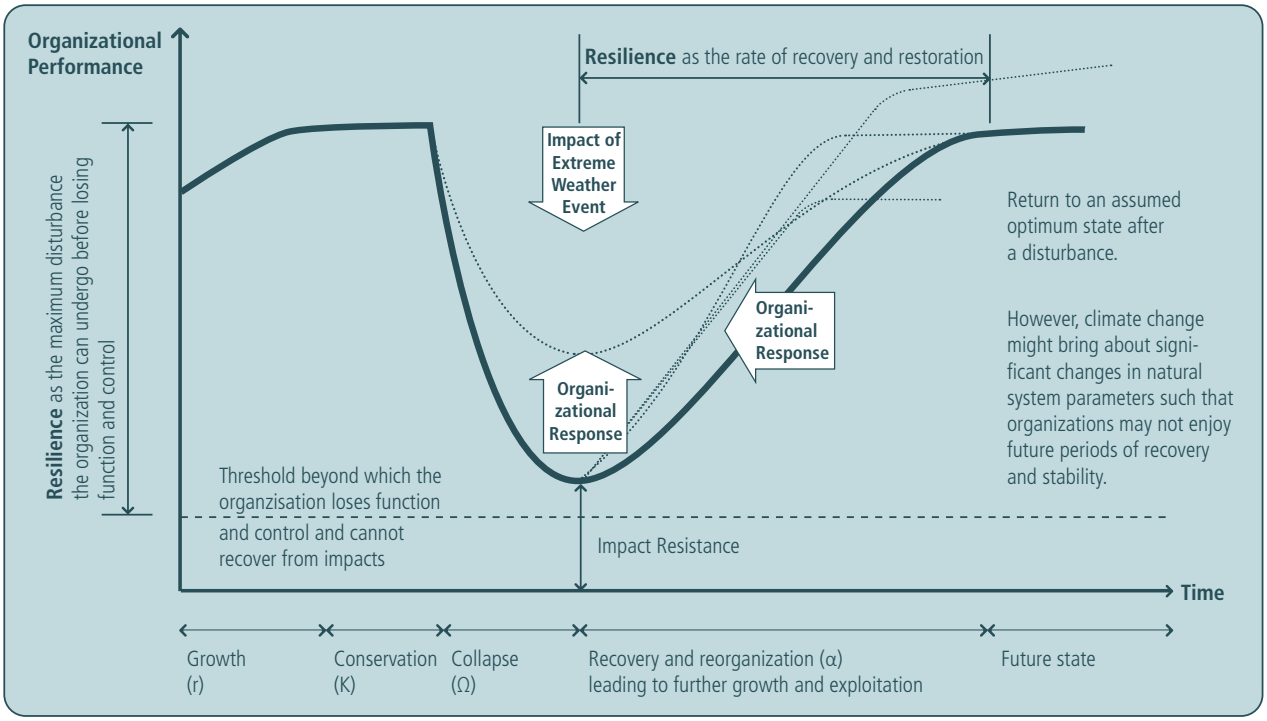
Zum einen mag es damit zusammenhängen, dass Resilienz als Begriff und Konzept in erster Linie positiv konnotiert wird; dies gilt eben nicht für den Vulnerabilitätsbegriff, der eine eher negative Konnotation besitzt (vgl. Adger 2006: 269; Matyas/Pelling 2012: 10). Oder anders ausgedrückt: Das Konzept der Resilienz erlaubt es, „den negativen Beiklang von Risikodiskursen in die Positivsemantik von Entwicklungspotenzialen zu übersetzen" (Bröckling 2017: 9). Zum anderen können in Phasen multipler Krisen und Krisenerfahrungen vor allem Begriffe, die als „boundary object" fungieren, sowohl Unsicherheiten („true uncertainty and unknown unknowns") (Folke 2016: 23) adressieren als auch eine konsensfähige Neuausrichtung von Systemen und deren Entwicklungspfaden erleichtern: Wer möchte nicht resilient sein gegenüber dem, was die Zukunft (an möglichen Krisen) bringt? Hinzu kommt, dass seit Anfang der 2000er-Jahre Operationalisierungsansätze die Relevanz von Resilienzkonzepten in der Praxis erhöhen. Allerdings scheint sich der Resilienzdiskurs von den ehemals metrischen Ansätzen der Operationalisierung, zum Beispiel im Bereich der Ökologie oder des Ressourcenmanagements, „in Richtung eines umfassenden Denk- und Handlungsansatzes" zu verschieben (UBA 2017b: 25) – im Sinne des „resilience thinking" (s. o.).

Ein Beispiel im Bereich der räumlichen Planung ist der Operationalisierungsansatz von GODSCHALK: „a comprehensive strategy of urban hazard mitigation aimed at the creation of resilient cities" (Godschalk 2003: 136). Aus seiner Sicht liegen die zentralen strategischen Ansatzpunkte in den maßgeblichen Eigenschaften resilienter Systeme: Diese sind redundant, divers, effizient, eigenständig („autonomous"), stark, unabhängig, interdependent, anpassungsfähig und kooperativ („collaborative") (ebd.: 139).

WALKER und SALT präsentieren ein Rahmenkonzept für Resilienz, das über drei Schritte hinweg eine Umsetzung in der „realen Welt" vorsieht (Walker/Salt 2006: 11): Dabei geht es zunächst um eine systemische Perspektive und die Ausgangsthese, dass Resilienz für komplexe adaptive Systeme der Schlüssel zu einer nachhaltigen Entwicklung ist. Der zweite Schritt erscheint besonders relevant, da er verdeutlicht, dass Resilienz von systemischen Schwellenwerten abhängt: Wenn ein System aufgrund von Wandlungsprozessen diese Schwellenwerte überschreitet, geht damit ein „regime shift" in einen anderen Systemzustand einher (ebd.). Die erforderlichen Anpassungsprozesse, um innerhalb eines stabilen Zustands zu bleiben oder den nächsten zu schaffen, werden über Anpassungszyklen („adaptive cycles") als grundlegende Heuristik gefasst (s. o.). Im dritten Schritt erfolgt die Operationalisierung, die gleichfalls zentrale Systemeigenschaften adressiert: Diversität, ökologische Variabilität, Modularität, das Erkennen langsamer Variablen („acknowledging slow variables"), enge Feedbacks, soziales Kapital, Innovation, Überschneidungen im Bereich der Governance („overlap in governance") sowie Ökosystemleistungen (ebd.: 162 ff.).

BOUSQUET et al. schlagen mit ihrem Operationalisierungsansatz einen interessanten Bogen zu Ansätzen in der Entwicklungsländer- und Armutsforschung, indem sie die in Studien zur Ernährungssicherheit aufgerufenen Zugänge auf die Resilienzperspektive übertragen: Sie gehen davon

Abbildung 15: Das Resilienzkonzept für großskalige Transformationsprozesse
Quelle: Lu/Stead 2013: 202 auf der Basis von Linnenluecke/Griffiths 2010; grafische Darstellung angepasst



aus, dass physische Verfügbarkeit von Ressourcen („physical existence of resources"), Zugänglichkeit („possibility to access the resources"), Stabilität („long-term availability and access") und Anwendung („knowledge and habits") die Resilienz von Systemen fördern (Bousquet et al. 2016).

LU und STEAD haben unterschiedliche Operationalisierungsansätze für Resilienz analysiert und ordnen die in der Literatur benannten Eigenschaften resilienter (urbaner) Systeme sechs übergeordneten Charakteristika zu:

1. Aufmerksamkeit für die aktuelle Situation
2. Aufmerksamkeit für Trends und zukünftige Bedrohungen
3. Fähigkeit, aus früheren Erfahrungen zu lernen
4. Fähigkeit, Ziele zu setzen
5. Fähigkeit, Maßnahmen zu initiieren
6. Fähigkeit, die Öffentlichkeit einzubeziehen (Lu/Stead 2013: 202).

Sie schlussfolgern, dass die vielfältigen Operationalisierungsansätze zu einer erfolgreichen Etablierung des Resilienzkonzepts in der Raumplanung geführt haben und damit ein alternatives Paradigma („alternative paradigm") zum Einsatz kommt, um angesichts großskaliger Transformationsprozesse mit Unsicherheiten und Vulnerabilitäten in Raumentwicklungsprozessen besser umgehen zu können (ebd.: 211; vgl. Abb. 15). Das bestätigen zum einen neuere wissenschaftliche Arbeiten (vgl. Deppisch 2017; Voss et al. 2018; Schulwitz 2020) wie auch die Einbettung des „resilience thinking" in Programmatiken der Raumplanung (vgl. Kap. 9.2).

Vielfältige und enge Bezüge zwischen Resilienz und Vulnerabilität

Die intensive Auseinandersetzung mit Resilienz in Wissenschaft und Praxis hat einen großen Fundus an Erkenntnissen hervorgebracht zu komplexen Systemen, deren Eigenschaften und Entwicklungspfaden sowie zur Bedeutung von Lern-, Anpassungs- und Transformationsprozessen. Seit

Mitte der 2010er-Jahre überflügelt der Resilienzbegriff den Vulnerabilitätsbegriff in der Rezeption in Wissenschaft und Praxis deutlich (Norf 2020: 123 ff.). Nicht zuletzt wurden Vulnerabilitätskonzepte in den vergangenen Jahren durch „Erkenntnisse aus der Resilienzforschung beeinflusst" (Voss et al. 2018: 30). So wird die Auseinandersetzung mit Vulnerabilität im Rahmen der Raumplanung heute überwiegend in den Resilienzdiskurs eingebettet (vgl. u. a. Kilper et al. 2017; vgl. Kap. 9.2).

Vielfach wurde die Anstrengung unternommen, Resilienz und Vulnerabilität in ihren konzeptionellen Bezügen wie Differenzen aufzuschlüsseln (vgl. Gallopín 2006; Adger 2006; Miller et al. 2010; Bara 2012; UBA 2017b; Schulwitz 2020). Vulnerabilitäts- und Resilienzforschung befassen sich zunächst mit vergleichbaren Themen: Es geht um komplexe Systeme, deren Eigenschaften sowie deren Reaktionen auf Gefahren beziehungsweise Störungen. „The points of convergence are more numerous and more fundamental than the points of divergence" (Adger 2006: 269). Allerdings gibt es auch profunde Unterschiede: Resilienz und Vulnerabilität adressieren je spezifische Eigenschaften von Systemen hinsichtlich der Reaktion auf beziehungsweise dem Umgang mit Stressfaktoren (Gross/Weichselgartner 2015: 14). Während Vulnerabilitätskonzepte sich auf Faktoren fokussieren, die Systeme verletzlich machen, stehen bei Resilienzkonzepten Eigenschaften im Vordergrund, die Lern- und Anpassungsprozesse unterstützen (Schneiderbauer et al. 2016: 22). Dies mag auch der Grund sein, weswegen Vulnerabilität im Vergleich zu Resilienz teilweise als eher statisches Konzept (Gall 2013: 13), beziehungsweise als ausgeprägte analytische Kategorie (von Gleich et al. 2010: 18) eingestuft wird.

Dass es sich nicht einfach um reziproke Begriffe handelt, wird zumeist über „Lock-in"-Situationen nachvollzogen: Es ist zwar davon auszugehen, dass resilienzfördernde Maßnahmen die Vulnerabilität eines Subjekts, Objekts oder Systems reduzieren, umgekehrt gilt dies jedoch nicht zwangsläufig für vulnerabilitätsreduzierende Maßnahmen in Bezug auf Resilienz. Vielmehr können diese „die Starrheit des Systems erhöhen und damit die Resilienz verringern oder sie könnten Ressourcen verbrauchen, die für Resilienz steigernde Maßnahmen sinnvoller eingesetzt werden könnten" (ebd.: 37). Gleichwohl lässt sich umgekehrt durchaus nachvollziehen, dass kritisch angemerkt werden kann, dass Resilienzmaßnahmen darauf abzielen, „die Menschen an die Risiken anzupassen. Statt Belastungen abzubauen, erhöht man die Belastbarkeit" (Bröckling 2017: 7). Und zugespitzt:

> „Das resiliente Selbst, das in diesen Praktiken adressiert wird, soll sein Leben als diskontinuierliche Abfolge von bedrohlichen Ereignissen und Bewältigungsversuchen begreifen […]. Stets auf der Hut vor der nächsten bösen Überraschung, versucht es nicht unterzugehen und übt seine Fähigkeit, sich an Herausforderungen anzupassen, die es noch gar nicht kennt" (ebd.: 17).

In gewisser Weise greift BARA diese Ambivalenz mit dem „vulnerability-resilience-link" durch Zuordnung der Begriffe zu unterschiedlichen Analyseebenen auf (Bara 2012: 238): Resilienz nimmt demnach das gesamte System in den Blick, beispielsweise eine Stadt oder eine Region, während soziale Vulnerabilität in der Analyse zu einer Differenzierung innerhalb des Systems, also innerhalb beispielsweise einer Stadtgesellschaft führt (ebd.: 240 f.). Sie bezeichnet Vulnerabilität und Resilienz als komplementäre Konzepte, die eine jeweils eigene Analyseperspektive bedingen: „They are two different and both relevant lenses to look at how a society copes with disaster" (ebd.: 241).

Trotz aller Unterschiede werden Konvergenz und Komplementarität beider Konzepte vielfach betont (vgl. u. a. Adger 2006; Miller et al. 2010): „Während der Zusammenhang zwischen Resilienz und Vulnerabilität gerade in der wissenschaftlichen Diskussion nicht eindeutig geklärt ist, entwickelt sich mit der Erforschung sozial-ökologischer Systeme ein Wissenschaftszweig, der beide Konzepte vermehrt zusammendenkt" (UBA 2017b: 29). Hinzu kommt, dass sowohl in Resilienz- als

auch Vulnerabilitätskonzepten die Anpassungsfähigkeit eine zentrale Rolle spielt: Anpassungsfähigkeit könnte demnach „als Bindeglied zwischen Vulnerabilitäts- und Resilienzansätzen“ dienen, sodass eine „Diversifizierung von Adaptionsbemühungen sowohl als Instrument zur Verringerung von Verwundbarkeit als auch als Mittel zum Ausbau von Resilienz betrachtet werden kann“ (Felgentreff et al. 2012: 45). Teilweise werden Analyse und Monitoring von Vulnerabilität ganz pragmatisch als notwendige Voraussetzung dafür gesehen, Resilienzprozesse zielgerichtet starten und (neu) justieren zu können (Godschalk 2003: 140; Christmann et al. 2016: 29 f.).

4.3 Rezeption des Vulnerabilitätskonzepts in Deutschland

Während auf internationaler Ebene Vulnerabilität als konzeptioneller Ansatz bereits seit Jahrzehnten in unterschiedliche Forschungs- und Politikfelder integriert und in vielfältigen Forschungszweigen weiterentwickelt wurde, lässt sich dies in Deutschland erst wesentlich später beobachten (BBK 2011: 15; UBA 2017a: 32). Die Diskussion um Vulnerabilität als zielführender Forschungsansatz nahm in Deutschland im Zusammenhang mit der Klimawandel- und Risikoforschung ab den 2000er-Jahren an Fahrt auf, vor allem durch einen Wissenstransfer von der internationalen Ebene in die nationale Forschungslandschaft (vgl. Birkmann 2008).

Im September 2000 fand das erste Forum des Deutschen Komitees für Katastrophenvorsorge mit dem programmatischen Titel „Extreme Naturereignisse und Vulnerabilität“ statt, wobei das Thema Vulnerabilität am Beispiel der Auswirkungen des Orkans Lothar, der 1999 zu sehr hohen Schäden in Europa führte, beleuchtet wurde (Goldammer 2001). Die Auseinandersetzung mit Vulnerabilität erfolgte in Deutschland anlassbezogen und war auf die „Erarbeitung von Orientierungswissen für Politik und Planung“ ausgerichtet (Bürkner 2010: 35). In Deutschland standen in erster Linie die großen Flutkatastrophen und somit die Bewältigung von Hochwasserrisiken im Fokus. Das Thema Vulnerabilität wurde explizit adressiert, da eine erfolgreiche Bewältigung von Hochwasserrisiken nicht nur auf der Gefahrenseite ansetzt, sondern auch die Vulnerabilität von Gesellschaft, Raum- und Infrastrukturen in den Blick nehmen sollte (vgl. Steinführer/Kuhlicke 2007; Fekete 2010; BBK 2009, 2011, 2013; Taubenböck et al. 2011).

Schwerpunkt Klimafolgenforschung

In der Klimafolgenforschung gewann Vulnerabilität als konzeptioneller Ansatz zunehmend an Bedeutung (vgl. UBA 2005; Stock et al. 2009; Birkmann/Fleischhauer 2013; Birkmann et al. 2013b). Im vom UBA im Jahr 2005 herausgegebenen Bericht „Klimawandel in Deutschland. Vulnerabilität und Anpassungsstrategien klimasensitiver Systeme“ wird die Relevanz sozioökonomischer Rahmenbedingungen und deren Veränderung für Anpassungsprozesse hervorgehoben: „Solche Rahmenbedingungen bestimmen zum großen Teil die Prädisposition einer Region bzw. eines Bereichs gegenüber Auswirkungen des Globalen Wandels und sind in hohem Maße mitverantwortlich für die regionale Differenzierung von Vulnerabilität“ (UBA 2005: 15). Die Stellschrauben für Anpassungsstrategien werden somit nicht mehr allein im Bereich der Klimaparameter und deren Auswirkungen verortet, vielmehr wird einer Reduktion der Verwundbarkeit von Gesellschaft, Raum- und Infrastrukturen ein herausragender Stellenwert eingeräumt. Vulnerabilität wird zum „Schlüsselfaktor“ bei der „Bestimmung der Risiken und Chancen, die mit dem Klimawandel verbunden sind“ (Birkmann/Fleischhauer 2013: 44).

2011 wurde auf Bundesebene das „Netzwerk Vulnerabilität“ gegründet, dem Expertinnen und Experten aus 16 Bundesbehörden und -institutionen angehören (UBA 2017a: 6). Unterstützt durch ein wissenschaftliches Konsortium wurde das Wissen um Vulnerabilitäten in Deutschland gegenüber dem Klimawandel zusammentragen und „eine umfassende, übergreifende und deutsch-

landweite Vulnerabilitätsanalyse durchgeführt“ (ebd.). Diese wurde 2015 abgeschlossen (UBA 2015b) und 2021 zu einer Klimawirkungs- und Risikoanalyse weiterentwickelt (UBA 2021a). Im Rahmen dieser Studien beruht die Einschätzung von Vulnerabilitätsmustern in ganz Deutschland auf einem integrativen Ansatz, der die Auswirkungen des Klimawandels auf raumrelevante Sektoren, zugleich Wechselwirkungen und kumulative Effekte berücksichtigt. Zudem wurden drei Zeitebenen in den Blick genommen: die Gegenwart, die nahe und die ferne Zukunft (Greiving et al. 2015). Zunächst musste ein Konsens zum konzeptionellen „Framing“ von Vulnerabilität, insbesondere zwischen dem Vulnerabilitätsverständnis der Klimawandelforschung und dem der Risikoforschung, hergestellt werden (ebd.: 309). Das Vulnerabilitätsverständnis folgt dabei in erster Linie dem IPCC-Ansatz im vierten Sachstandsbericht (2007), „geringfügig erweitert“ auf Basis des fünften IPCC-Sachstandsberichts (2014) (UBA 2017a: 6): „Vulnerabilität gegenüber dem Klimawandel beschreibt den Grad, zu dem ein System – etwa ein Ökosystem, ein wirtschaftliches System oder soziales System – durch Klimaänderungen gefährdet ist“ (ebd.: 8) und: „Die Vulnerabilität ergibt sich aus der (potenziellen) Klimawirkung vermindert um die Anpassungskapazität“ (ebd.: 11). Insofern lässt sich der Ansatz der Outcome-Vulnerabilität der Klimawandelforschung zuordnen (vgl. Kap. 4.2.3).

Schwerpunkt Katastrophenschutz

Ein Forschungsbereich, der viel konzeptionelles und operatives Wissen zu Vulnerabilität in Deutschland seit den 2000er-Jahren generiert, ist der Katastrophenschutz. 2004 wurde das heutige Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) gegründet (BBK 2023a). 2005 veröffentlichte das BBK eine „Problemstudie: Risiken für Deutschland. Gefahrenpotentiale und Gefahrenprävention für Staat, Wirtschaft und Gesellschaft aus Sicht des Bevölkerungsschutzes“. Darin findet sich eine erste definitorische Annäherung an Vulnerabilität als Anfälligkeit, Verletzbarkeit beziehungsweise Verwundbarkeit aus Perspektive des Katastrophenschutzes: „Die Anfälligkeit hängt ab von der Häufigkeit und Schwere eines Ereignisses, der Anzahl gefährdeter Personen, dem Sachkapital und vor allem von den Präventionsmaßnahmen und dem Reaktionsvermögen der Betroffenen“ (BBK 2005: 7). Es wird dem Menschen eine Verantwortung für das Entstehen von Katastrophen zugewiesen, was gleichzeitig die Möglichkeit eröffnet, „die Verletzbarkeit oder Anfälligkeit durch eine Reihe von Entscheidungen und Handlungen aktiv zu verringern“ (ebd.). Vulnerabilität wird damit als Stellschraube des Managements von Risiken: „Nur durch die Abschätzung der Vulnerabilität verschiedener Sektoren […] können Schwachpunkte identifiziert und Handlungsansätze für ein Risikomanagement abgeleitet werden“ (BBK 2013: 16).

Im Rahmen des Katastrophenschutzes erfolgte zudem eine intensive Auseinandersetzung mit der Vulnerabilität kritischer Infrastrukturen (BBK 2009: 14, vgl. zudem BBK 2010 und Braubach 2011). Unter „kritischen Infrastrukturen“ werden Einrichtungen und Organisationen verstanden, die für das Funktionieren des Gemeinwesens besondere Bedeutung besitzen und deren Ausfall zu nachhaltig wirkenden Versorgungsengpässen, erheblichen Störungen der öffentlichen Sicherheit oder anderen dramatischen Folgen führen kann (BBK 2009: 18 f., zitiert nach BMI 2005: 6). „Kritikalität“ gilt dabei als „relatives Maß für die Bedeutsamkeit einer Infrastruktur in Bezug auf die Konsequenzen, die eine Störung oder ein Funktionsausfall für die Versorgungssicherheit der Gesellschaft mit wichtigen Gütern und Dienstleistungen hat“ (ebd.: 19). Vulnerabilität wird definiert als „***gefahrenspezifische Anfälligkeit einer Kritischen Infrastruktur für Beeinträchtigung oder Ausfall ihrer Funktionsfähigkeit***“ (BBK 2009: 30) und konzeptionell in ihren spezifischen Charakteristika gefasst: Vulnerabilität ist demnach objektbezogen, gefahrenspezifisch, immanent (also unabhängig von der Exposition), multidimensional, dynamisch und skalenbezogen (ebd.: 31 ff.; vgl. Kap. 5). Ziel war es, Indikatoren zur Beurteilung der Vulnerabilität kritischer Infrastrukturen zu identifizieren, um diese messbar zu machen (ebd.: 47 ff.). Dabei fällt auf, dass das Set an Indikatoren – unter anderem Schutzniveau, Pufferkapazität, Robustheit und Anpassungsfähigkeit – Überschneidungen zu (heutigen) Risiko- und Resilienzkonzepten aufweist.

Schwerpunkt Raumplanung

Im Bereich der Raumplanung wird Vulnerabilität nicht nur in die Klimafolgenbewertung integriert, sondern auch in Ansätze des raumplanerischen Risikomanagements (vgl. u. a. Greiving 2002; Pohl/Zehetmair 2011). Noch 2011 resümierte der ARL-Arbeitskreis zum Risikomanagement in der Raumplanung, dass „die Untersuchung der Vulnerabilität von Räumen und sich dynamisch verändernden Mensch-Umwelt-Interaktionen im Raum – im Vergleich zur Betrachtung von Gefahrenquellen – bisher vergleichsweise wenig Aufmerksamkeit erhalten [hat]“ (Pohl/Zehetmair 2011: 91). Es wird angeregt, „in Zukunft neben der Gefahrenfokussierung auch die Vulnerabilitätsanalysen weiter zu stärken“ (ebd.). Dieser Aufgabe widmen sich weitere Forschungsaktivitäten, unter anderem auf Bundesebene (vgl. u. a. Hartz et al. 2015; Greiving et al. 2016; BBSR 2020; vgl. Kap. 9.3).

Vulnerabilitätsanalysen wurden zeitgleich als Instrument zur Bewertung der Verwundbarkeit von Regionen beziehungsweise urbanen Räumen erprobt (vgl. u. a. Minnich 2010; Weis et al. 2011; Alexander et al. 2011; Schuchardt et al. 2011; Regionaler Planungsverband Leipzig-Westsachsen 2011; Schmidt et al. 2011). Ziel war es, politik- und planungsrelevante Ergebnisse zu liefern, um dem Aspekt der Vulnerabilität in Strategien der Klimafolgenanpassung sowie des (raumplanerischen) Risikomanagements mehr Gewicht zu verleihen. Erstmals entstanden komplexe regionale Vulnerabilitätsprofile, die unterschiedliche Klimaparameter und deren Wirkfolgen auf verschiedene Handlungsfelder darlegten und als Grundlage einer ersten Einschätzung der Praxistauglichkeit von Vulnerabilitätsanalysen dienten (BMVBS 2011: 38 f.). Absehbar zeigte die Bewertung eine große Bandbreite der verwendeten Ansätze sowie eine starke Varianz bei der methodischen und inhaltlichen Tiefe der Bearbeitung (ebd.: 38). Gerade bei den komplexeren Ansätzen in Stuttgart und Westsachen wurden Zeitaufwand sowie das erforderliche Fach- und Methodenwissen als „hoch“ eingeschätzt (ebd.: 39).

Diese Ansätze in der räumlichen Planung wurden von BIRKMANN und FLEISCHHAUER als ein „ermutigendes Zeichen“ dafür interpretiert, dass sich auch die Raumplanung zunehmend mit Vulnerabilität befasst (Birkmann/Fleischhauer 2013: 44). Gleichwohl merken die Autoren an, dass die Analysen sich in erster Linie auf „Fragen der Exposition der Region gegenüber biophysischen Einwirkungen des Klimawandels“ fokussieren, jedoch Fragen der Bewältigungs- und Anpassungskapazität, „die im Kontext der Vulnerabilität entscheidende Teilelemente sind“, weitgehend vernachlässigen (ebd.: 44 f.).

Aus dem Jahr 2012 stammt ein Schwerpunktheft der Zeitschrift „Raumforschung und Raumordnung“ zum Thema „Vulnerabilität und Resilienz in sozio-räumlicher Perspektive“. Das Heft eröffnet unterschiedliche, auch kritische Sichtweisen auf den Umgang mit Vulnerabilitäts- und Resilienzkonzepten, welche die Diskussion gerade im deutschsprachigen Raum prägen. So wird im Rahmen einer sozialwissenschaftlichen Einordnung von Vulnerabilität und Resilienz auf die „Dimension der sozialen Konstruktion“ hingewiesen, wonach „Akteure – selbst bei nachweisbaren Gefährdungen – ganz unterschiedliche Wahrnehmungen von einer möglichen Bedrohung und von zu ergreifenden Schutzmaßnahmen entwickeln können“ (Christmann/Ibert 2012: 259). Die Kritik an der Konzeptualisierung von Vulnerabilität ist vielfältig: Sie bezieht sich auf das Spannungsfeld von Naturdeterminismus und konstruktivistischer Perspektive, auf die Unschärfen von Begriff und Konzept, auf die normative Aufladung versus analytische Anwendung oder auf die Skalenabhängigkeit als Herausforderung im Rahmen der Operationalisierung (vgl. u. a. Weichselgartner 2002; Dietz 2006; Bürkner 2010; Christmann et al. 2011; vgl. Kap. 5.1).

2016 erscheint der „Atlas Verwundbarkeit und Resilienz“ als „Pilotausgabe zu Deutschland, Österreich, Liechtenstein und Schweiz“ (Fekete/Hufschmidt 2016). Neben Fachbeiträgen, in denen der Diskussionsstand zu Verwundbarkeit und Resilienz aus unterschiedlichen Perspektiven reflektiert

wird, zeigen Fallstudien die vielfältigen Anwendungsbereiche auf – unter anderem die Analyse von Vulnerabilität(en) bei gravitativen Naturgefahren und Hochwassergefahren, gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels, Logistikstrukturen im Lebensmittelhandel oder der industriellen Produktion. Neuere Untersuchungen setzen die begonnenen Arbeiten fort und entwickeln das Wissen zu Vulnerabilität in unterschiedlichen Forschungs- und Politikbereichen weiter, so im Bereich Hochwasser und Starkregen (vgl. u. a. Hartz et al. 2017; Scheid 2018; Kammerbauer/Wamsler 2018), Hitze und thermische Belastung (vgl. u. a. Hartz et al. 2020d; Birkmann et al. 2019, 2022), integriertes Risikomanagement (vgl. u. a. Hartz et al. 2015; Greiving et al. 2016; BBSR 2020) oder kritische Infrastrukturen (vgl. u. a. Greiving et al. 2017; BBK 2020; Greiving et al. 2023).

Die räumliche Planung kann auf unterschiedlichen Planungsebenen dazu beitragen, sich überlagernde Gefahren und Vulnerabilitäten in die Abwägung einzustellen. Insgesamt bewertet die Autorin der vorliegenden Arbeit eine Operationalisierung des Vulnerabilitätskonzepts als erfolgversprechenden Ansatz, um die Vorsorgefunktion der räumlichen Planung zu stärken. Auf regionaler oder kommunaler Planungsebene liegen Vulnerabilitätsanalysen lediglich vereinzelt vor. Diese erproben verschiedene methodische Zugänge, um Vulnerabilitäten von Schutzgütern abzubilden, allerdings finden die Ergebnisse bislang kaum Eingang in die Planungspraxis. Insofern besteht weiterhin Forschungsbedarf in Bezug auf eine praxistaugliche Operationalisierung des Vulnerabilitätskonzepts für die unterschiedlichen Ebenen der räumlichen Planung (vgl. u. a. BMVBS 2011; Birkmann/Fleischhauer 2013; UBA 2015a, b; BBSR 2020).

4.4 Zwischenfazit: bereichernde Vielfalt und vielfältige Kritik

Die Auseinandersetzung mit Vulnerabilität in verschiedenen Forschungskontexten zeigt die Bandbreite daraus resultierender konzeptioneller Ansätze: „Many of the discrepancies in the meanings of vulnerability arise from different epistemological orientations and subsequent methodological practices“ (Weichselgartner 2001: 87). Die Vielzahl an Definitionen von Vulnerabilität spiegelt die Vielfalt an disziplinären Zugängen wie auch die Evolution des Konzepts wider: Bereits 1996 führt CUTTER 18 Definitionen auf (Cutter 1996: 531 f.), WEICHSELGARTNER nennt 2001 bereits 24 Definitionen (Weichselgartner 2001: 88) und THYWISSEN listet 36 im Jahr 2006 (Thywissen 2006: 28 ff.). Die Bandbreite an Definitionen können folgende Beispiele exemplarisch veranschaulichen:

- Die Risikoforschung bezieht Vulnerabilität in einer frühen Interpretation auf „the degree of loss to a given element at risk or set of such elements resulting from the occurrence of a natural phenomenon of a given magnitude and expressed on a scale from 0 (no damage) to 1 (total loss)“ (UNDRO 1980: 5).

- Eine weitere frühe Definition findet sich zu Beginn der 1980er-Jahre bei TIMMERMAN: „Vulnerability is the degree to which a system, or part of a system may react adversely to the occurrence of a hazardous event. The degree and quality of that adverse reaction are partly conditioned by the system“ (Timmerman 1981: 21).

- Im zweiten IPCC-Statusbericht wird Vulnerabilität definiert als „the extent to which climate change may damage or harm a system. It depends not only on a system’s sensitivity but also on its ability to adapt to new climatic conditions. Both the magnitude and the rate of climate change are important in determining the sensitivity, adaptability and vulnerability of a system“ (IPCC 1995: 28).

- Aus Perspektive der Livelihoods-Forschung gilt Vulnerabilität als „exposure of individuals or groups to livelihood stress as a result of environmental change“ (Alwang et al. 2001: 21).

- Im Bericht „Living with Risk“ der UN/ISDR wird Vulnerabilität beschrieben als „conditions determined by physical, social, economic, and environmental factors or processes, which increase the susceptibility of a community to the impact of hazards“ (UN/ISDR 2004: 16).

- CHRISTMANN et al. verstehen Vulnerabilität als „ein Konzept, das soziale Praktiken zusammenfasst, in denen eine beliebige Einheit, sei es ein Subjekt, eine Gruppe, ein technisches oder ökologisches System oder ein Territorium ins Zentrum einer Analyse von Verwundbarkeit gestellt wird. Der zugrundeliegende Konstruktionsprozess besteht darin, dass die zentral gestellte Einheit in ein relationales Gefüge zu anderen Einheiten platziert wird und nach beeinträchtigenden Wirkungen der in den Blick geratenen Interdependenzen gefahndet wird“ (Christmann et al. 2011: 25).

- Im Glossar „Klimawandel und Raumentwicklung“ der ARL steht hierzu: „Vulnerabilität umfasst physische, soziale, ökonomische, umweltbezogene und institutionelle Strukturen und Prozesse, die die Anfälligkeit sowie die Bewältigungs- und Anpassungskapazitäten eines Systems oder Objekts hinsichtlich des Umgangs mit Gefahren – wie z. B. Klimawandeleinflüssen – bedingen“ (Birkmann et al. 2013a: 25).

Oftmals zeigt sich eine Überlagerung mit Risikodefinitionen (Schneiderbauer/Ehrlich 2004: 13) beziehungsweise den im Ereignisfall auftretenden Schäden (Menoni et al. 2011: 9). Es stellt sich also die Frage nach dem Zusammenspiel der Begriffe „Vulnerabilität“ und „Risiko“. ADGER et al. schlussfolgern für den Fall einer Integration von Vulnerabilität in die Definition von Risiko, dass dann – in Abgrenzung zur Gefahr („hazard“) – soziale Vulnerabilität adressiert wird: „Risk defined as a function of hazard and social vulnerability is compatible with risk defined as probability x consequence, and also with risk defined in terms of outcome“ (Adger et al. 2004: 33). Das ISDR-Sekretariat der UN betont in seinem Bericht „Living with Risk“ gleichfalls die notwendige Unterscheidung zwischen Gefahr („hazard“) und Katastrophe („disaster“) sowie von Gefahr und Vulnerabilität (UN 2002: 22, 66). Damit entsteht das Risiko in der Verknüpfung des Faktors „hazard“ mit dem Faktor „vulnerability/capacity“ (ebd.: 60).

Darüber hinaus wird Vulnerabilität mit weiteren komplexen Begriffen und Konzepten wie Resilienz, Fragilität, Kritikalität oder Adaptabilität assoziiert (vgl. Liverman 1990; Füssel/Klein 2006: 305). Als kleinster gemeinsamer Nenner kann gelten, dass es der Vulnerabilitätsansatz erlaubt, die Auswirkungen oder Rezeptoren von Stressoren in den Blick zu nehmen und nicht nur den Stressor selbst (Fuchs et al. 2011: 610). THYWISSEN spricht von einer „babylonischen Verwirrung“ und fordert einerseits eine „gemeinsame Sprache“ und ein gemeinsames konzeptionelles Verständnis, andererseits betont sie: „Most of these sometimes colliding definitions are valid in their respective contexts and cannot be discarded“ (Thywissen 2006: 10). Die für diese Arbeit relevanten Definitionen von Kernbegriffen wie „Vulnerabilität“ und „Risiko“ werden in Kapitel 7.1 dargelegt.

Zentrale Kritikpunkte an Begriff und Konzept

Die Kritik an Vulnerabilitätskonzepten bezieht sich nicht nur auf den mangelnden Konsens in Bezug auf Definition und Konzeptualisierung oder die Schwierigkeiten in der Abgrenzung zu anderen Konzepten wie Resilienz oder Risiko. Vielmehr werden grundsätzliche Aspekte der konzeptionell-theoretischen wie auch der empirischen Untermauerung ins Feld geführt. ALWANG et al. stellen diesbezüglich eine Diskrepanz zwischen konzeptionell starken und empirisch schwachen Ansätzen und dem umgekehrten Phänomen einer schwachen Konzeptionalisierung und starken empirischen Orientierung fest (Alwang et al. 2001: 23). BÜRKNER diagnostiziert und begründet eine grundsätzliche „Untertheoretisierung“ von Vulnerabilitätskonzepten (Bürkner 2010: 24 ff.), da die mit diesen Konzepten verbundenen „Denkfiguren“ in der Regel nicht „explizit aus gesellschaftstheoretischen Kontexten bezogen“, sondern aus „alltagskulturellen Plausibilitätslogiken“ abgelei-

tet würden (ebd.: 25 f.). Deutlich macht er dies an aus seiner Perspektive theoretisch gut fundierten Ansätzen wie dem Livelihood-Ansatz oder der sozialen Ungleichheitsforschung im Gegensatz zu Ansätzen der Raumplanung und Governance-Forschung, Humanökologie oder Stadtforschung. Letztere würden „nicht selten alltagstheoretische Vorverständnisse oder axiomatische Setzungen" verwenden, „heuristische Analogiebildungen zwischen ‚Natur' und ‚Gesellschaft'" oder auch „empiristische Modellierungsversuche" hervorbringen (ebd.: 24 f.). Die damit verbundenen „essentialistischen Rhetoriken" gehen laut BÜRKNER mit „politischen Relevanzbehauptungen" einher, die nicht nur den öffentlichen Diskurs bestimmen, sondern auch Interventionen legitimieren (ebd.: 25, 28).

Hieran knüpft zugleich die Diskussion um positivistische und konstruktivistische Ansätze in der Vulnerabilitätsforschung an, die sich auf die unterschiedlichen erkenntnistheoretischen Zugänge aus den Natur- und Sozialwissenschaften zurückführen lassen (Miller et al. 2010). Die Berücksichtigung der konstruktivistischen Perspektive bedeutet, dass Vulnerabilität „nicht einfach (nur) eine objektiv gegebene Exposition" ist, sondern „eine gemeinsam geteilte ***Annahme*** darüber, dass man gefährdet und verletzbar sein könnte" (Christmann et al. 2011: 5). Insofern wird die einseitige Konzeption von Vulnerabilitäten als „objektiv gegebene Tatbestände", sozusagen als „faktische Anfälligkeit", kritisiert (Christmann/Ibert 2012: 259).

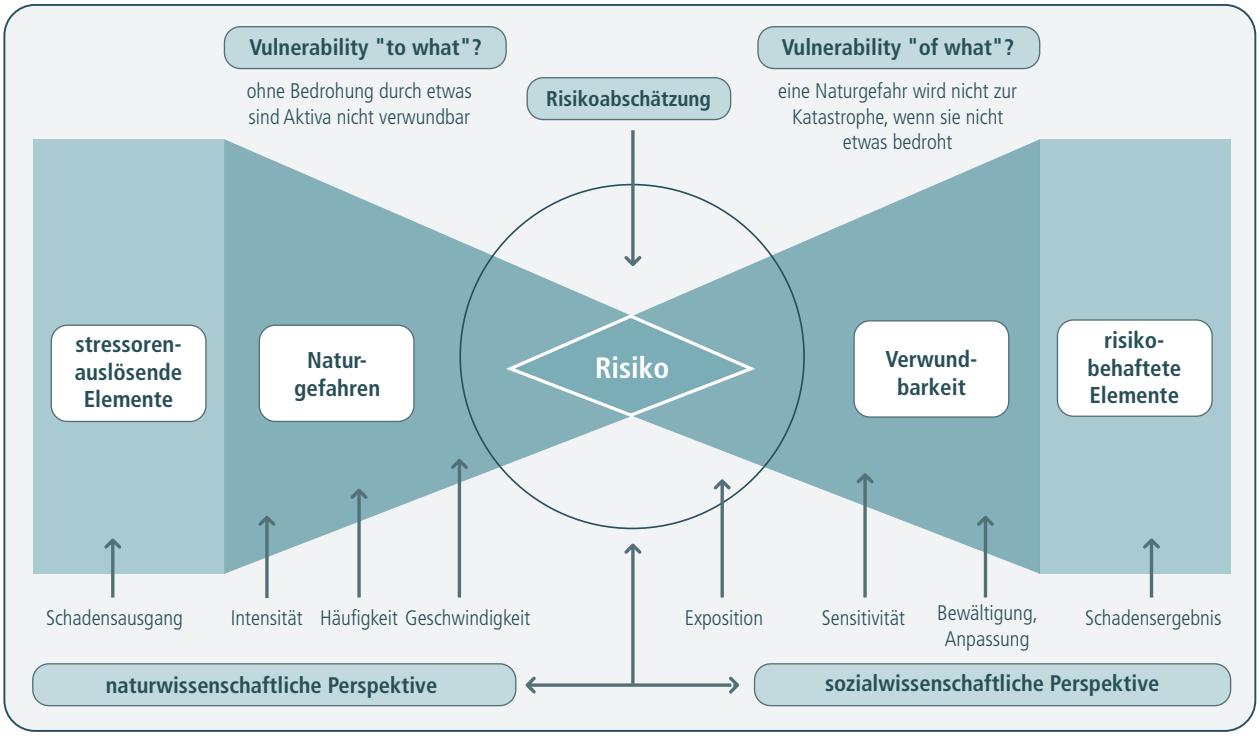
Verknüpfung von natur- und sozialwissenschaftlicher Perspektive

In der Genese der Konzepte weitete deshalb insbesondere die sozialwissenschaftliche Perspektive den Blick für spezifische Herausforderungen, die sich mit der theoretischen Einbettung von Vulnerabilität verbinden wie auch für die Vielfalt an Parametern, die Vulnerabilität beeinflussen (Ciurean et al. 2013: 6). In diesem Zuge wurden interdisziplinäre Ansätze befördert, die sowohl die soziale Perspektive integrieren als auch der räumlichen Dimension von Vulnerabilität Rechnung tragen (vgl. Etzold/ Sakdapolrak 2016).

BOHLE und GLADE betonen, dass Vulnerabilität in den Sozialwissenschaften zunächst auf „rein gesellschaftliche Bedingungen bezogen ist", wohingegen die Naturwissenschaften auf die „Empfindlichkeit vorher definierter Risikoelemente gegenüber einer Naturgefahr" rekurrieren: „Dem Fokus auf die ganzheitlichen Gesellschaftssysteme steht der Fokus auf die quantifizierbaren Konsequenzen gegenüber" (Bohle/Glade 2007: 99). Die Sozialwissenschaften konzentrieren sich demnach auf die Fragilität und Anfälligkeit beziehungsweise den Mangel an Resilienz von Gesellschaften und verlieren dabei die Naturgefahren selbst aus dem Blick. Die Naturwissenschaften befassen sich mit Wahrscheinlichkeiten, Wirkmechanismen und Schadenshöhen. Dabei vernachlässigen sie den Umstand, dass Naturkatastrophen „grundsätzlich erst in der Verknüpfung von Umwelt und Gesellschaft denkbar sind und ihr Auftreten in Form von Sozialkatastrophen […] stets das Ergebnis von sozial erzeugtem Risiko im Naturgefahrenkontext" ist (ebd.: 100). Sie würdigen den Ansatz von Alexander zur Kopplung naturwissenschaftlicher und sozialwissenschaftlicher Ansätze als „Brücke zwischen einer handlungs- und akteursorientierten sozialwissenschaftlichen Verwundbarkeitsforschung und einer auf Risiko bezogenen naturwissenschaftlichen Gefahrenforschung" (ebd.: 109; vgl. Abb. 16). Auch WEICHSELGARTNER sieht in der Konzeptionalisierung von Vulnerabilität die Chance, die natur- und sozialwissenschaftliche Perspektive zusammenzuführen: „Social scientific results are made spatially explicit (***pixelizing the social***); physical hazard characteristics have been pushed beyond their biophysical dimensions (***socializing the pixel***)" (Weichselgartner 2001: 93).

CHRISTMANN et al. konstatieren, dass Vulnerabilitätskonzepte trotz ihrer Ausrichtung auf den (globalen) Klimawandel oder (lokale) Natur- und Technikgefahren eine immer stärkere sozialwissenschaftliche Orientierung erfahren haben: So zeichnen sich die Ansätze zu sozialökologischen Systemen oder zu gekoppelten Mensch-Umwelt-Systemen (vgl. Kap. 4.2.4) dadurch aus, dass „sie bio-physische, geo-physische und soziale Faktoren als in Wechselwirkung befindlich beschrei-

Abbildung 16: Natur- und sozialwissenschaftliche Perspektiven der Risikoabschätzung im Kontext von Naturkatastrophen
Quelle: Bohle/Glade 2007: 108 auf Basis von Alexander 2004; grafische Darstellung angepasst



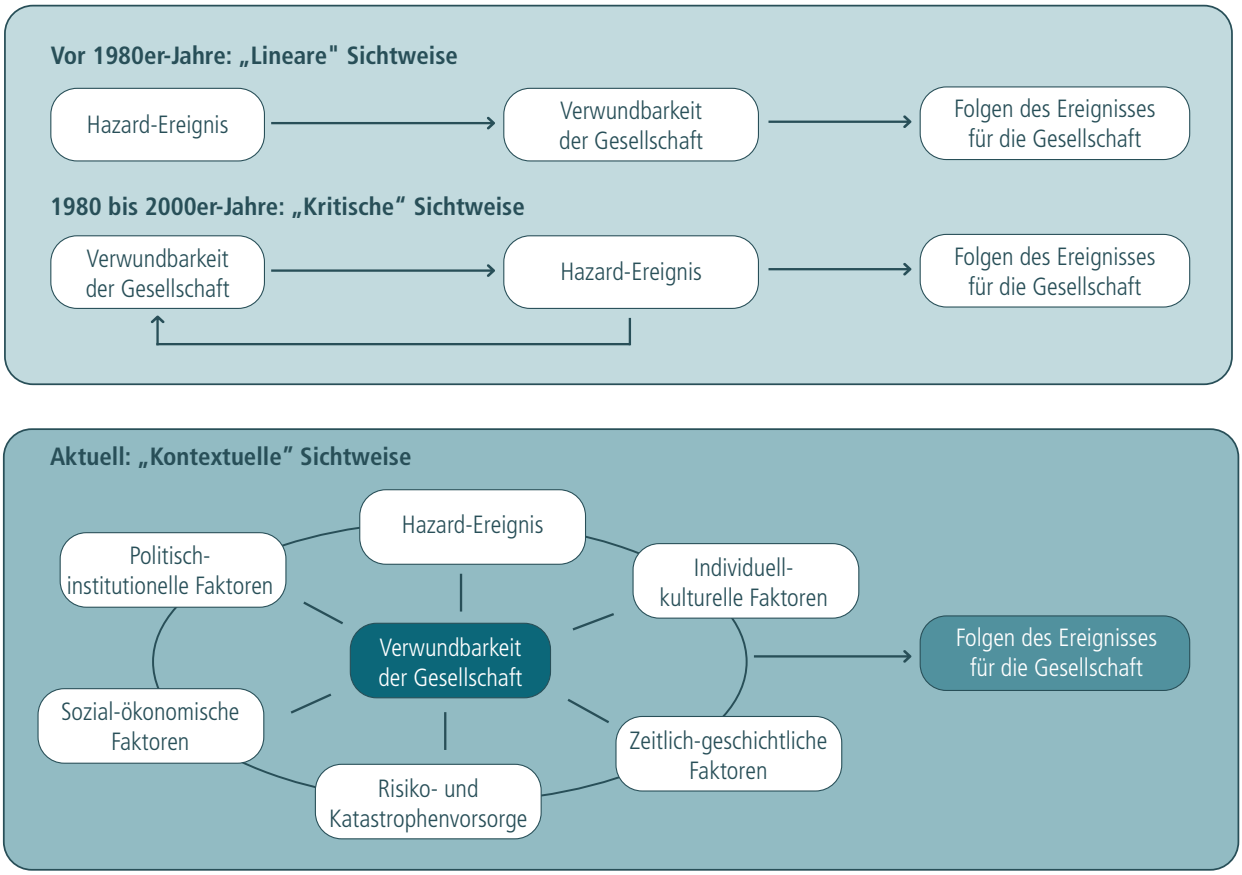
ben und das eingreifende Handeln gesellschaftlicher Akteure berücksichtigen“ (Christmann et al. 2016: 15). Daraus geht aus Sicht der Autorenschaft hervor, dass sich eine „zunehmende ‚Versozialwissenschaftlichung‘ in den Ansätzen der sozialen Vulnerabilität und der sozialen Resilienz“ zeige (ebd.).

Entwicklungsphasen von Verwundbarkeitskonzepten

WEICHSELGARTNER differenziert Entwicklungsphasen von Verwundbarkeitskonzepten (Weichselgartner 2016: 18; vgl. Abb. 17), die den paradigmatischen „Shift“ von Vulnerabilität als Konzept und Begriff gut auf den Punkt bringen: Zunächst dominierte eine frühe „lineare“ Sichtweise, in der Vulnerabilität als Folge eines „Hazard-Ereignisses“ verstanden wird. Die „kritische“ Sichtweise der 1980er- bis 2000er-Jahre thematisiert die Wechselwirkungen zwischen der Verwundbarkeit von Gesellschaft und den externen Stressoren. Die aktuelle „kontextuelle“ Sichtweise stellt die Verwundbarkeit von Gesellschaft in das Zentrum einer multifaktoriellen Betrachtung, bei der neben dem „Hazard-Ereignis“ weitere Faktoren Vulnerabilität konstituieren, so sozial-ökonomische, politisch-intentionelle, individuell-kulturelle oder zeitlich-geschichtliche Faktoren. (ebd.)

Ein Konsens zu Definition, Konzept und Einordnung der vielfältigen Ansätze zeichnet sich jedoch bislang nicht ab (Norf 2020: 53). Vulnerabilität lässt sich insofern als unscharfer Begriff („fuzzy term“, Fuchs et al. 2011: 609), als konzeptioneller Cluster („‘conceptual cluster’ for integrative human–environment research“, Füssel 2007: 156) oder – vergleichbar zu Resilienz – als „boundary concept“ (Brand/Jax 2007) bezeichnen. Kritik daran ist sicherlich berechtigt. Gleichwohl bedeutet die durchaus unterschiedliche (Weiter-)Entwicklung von Vulnerabilitätskonzepten auch einen Reichtum an Perspektiven, Erfahrungen und Erkenntnissen im Umgang damit, die Verwundbarkeiten von Subjekten, Objekten oder Systemen in theoretischen Annäherungen zu fassen und

Abbildung 17: Methodologische Phasen und Wandlung der Sichtweise von Vulnerabilität
Quelle: Weichselgartner 2016: 18; grafische Darstellung angepasst, geringfügig verändert



praktische Umsetzungen zu erproben. Dies hat nicht zuletzt dazu geführt, dass das Konzept eine stete Erweiterung erfahren hat und sich inzwischen durch seine Komplexität und Vielschichtigkeit auszeichnet (Birkmann 2006: 18). Vulnerabilität gilt nunmehr als ein interdisziplinäres Forschungsfeld, „das in verschiedenen Disziplinen für unterschiedliche Fragestellungen genutzt wird" (Birkmann 2008: 8).

Die verschiedenen Zugänge zu Vulnerabilität, die vielfältigen Bezüge zwischen den Konzeptualisierungen untereinander sowie die kritische Auseinandersetzung damit legen die Grundlage für eine fokussierte Weiterentwicklung des Vulnerabilitätskonzepts im Kontext der räumlichen Planung (vgl. Kap. 7).

5. Schlüsselelemente von Vulnerabilität

Die Ausführungen in Kapitel 4 fächern die Konzeptionalisierungen von Vulnerabilität auf und legen deren Spannbreite in Abhängigkeit der Forschungskontexte offen. Die vielfach geäußerte Kritik an diesen Konzeptionalisierungen geht jedoch zumeist nicht einher mit konkreten Hinweisen darauf, wie die erheblichen Herausforderungen in der theoretischen Fundierung, der konkreten Operationalisierung und empirischen Durchführung von Vulnerabilität überwunden werden könnten (Birkmann 2013a: 65). Demnach bleiben viele Fragen offen, die nicht nur einzelne Aspekte, sondern vielmehr die Grundkonstruktion von Vulnerabilität betreffen (ebd.: 64).

Um Vulnerabilitätskonzepte für die Raumplanung nutzbar zu machen, ist demnach in erster Linie eine Verständigung auf grundlegende Prinzipien beziehungsweise Kernkomponenten von Vulnerabilität zielführend, da sich hierüber unmittelbar Schnittstellen zur Operationalisierung ergeben. FUCHS et al. betonen die Notwendigkeit von Integrationsleistungen in Bezug auf die Komponenten von Vulnerabilität wie auch hinsichtlich der Bewertungsmethoden, die sich zwischen spezifischen und holistischen sowie partizipatorisch ausgerichteten und deduktiven Ansätzen aufspannen (Fuchs et al. 2011: 610 f.). Ohne eine Präzisierung der konstitutiven Merkmale bleiben Operationalisierungsverfahren notwendigerweise unscharf.

Ziel dieser Arbeit ist es jedoch nicht, einen Vorschlag zu einem übergreifenden Konsensrahmen zu Vulnerabilität vorzulegen. Vielmehr soll das Auffächern von und die Positionierung zu unterschiedlichen Prinzipien und Kernkomponenten das für die Ausrichtung dieser Arbeit erforderliche Vulnerabilitätskonzept schärfen und damit zumindest für die spezifischen Anwendungskontexte im Rahmen der Stadtentwicklung eine tragfähige Operationalisierung vorlegen. Die Ausführungen in diesem Kapitel legen zudem die Grundlage für eine Definition der zentralen Begriffe im Rahmen dieser Arbeit (vgl. Kap. 7.1).

Zunächst wird nochmals auf den Gegenstand und die Dimensionen von Vulnerabilität eingegangen und die Fokussierung auf ***soziale*** Vulnerabilität beleuchtet. Die folgenden Kapitel widmen sich auf Basis der Erkenntnisse aus Kapitel 4 demnach

- den grundlegenden Prinzipen sowie
- den Kernkomponenten von Vulnerabilität.

5.1 Prinzipien von Vulnerabilität

Nachfolgend wird dargelegt, wie sich die Erkenntnisse aus den unterschiedlichen disziplinären Zugängen (vgl. Kap. 4) zu grundlegenden Prinzipien verdichten lassen, beziehungsweise welche Ausformungen aus Sicht der Autorin für die Raumplanung von besonderer Relevanz sind. Diese werden in Kapitel 7 zu einem Vulnerabilitätskonzept für die räumliche Planung verdichtet.

Vulnerabilität als soziales Konzept

Die frühen Konzeptionalisierungen adressieren Vulnerabilität als vielschichtigen und ***mehrdimensionalen sozialen*** Raum: „Whatever the particularities of these different approaches, vulnerability is a multilayered and multidimensional social space defined by the determinate political, economic and institutional capabilities of people in specific places at specific times“ (Watts/Bohle 1993: 46). Die unterschiedlichen Dimensionen erlaubten zunächst einen Anschluss an die Trias der Nachhaltigkeit – Umwelt, Ökonomie, Soziales (Birkmann 2008: 16). Darüber hinaus erfolgte

eine Ausweitung des Konzepts durch weitere Dimensionen wie die institutionelle, kulturelle oder systemische Dimension (Tapsell et al. 2010: 5). Diese unterschiedlichen Dimensionen beziehen sich gleichwohl auf Vulnerabilität als soziales Konzept: „Social vulnerability in itself can be treated as a distinct, multifaceted entity […]" (ebd.: 6).

Heute beschränken sich Vulnerabilitätskonzepte längst nicht mehr ausschließlich auf Menschen und soziale Systeme, sondern werden auf unterschiedliche potenziell exponierte Einheiten bezogen, beispielsweise auf Ökosysteme, Regionen, Siedlungsstrukturen oder (kritische) Infrastrukturen (vgl. u. a. BBK 2005, 2009; Birkmann 2013a; Ciurean et al. 2013; UBA 2017a; BBSR 2020). DOWNING et al. beschreiben ein mit dieser Ausweitung aus ihrer Sicht einhergehendes prinzipielles Dilemma, da mit Vulnerabilität stets auch Wertehaltungen und normative Entscheidungen verknüpft sind:

> „If we accept that vulnerability is an attribute that we, as analysts, apply to an observed system, and further accept that vulnerability is susceptibility to adverse impacts, then we must limit vulnerability to social units that can differentiate at least for themselves between positive and negative outcomes. More simply, ascribing negative outcomes to spatial units, to ecosystems or inanimate objects takes us outside the common philosophical understanding of values in decision making" (Downing et al. 2005: 12).

Für DOWNING et al. sind somit ausschließlich Menschen und soziale Systeme unmittelbar Gegenstand von Vulnerabilitätskonzepten. Alle weiteren Objekte und Systeme werden lediglich mittelbar zum Gegenstand: So interpretiert die Autorenschaft beispielsweise die Auswirkungen von Stressoren auf Wassersysteme in Abhängigkeit von den Effekten in Bezug auf deren Ökosystemleistungen für den Menschen. Somit sei nicht das Wassersystem selbst vulnerabel, sondern diejenigen Bevölkerungsgruppen oder sozialen Einheiten, die eine Veränderung des Wasserregimes als Teil ihrer Vulnerabilität wahrnehmen. Insofern schlagen sie vor, dass für alle anderen Formen von Anfälligkeiten gegenüber Stressoren andere Begriffe Verwendung finden sollten (ebd.).

Im Grundsatz wird in dieser Arbeit die Fokussierung auf eine vielschichtige, mehrdimensionale soziale Vulnerabilität geteilt. Allerdings ergibt sich aus dem Konzept der sozialen Vulnerabilität nicht notwendigerweise ein Konsens darüber, wie diese genau zu fassen ist (Tapsell et al. 2010: 7).

Vulnerabilität als inhärente Eigenschaft

Vulnerabilität adressiert die Folgen einer Störung für Individuen beziehungsweise für soziale Strukturen von Haushalten, Gemeinschaften und Gesellschaften sowie den Umgang mit dieser Störung, nicht jedoch den Stressor selbst (vgl. Downing et al. 2001: 23 f.). Diese Perspektive kristallisiert sich als wesentlicher Grundkonsens in vielen konzeptionellen Ansätzen heraus und ergibt vor allem in der Abgrenzung zur Gefahrenseite Sinn: „The notion of vulnerability as an internal side to risk is a clear contrast with frameworks that assume that disaster risk is mainly an outcome of the natural hazard or environmental phenomenon" (Birkmann 2013a: 38). Vulnerabilität entsteht „von innen heraus" – aus den spezifischen Eigenschaften der betrachteten Einheit (BBK 2009: 31). Vulnerabilität ist somit dem betrachteten Subjekt oder System immanent oder inhärent (Brooks 2003: 4) und existiert unabhängig von dessen Exposition beziehungsweise einer konkreten Bedrohungslage (BBK 2009: 32). So sind beispielsweise hochaltrige Menschen in besonderem Maße vulnerabel gegenüber Hitzestress (vgl. Kap. 10.3.5) – auch, wenn sie aktuell keiner Hitzewelle ausgesetzt sind.

Gefahrenspezifische und generische Vulnerabilität

Alle Menschen sind – mit Blick auf die Vielzahl möglicher Gefahren und Stressoren – vulnerabel. Dennoch zeigen sich Unterschiede in Bezug auf Art und Ausmaß von Vulnerabilität. Darauf wird

in Kapitel 10.1 näher eingegangen. Zunächst sind die Bezüge zwischen Vulnerabilität und Gefahr beziehungsweise Stressor von Bedeutung: In der Literatur wird vielfach betont, dass Vulnerabilität stets gefahrenbezogen sei und sich darüber spezifizieren lasse. Oftmals wird der Gefahrenbezug gar als Voraussetzung dafür gesehen, Vulnerabilität im konkreten Fall überhaupt definieren zu können (vgl. u. a. BBK 2009; BBSR 2020). Für diese gefahrenspezifische Perspektive greift die Frage „of what, to what?" (Carpenter et al. 2001): „of what" nimmt Bezug auf die betrachtete Einheit, „to what" auf die Gefahr (vgl. Abb. 16). Das erscheint zunächst plausibel: Im Falle der bereits angesprochenen ausgeprägten Hitzesensitivität Hochaltriger zeigt sich, dass hier ein klarer Gefahrenbezug besteht, da nicht davon auszugehen ist, dass alle Hochhaltigen gleichermaßen gegenüber jedwedem Stressor – beispielsweise ökonomischen Krisen – in ausgeprägtem Maße vulnerabel sind.

Dennoch gelten einige sozioökonomische Faktoren als Voraussetzung dafür, dass Individuen oder soziale Gruppen in besonderer Weise gegenüber einer Vielzahl von Stressoren verwundbar sind. Zu diesen Faktoren zählen beispielsweise einkommensbezogene Aspekte, demnach Armut, soziale Benachteiligung und Bildungsgrad oder Vorerkrankungen. In diesem Fall wird von genereller oder generischer Vulnerabilität gesprochen (Brooks 2003: 4; Schneiderbauer/Ehrlich 2004: 24; Christmann et al. 2011: 1). Dies zeigt sich auch bei den gefahrenspezifischen Recherchen im empirischen Teil 4 der Arbeit (vgl. Kap. 10).

Gestützt wird die Argumentation, dass von gefahrenabhängigen und -unabhängigen Variablen von Vulnerabilität auszugehen ist, durch die Unterscheidung zwischen Empfindlichkeit und Schutzwürdigkeit: Schutzwürdigkeit bezeichnet den „Wert", den die Gesellschaft der betrachteten Einheit beimisst, wobei die gesellschaftliche Wertzuschreibung unabhängig von der Gefahr existiert (Tapsell et al. 2010: 6). Diese Unterscheidung findet aktuell ihre Entsprechung in der räumlichen Risikovorsorge: Hier wird differenziert zwischen einer „objektiv nachvollziehbaren" Empfindlichkeit und einer „normativ ausgerichteten" Schutzwürdigkeit (vgl. Greiving et al. 2016; BBSR 2020; Kap. 9.3). Die Einschätzung der Schutzwürdigkeit beruht im planerischen Kontext in der Regel auf Rechtsnormen oder politischen Abwägungsentscheidungen und unterscheidet sich damit deutlich von der Empfindlichkeit als eine eher objektivierbare analytische Größe (ebd.).

Kontext- und Ortsbezug von Vulnerabilität

Wie in Kapitel 4.4 bereits dargelegt, setzte sich in den vergangenen zwei Jahrzehnten die kontextuelle Sichtweise von Vulnerabilität weitgehend durch (Weichselgartner 2016; vgl. Abb. 17). Soziale Vulnerabilität spannt über spezifische Faktoren und Interdependenzen zunächst einen sozialen Raum auf. Aus Sicht der räumlichen Planung verbindet sich damit die Frage, wie sich dieser soziale Raum mit der territorialen[1] Perspektive verknüpfen lässt und wie sich ortsbezogene Vulnerabilitätsmuster darstellen. Beispiele hierfür liefern die konzeptionellen Ansätze von CUTTER et al. (2003) und TURNER et al. (2003) (vgl. Abb. 9 und 12). Diese betten die Komponenten von Vulnerabilität in ortsspezifische Kontexte ein, wobei die Exposition zum Schlüsselaspekt und in die Betrachtung von Vulnerabilität unmittelbar einbezogen wird. Die Verknüpfung von „biophysischer" und sozialer Vulnerabilität zum „hazard of place" bei CUTTER bringt dabei die bereits beschriebene Überlagerung zu Risikokonzepten mit sich (vgl. Kap. 9.3). Dennoch zeigen diese Ansätze Wege zur Operationalisierung territorialer Vulnerabilitätsmuster: „hazard-of-place offers a flexible, place-based means of analysing multiple hazards and contrasting contexts. With GIS, for

[1] Der Begriff „territorial" wird in diesem Kapitel verwendet, um den „territorialen" Raum vom „sozialen" Raum abzugrenzen. In der weiteren Arbeit werden die Begriffe „Raum" und „räumlich" im Sinne der territorialen Dimension eingesetzt.

instance, environmental threat indicators and social characteristics can be layered to construct spatial representations of vulnerability“ (Matyas/Pelling 2012: 9).

Gleichzeitig setzt hier eine entscheidende Kritik bisheriger Operationalisierungen an: Den räumlich immer stärker ausdifferenzierten Gefahrenanalysen stehe keineswegs eine angemessene Differenzierung der räumlichen Dimension von Vulnerabilitäten gegenüber; vielmehr stecke „die Entwicklung entsprechender Vulnerabilitätskarten und -analysen noch in den Anfängen“ (Birkmann 2008: 14). Bis heute lässt sich die „***mangelnde Berücksichtigung der Raumdimensionen***“ (Christmann et al. 2011: 6) als Defizit nachvollziehen (BBSR 2020: 29).

Die territoriale Repräsentation von Vulnerabilität ist für die räumliche Planung von besonderer Bedeutung, da die Erfahrungen aus unterschiedlichsten Regionen zeigen, dass Vulnerabilität mit dem konkreten Ort und dessen spezifischem geographischen, historischen, kulturellen und institutionellen Kontext variiert (Birkmann 2013a: 26 f.; Dzurdženík et al. 2015: 11).

Skalenabhängigkeit von Vulnerabilität

Es besteht weitgehend Konsens darüber, dass bei der Analyse und Bewertung von Vulnerabilität Skaleneffekte zu berücksichtigen sind: „Vulnerability is constructed simultaneously on more than one scale“ (Downing et al. 2005: 16; vgl. Kap. 4.2.4). FEKETE et al. betonen dabei die Notwendigkeit, zwischen Ebene und Skala zu unterscheiden: Eine Skala stellt die vertikale Achse der Differenzierung beziehungsweise des Rankings dar, die Ebene dagegen die horizontale Achse mit Einheiten der gleichen Kategorie (Fekete et al. 2010: 731). Insofern ergibt sich aus ihrer Perspektive zunächst ein Unterschied zwischen einer skalenübergreifenden („cross-scale“) und einer mehrskaligen („multi-scale“) Modellierung. Letztere bedeutet, dass unterschiedliche Skalen betrachtet, aber keine Bezüge zwischen den Skalen hergestellt werden (ebd.: 741). Entsprechend lässt sich dies auch für die Ebenen nachvollziehen: eine ebenenübergreifende („cross-level“) sowie eine Mehrebenenbetrachtung („multi-level“) (ebd.: 743). Sie empfehlen, diese Unterschiede bei der konzeptionellen Ausgestaltung von Vulnerabilitätsanalysen stärker zu berücksichtigen (ebd.).

Für die Raumplanung sind Skaleneffekte programmiert: Auf der lokalen Ebene liegt der Fokus zum einen auf Individuen und Haushalten, zum anderen auf sozialen Gruppen und Quartieren mit ihrer (Wohn-)Bevölkerung. Die örtliche Ebene kann im Sinne der administrativen Einheit auf die Gemeinde beziehungsweise Stadt bezogen werden (Schneiderbauer/Ehrlich 2004: 23). Die überörtliche Ebene betrifft (stadt-)regionale Geographien unterschiedlicher Maßstäblichkeit bis hin zur nationalen Ebene. Insbesondere die gesamtstädtische Ebene blieb im Rahmen von Vulnerabilitätsanalysen lange Zeit unterrepräsentiert (Matyas/Pelling 2012: 20).

Die unterschiedlichen Ebenen sind dabei gekoppelt: So konstituiert sich die Vulnerabilität eines Individuums aus einem ganzen Set an Faktoren, die auf verschiedenen Ebenen entstehen, denen das Individuum angehört, wie beispielsweise einem Haushalt, einem Wohnquartier oder einer Gemeinde (Schneiderbauer/Ehrlich 2004: 23). Weitere Skalen ergeben sich bei der Betrachtung gekoppelter Mensch-Umwelt-Systeme durch Einbeziehung der bebauten Umwelt oder von Ökosystemleistungen. Leicht nachvollziehbar ist, dass die Berücksichtigung verschiedener Skalen und Ebenen sowie von Kopplungseffekten die Komplexität von Vulnerabilitätsansätzen und insbesondere deren Operationalisierung deutlich steigert und diesbezüglich ein erhebliches Forschungsdefizit vorliegt (vgl. Fekete et al. 2010).

Zeitspezifität von Vulnerabilität

In den verschiedenen Forschungskontexten wird die zeitliche Verankerung von Vulnerabilität sehr unterschiedlich gehandhabt. So geht es in der Entwicklungsländer- und Armutsforschung in erster

Linie um aktuelle Vulnerabilitätsmuster, die den gegenwärtigen Zustand beschreiben, und in der Klimawandelforschung dagegen zuvörderst um zukünftige Verwundbarkeiten (vgl. Kap. 4). An der zeitlichen Komponente entzündet sich viel Kritik: Vielfach wird festgestellt, dass es sich bei der Analyse von Vulnerabilität lediglich um „Schnappschüsse" der gegenwärtigen Situation handelt: „Most vulnerability indicators are based on a static snapshot of the present, or at best a comparison of an historical episode with the present" (Downing et al. 2005: 9). Vulnerabilität wird vor diesem Hintergrund als ein eher „statisches Konzept" bewertet (Gall 2013: 14).

In der Klimafolgenforschung zeigt sich hingegen eine anders gelagerte Problematik: Während die Veränderungen des Klimas über weit in die Zukunft reichende Projektionen – mit allen damit verbundenen Unsicherheiten – nachvollzogen werden, bleibt der Zeitbezug von Vulnerabilitätskomponenten oftmals dem gegenwärtigen Zustand verhaftet: „Im Grunde genommen wird in vielen existierenden Vulnerabilitätsstudien das System, so wie es ist, einem zukünftigen Klimawandel ausgesetzt" (UBA 2015b: 38). Das ist zwar verständlich, da sich erhebliche methodische Probleme insbesondere mit den dynamischen Aspekten von Vulnerabilität verbinden, dennoch aus methodischer Perspektive nicht konsistent. Insofern ist eine Modellierung der Komponenten von Vulnerabilität für die Gegenwart und die Zukunft sinnvoll (Preston/Stafford-Smith 2009: 18).

Vulnerabilität ist somit keine Konstante: „Vulnerability changes rapidly over time, often with discontinuities that break a trend" (Downing et al. 2005: 9). Viele Variablen bestimmen ihre dynamische Entwicklung: Dies können langsam wirkende Trends oder auch abrupte Veränderungen sein (ebd.). Zu den allmählichen Veränderungen gehört beispielsweise der demographische Wandel: Im Falle hitzesensitiver Personen bedeutet die Zunahme der Hochaltrigen auch eine Zunahme vulnerabler Bevölkerungsgruppen. Auf der individuellen Ebene können Lebenskrisen eine drastische Veränderung der Vulnerabilitäten auslösen, beispielsweise ausgelöst durch das Auftreten einer schweren (chronischen) Krankheit oder den Verlust des Haushaltseinkommens bei Tod oder Trennung. Auf übergeordneter Ebene verändern Katastrophenereignisse die Situation selbst größerer Bevölkerungsgruppen, beispielsweise bei Eintreten einer Flutkatastrophe, die größere Teile von Siedlungen unbewohnbar macht, Ressourcen vernichtet beziehungsweise einen hohen Ressourcenbedarf für den Wiederaufbau auslöst. Derart gravierende Ereignisse können eine Differenzierung in „Pre-Event-" und „Post-Event"-Vulnerabilitäten rechtfertigen (Schneiderbauer/Ehrlich 2004: 19; vgl. auch Steinführer/Kuhlicke 2007).

Analytische und normative Dimension von Vulnerabilität

Ein weiteres Spannungsfeld entsteht in der Verwendung von Begriffen wie „Vulnerabilität" und „Resilienz" als analytische wie auch normative Kategorien. BÜRKNER identifiziert die „vielfach unzureichende[n] Theoretisierung der relevanten Gegenstände und Prozesse" in der Konzeptionalisierung von Vulnerabilität und Resilienz als wesentliche Ursache dafür, dass beide ursprünglich analytisch ausgerichteten Begriffe normativ aufgeladen worden sind, beziehungsweise normative Elemente Eingang in analytische Konzepte gefunden haben (Bürkner 2010: 33). Diese Ambivalenz lässt sich in der Diskussion um die beiden Begriffe bis heute nachvollziehen, wenngleich diese Aufladung in erster Linie den Resilienzbegriff betrifft (vgl. Kap. 4.2.5).

Der Transfer von wissenschaftlicher Erkenntnis in Planungspraxis wie auch die Umsetzung fachlicher Analyse in politisch-normative Entscheidungen ist Voraussetzung dafür, dass sich gesellschaftliches Handeln unter anderem an analytischen Befunden orientiert. Allerdings erfordert eben dieser Transfer- beziehungsweise Umsetzungsprozess eine normative Einbettung. Für die Raumplanung leisten dies beispielsweise Gesetze und Richtlinien oder politische Programme und Pläne. Diese bestimmen die „Werteebene" und setzen damit den normativen Rahmen (Fürst/Scholles 2008: 279 f.). Darüber lassen sich die analytischen Befunde, welche die „Sachebene" abbilden und zu denen unter anderem empirische Erhebungen, statistische Zusammenhänge oder

Prognosen zählen, einordnen und bewerten (ebd.). Insofern ist es von besonderer Bedeutung, Vulnerabilitätskonzepte in dieser Architektur von Sach- und Werteebene zu verorten.

Auch wenn bei Vulnerabilitätskonzepten weiterhin der analytische Charakter vorherrscht, sind normative Ziele, Wertungen und Fragestellungen von entscheidender Bedeutung. Vulnerabilität wird in der Literatur überwiegend als relatives Maß beschrieben: „Vulnerability is a relative measure – critical levels of vulnerability must be defined" (Downing et al. 2001: 23). Die Schwellenwerte, anhand derer bewertet werden kann, ob eine Ausprägung von Vulnerabilität das akzeptierte Maß übersteigt, hängen von institutionellen und kulturellen Kontexten ab: „the choice of thresholds is based on values and preferences and hence is both institutionally and culturally determined" (Adger 2006: 276). Insofern sind Bewertungen an jenen Schwellenwerten auszurichten, die sich aus der Werteebene und damit einem normativen Rahmen ableiten lassen. Gerade diese Ableitung ist in vielen Fällen schwierig, da nicht immer gesetzliche Regelungen, Verordnungen, Programme, Pläne oder konsensuale Vereinbarungen zu Bewertungsansätzen oder Schwellenwerten vorliegen. So stellen GREIVING et al. in Bezug auf die Risikobewertung im Kontext der räumlichen Planung fest, dass es „keine etablierten Verfahren zur Beurteilung von Empfindlichkeit und Schutzwürdigkeit der verschiedenen Raumfunktionen und Raumnutzungen" gibt (Greiving et al. 2016: 91). Die Bewertungen müssen demnach diskursiv mit den zuständigen Ressorts von Verwaltung und Politik erarbeitet werden (ebd.: 92).

Die Fragestellung nach einer bewertenden Einordnung von analytischen Befunden verschärft sich, wenn nicht nur die gegenwärtige, sondern auch die zukünftige Vulnerabilität eingeschätzt werden soll. CHRISTMANN und IBERT verweisen darauf, dass die zeitliche Dimension gleichermaßen den räumlichen Kategorien und sozialen Praktiken von Vulnerabilitätskonstruktionen wie auch den Bewertungen selbst innewohnt: „The temporal relation of these terminologies is produced in three ways through the temporality inscribed in spatial categories, the temporality of construction practice and the temporality of assessment" (Christmann/Ibert 2012: 268). Mit der zeitlichen Dimension wird auch in der Bewertung jedwede Gewissheit infrage gestellt: „Over time, the actors and their goals and resources will change. This means there is not a stable relationship over time between the specific indicators and an aggregate notion of vulnerability" (Downing et al. 2005: 12).

Für Vulnerabilitätsanalysen ist es demnach entscheidend, ein konsensorientiertes Verfahren zwischen Politik und Verwaltung auf der einen sowie Wissenschaft beziehungsweise Analyseteams auf der anderen Seite zu etablieren, um normative Fragestellungen im Vorfeld sowie während und nach den Analysephasen angemessen klären zu können (vgl. Greiving et al. 2015).

5.2 Kernkomponenten

Neben den Prinzipien müssen für eine Operationalisierung in der Planungspraxis zudem die Kernkomponenten von Vulnerabilität bestimmt werden. Es gilt, diese zueinander ins Verhältnis zu setzen und auch Schnittstellen zu anderen Konzepten wie Risiko oder Resilienz aufzuzeigen. Wenngleich sich Definitionen und Konzepte von Vulnerabilität stark unterscheiden, bildet sich über aktuelle Forschungsaktivitäten, die Erprobung in der Praxis sowie die Co-Entwicklung der Risiko- und Resilienzkonzepte ein Grundkonsens zu einigen wenigen konstitutiven Kernkomponenten von Vulnerabilität heraus (vgl. u. a. Adger 2006: 269; Birkmann et al. 2012a: 298; Birkmann/Fleischhauer 2013: 46; Weichselgartner 2016: 18). Dies gilt in erster Linie für die Komponenten „Sensitivität (Empfindlichkeit)" und „Bewältigungskapazität". Schwieriger wird die Einordnung der Komponenten „Anpassungsfähigkeit" und „Exposition". Im Folgenden wird auf diese vier Aspekte vertieft eingegangen, um deren Bezüge zu Vulnerabilität zu klären. Die Schlussfolgerungen legen die Grundlage für eine Adaption im Zusammenhang mit der Raumplanung in Teil 3 der Arbeit.

Exposition

In Bezug auf die Exposition und deren konzeptionelle Einbettung gehen die Perspektiven in Wissenschaft und Planungspraxis weit auseinander. Exposition wird teilweise als konstitutiv für Vulnerabilität angesehen: „vulnerability does not exist unless some elements at risk are threatened by something“ (Alexander 2004: 267). Es wird argumentiert, dass sich Vulnerabilität nicht ausschließlich über Systemeigenschaften ableiten lässt, sondern vielmehr in der Verknüpfung externer und interner, also expositionsabhängiger Aspekte ergibt (Downing et al. 2005: 4). Oder es wird der Annahme gefolgt, dass es sich bei der Exposition um eine „separate Risiko-Komponente“ handelt (BBK 2009: 37). FUCHS et al. stellen beim Vergleich von Vulnerabilitätsstudien, die Exposition als externe Größe betrachten, mit solchen, die Exposition als konzeptionellen Baustein explizit integrieren, schlussendlich vergleichbare Ergebnisse fest (Fuchs et al. 2011: 615). Allerdings kann dieses Ergebnis für die Raumplanung nur bedingt tragen, da bestehende Vulnerabilitäten ganz unabhängig von einer konkreten Bedrohungslage Stellschrauben für vorsorgende Strategien und Maßnahmen darstellen.

Im Vergleich zeigen zwei Definitionen – einmal aus der Klimawandelforschung und einmal aus der Risikoforschung – eine ähnliche Einschätzung zur Komponente „Exposition“:

- „The presence of people; livelihoods; environmental services and resources; infrastructure; or economic, social, or cultural assets in places that could be adversely affected“ (IPCC 2012: 559).
- „The situation of people, infrastructure, housing, production capacities and other tangible human assets located in hazard-prone areas. Annotation: Measures of exposure can include the number of people or types of assets in an area. These can be combined with the specific vulnerability and capacity of the exposed elements to any particular hazard to estimate the quantitative risks associated with that hazard in the area of interest“ (UNDRR 2023b).

Der Begriff der Exposition bezeichnet das Ausgesetztsein von Subjekten, Objekten oder Systemen gegenüber einem oder mehreren Stressoren (beziehungsweise Gefahrenarten). In der Literatur und in Studien zu Vulnerabilität finden sich oftmals Expositionskarten („exposure maps“), die Aufschluss über exponierte Schutzgüter geben können (vgl. hierzu Weichselgartner 2001: 90; Birkmann et al. 2013a: 8). Die Definition des UNDRR setzt in ihrer Anmerkung darüber hinaus den Bezug zu Vulnerabilität, indem diese in Verbindung mit der Exposition dazu herangezogen werden kann, das Risiko im konkreten Raum einzuschätzen (s. o.). Insofern kann die Exposition als „Brückenkonzept“ oder „Bindeglied“ zum Risikokonzept gelten – im Sinne einer Gefährdung potenziell vulnerabler Einheiten (Birkmann et al. 2013a: 8; Fuchs et al. 2011: 615).

Sensitivität

Die zentrale Komponente von Vulnerabilitätskonzepten ist die Sensitivität („sensitivity“) beziehungsweise Empfindlichkeit einer betrachteten Einheit gegenüber einem externen Stressor (oder Gefahrenart). In der Risikoforschung findet oftmals der Begriff der Anfälligkeit („susceptibility“) Verwendung. COSTA und KROPP sehen hier einen konzeptionellen „Link“ zwischen der Klimawandel- und Risikoforschung, da beide Begriffe auf die spezifischen Merkmale des betroffenen Systems verweisen (Costa/Kropp 2012: 1). Insofern lassen sich die Begriffe synonym verwenden.

Sensitivität erfasst zunächst, in welchem Ausmaß eine betrachtete Einheit auf einen externen Stressor reagiert oder reagieren könnte und inwieweit diese betrachtete Einheit dazu in der Lage ist, diese externe Störung zu kompensieren – oder dies nicht schafft und damit einen (nachhaltigen) Schaden erleidet. GALLOPÍN reduziert seine Definition zu Sensitivität auf folgende „Grundformel“: „[…] in the simplest case it only specifies whether or not the system is sensitive to a given factor“ (Gallopín 2006: 296).

Was unter Sensitivität schlussendlich konkret verstanden wird, kann im Grundsatz stark differieren: Das Spektrum reicht – entsprechend den verschiedenen Denkschulen (vgl. Kap. 4) – von einem eher rein generischen Ansatz über gefahrenspezifische Sensitivität bis hin zu einer Einheit von Sensitivität und Exposition: „***Exposure*** and ***sensitivity*** are almost inseparable properties of a system (or community) and are dependent on the interaction between the characteristics of the system and on the attributes of the climate stimulus“ (Smit/Wandel 2006: 286). Insofern zeigt sich einmal mehr, dass das Grundverständnis von Vulnerabilität davon abhängt, inwiefern alle Komponenten nur im Exponiertsein zum Tragen kommen.

In Anlehnung an die Prinzipien von Vulnerabilität (vgl. Kap. 5.1) wird in dieser Arbeit für die Kernkomponente Sensitivität davon ausgegangen, dass sich – unabhängig von der Exposition – sowohl generische als auch gefahrenspezifische Faktoren von Sensitivität identifizieren lassen.

Bewältigungskapazität

Mit der Bewältigungskapazität („coping capacitiy“) erhält die Vulnerabilität eine zweite Kernkomponente, die sich auf den Umgang mit Bedrohungslagen bezieht. Die Bewältigungskapazität bezieht sich somit auf Ressourcen, die im Falle einer Krise oder Katastrophe aktiviert werden kann. Damit sind sowohl materielle wie immaterielle Ressourcen gemeint. Der Rückgriff auf Ressourcen kann im individuellen Maßstab und zugleich kollektiv auf Basis sozialer Praktiken erfolgen. Diese Praktiken werden unter anderem in einem Prozess des Erinnerns, der Wahrnehmung, Interpretation, Imagination und Erwartungshaltung ausgebildet: „coping capacity is understood as the cultural and social ‚dealing‘ with collective stress“ (Hutter/Lorenz 2017: 5). Mit der Bewältigung erhält das Vulnerabilitätskonzept eine aktive Komponente, „highlighting action and capacity instead of simply victimhood“ (Matyas/Pelling 2012: 16). Fehlen diese Ressourcen oder sind diese nicht verfügbar, erhöht dieser Umstand wiederum die Vulnerabilität von Individuen und sozialen Systemen. BOHLE stellt zugleich fest, dass vor allem das Coping als interne Seite bislang kaum Gegenstand der theoretischen und konzeptionellen Überlegungen zu Vulnerabilität sei (Bohle 2001: 3). Bis heute hält die Diskussion über eine konzeptionelle Einbettung und insbesondere über Möglichkeiten der Operationalisierung an (UBA 2017b: 17).

Eine Herausforderung stellt die Abgrenzung der Bewältigung beziehungsweise Bewältigungskapazität von Anpassung beziehungsweise Anpassungskapazität dar (s. u.), denn zunächst wurde in der Literatur zu Vulnerabilität oder der praktischen Anwendung dieses Konzepts kaum zwischen den beiden Aspekten unterschieden (Adger et al. 2004: 68). Die Grundüberlegung einer Differenzierung setzt in erster Linie an der zeitlichen Dimension an: ADGER et al. schlagen vor, die gegenwärtige Vulnerabilität inklusive bestehender Bewältigungskapazitäten und die Anpassungskapazität, die auf zukünftige Anpassungserfordernisse oder -leistungen ausgerichtet ist, über jeweils eigenständige Indikatorensysteme abzubilden (ebd.: 70). Der temporale Aspekt wird auch im Special Report des IPCC von 2012 aufgegriffen: „The use of available skills, resources, and opportunities to address, manage, and overcome adverse conditions, with the aim of achieving basic functioning in the short to medium term“ (IPCC 2012: 558). Coping bezieht sich damit auf kurz- oder mittelfristige Reaktionen („short to medium term“) und auf vorhandene Fähigkeiten, Ressourcen und Chancen („available skills, resources, and opportunities“). GALLOPÍN definiert Bewältigungskapazität dementsprechend als „capacitiy of response“: „In general, capacity of response is the system’s ability to adjust to a disturbance, moderate potential damage, take advantage of opportunities, and cope with the consequences of a transformation that occurs“ (Gallopín 2006: 296).

Allerdings besitzt auch diese Komponente ambivalente Seiten, da vor allem mit der Bewältigung von Krisen und Katastrophen auch eine Verfestigung des Ausgangszustands und eben keine Anpassungsleistung einhergehen kann. Dies lässt sich beim Wiederaufbau nach Flutkatastrophen sehr gut beobachten, da zumeist die Option eines Siedlungsrückzugs aus hochwassergefährdeten

Bereichen nicht in Erwägung gezogen wird (vgl. hierzu Greiving et al. 2018; UBA 2021b). Damit wird weder einer resilienten noch einer nachhaltigen Ausgestaltung von Siedlungs- und Infrastrukturen Rechnung getragen. Es stellt sich stets die Frage nach der Ressourcenverteilung: Sollen diese im konkreten Fall in die Bewältigung gesteckt werden, auch wenn damit wenig nachhaltige oder resiliente Strukturen gefördert werden, oder eher in Anpassungsmaßnahmen, die „es einer betroffenen Gruppe, Gesellschaft oder einem Raum erlauben, sich dauerhaft den veränderten Umweltbedingungen anzupassen" (Birkmann 2008: 9)?

Die gegenwärtige Vulnerabilität wird durch in der Vergangenheit realisierte Anpassungsleistungen und gegenwärtige Bewältigungskapazitäten bestimmt (Brooks 2003: 10). Sie dient als Ausgangsbasis („baseline") für die Ausbildung zukünftiger Vulnerabilität. In diesem Prozess spielt die Anpassungskapazität wiederum eine zentrale Rolle: „This evolution will be mediated by the system's adaptive capacity and the extent to which this capacity is realised as adaptation" (ebd.). Insofern wird aus Sicht der Autorin die notwendige Differenzierung von Bewältigung und Anpassung im Zusammenhang mit Vulnerabilität deutlich.

Anpassung und Anpassungskapazität

Der Begriff der Anpassung fand frühzeitig Eingang in die Naturgefahren-, Risiko- und Klimawandelforschung, um die (erforderlichen) Anpassungsleistungen einer Gesellschaft angesichts wachsender Gefahren, Risiken und Transformationsprozesse zu adressieren. In der Naturgefahrenforschung wurde zunächst mit dem Begriff „adjustments" (Anpassungen) gearbeitet (Felgentreff et al. 2012: 45), in der Klimawandelforschung mit den Begriffen „adaptation" und „adaptive capacity" (vgl. IPCC 2007; Costa/Kropp 2012).

SMIT und WANDEL beschreiben in ihrem Review zu Adaption die disziplinären Wurzeln des Begriffs; diese liegen zum einen in den Naturwissenschaften, vor allem in der Evolutionsbiologie, zum anderen in der Anthropologie, Archäologie und Kulturökologie (Smit/Wandel 2006: 283). Durch „kulturelle Anpassung" sei es Gesellschaften gelungen, sich im Rahmen der Subsistenzwirtschaft mit den natürlichen Umwelten und den zur Verfügung stehenden Ressourcen zu arrangieren, um den Erfolg oder auch schlicht das Überleben der Kultur zu sichern (ebd.). Anpassung wird in diesem Sinne in den Sozialwissenschaften als kulturelle und soziale Praxis verstanden (ebd.).

Anfang der 2000er-Jahre wurde das Konzept der Anpassung in den Debatten um globalen Wandel und Klimawandel verstärkt aufgegriffen und in die Konzeptualisierung von Vulnerabilität und Resilienz eingebettet (vgl. Kap. 4.2.5). Vergleichbar zu Vulnerabilität und Resilienz findet sich eine Vielzahl an Definitionen zu Anpassung in der Literatur (ebd.: 282). Überwiegend wird damit ein Prozess, eine Aktion oder ein Ergebnis verstanden, wodurch ein System besser mit Stressoren oder sich verändernden Bedingungen umgehen kann (ebd.). BROOKS gibt zu bedenken, dass Adaption auf unterschiedlichen Skalen erfolge, die teilweise nicht mit der betrachteten (System-)Einheit korrespondieren und insofern die Annahme, dass es sich hierbei (vollständig) um ein inhärentes Merkmal dieser Einheit handele, womöglich zu kurz greife (Brooks 2003: 12).

Im Special Report des IPCC wird zwischen Anpassung und Anpassungskapazität unterschieden:

- Adaptation: „In human systems, the process of adjustment to actual or expected climate and its effects, in order to moderate harm or exploit beneficial opportunities. In natural systems, the process of adjustment to actual climate and its effects; human intervention may facilitate adjustment to expected climate" (IPCC 2012: 5).
- Adaptive capacity: „The combination of the strengths, attributes, and resources available to an individual, community, society, or organization that can be used to prepare for and undertake actions to reduce adverse impacts, moderate harm, or exploit beneficial opportunities" (ebd.: 556).

Konkrete Anpassung(sleistung) ist somit Ausdruck der Anpassungsfähigkeit (Smit/Wandel 2006: 287). SMIT und WANDEL unterscheiden unter anderem, ob Anpassung antizipatorisch, zeitgleich oder reaktiv, ob autonom oder geplant erfolgt, welche räumliche Reichweite Anpassung hat (von lokal zu großräumig) oder auch, in welcher Form diese realisiert wird, beispielsweise technologisch oder verhaltensbezogen (ebd.: 288). Anpassungskapazität richtet sich in erster Linie auf zukünftige Prozesse und beschreibt ein systemisches Potenzial: „a system requires time to realise its adaptive capacity as adaptation. Adaptive capacity represents potential rather than actual adaptation" (Adger et al. 2004: 36).

Um dieses Potenzial tatsächlich umsetzen zu können, bedarf es verschiedener Voraussetzungen, die GUPTA et al. mit sechs Dimensionen und 22 Kriterien als sogenanntes Adaptive Capacity Wheel beschreiben (Gupta et al. 2010: 5 ff.). Zu den sechs Dimensionen zählen „variety", „learning capacity", „room for autonomous change", „leadership", „resources" und „fair governance" (ebd.). SCHUCHARDT et al. definieren als Faktoren der Anpassungsfähigkeit die natürliche Anpassungsfähigkeit (natürlicher) Systeme, das Anpassungswissen (Erfahrungen, Kenntnisse), die Anpassungsoptionen (Strategien, Technologien, Instrumente/Ressourcen, Institutionen) und die Anpassungsbereitschaft (Risikobewusstsein/-wahrnehmung, Wertehaltungen) (Schuchardt et al. 2011: 49). Die Bezüge zu Resilienzkonzepten werden so offensichtlich (Matyas/Pelling 2012: 16).

Anpassung und Anpassungskapazität sind skalen-, kontext- und zeitabhängig (Smit/Wandel 2006: 287), insofern ist deren Einschätzung und Bewertung vor allem bei komplexen Systemen ein schwieriges Unterfangen. Dazu werden teilweise Schwellenwerte oder „coping ranges" herangezogen, die verdeutlichen sollen, unter welchen Bedingungen ein System mit Veränderungen oder externen Stressoren umgehen („cope") kann, beziehungsweise sich daran anpassen („adapt") muss (ebd.). Dabei wird der „coping range" auf den Raum der Bewältigung – also des Copings – bezogen; erst jenseits der Ränder des „coping range" werden die Toleranzschwellen des Systems überschritten und Anpassungskapazitäten erforderlich beziehungsweise wirksam (Fellmann 2012: 40). Anpassung und Anpassungskapazität können den „coping range" erweitern (ebd.).

LUERS et al. quantifizieren die Anpassungsfähigkeit demnach als Differenz zwischen der aktuellen und einer zukünftig potenziell verminderten Vulnerabilität eines Systems (Luers et al. 2003: 259). Ansatzpunkte sind unter anderem eine Verringerung der Sensitivitäten gegenüber Stressoren oder eine Veränderung der Exposition des betroffenen Systems (ebd.). Dabei geht es auch hier um das systemische Potenzial zur Anpassung in der Zukunft; bereits erfolgte Anpassung rechnet das Autorenkollektiv den Systemcharakteristika zu, zum Beispiel der Sensitivität (ebd.). Im Rahmen des fünften Sachstandsberichts des IPCC wird zudem der Grad der Anpassungsleistung differenziert: Durch eine „inkrementelle Anpassung" („incremental adaptation") bleiben trotz Veränderung die Grundsubstanz und Integrität des Systems gewahrt (IPCC 2014c: 1758). Die transformative Adaption („transformational adaptation") hingegen führe zu einer fundamentalen Veränderung von Systemeigenschaften (ebd.) und somit zu einer echten Transformation (ebd.: 1774).

Wie verhält sich nun Anpassung zu Vulnerabilität? Vielfach wird Anpassung beziehungsweise Anpassungskapazität als Komponente der Vulnerabilität verstanden (vgl. u. a. Adger 2006; Füssel/Klein 2006; Preston/Stafford-Smith 2009; von Gleich et al. 2010; Gupta et al. 2010); ein Großteil der neueren Literatur zu Resilienz ordnet Anpassungskapazität jedoch dem Resilienzkonzept zu (UBA 2017b: 30). GALLOPÍN stellt in seinem Review zur Konzeptionalisierung von Vulnerabilität, Resilienz, und Anapassung dazu fest: „[…] these concepts are related in non-trivial ways. If care is not used, the field of human dimensions research can become epistemologically very messy" (Gallopín 2006: 301). So kann Anpassungsfähigkeit „als Bindeglied zwischen Vulnerabilitäts- und Resilienzansätzen" dienen, sodass eine „Diversifizierung von Adaptionsbemühungen sowohl als Instrument zur Verringerung von Verwundbarkeit als auch als Mittel zum Ausbau von Resilienz betrachtet werden kann" (Felgentreff et al. 2012: 45; vgl. hierzu GIZ 2014: 34; UBA 2017b: 30).

6. Methoden der Operationalisierung

In diesem Kapitel wird explizit auf die Operationalisierung von Vulnerabilität eingegangen, die bereits mehrfach in unterschiedlichen Zusammenhängen (vgl. Kap. 4 und 5) angesprochen wurde. Die Vertiefung erscheint deshalb erforderlich, da es ein wesentliches Ziel dieser Arbeit ist, den Vulnerabilitätsansatz für die konkrete raumplanerische Arbeit auf lokaler Ebene besser nutzbar zu machen. Operationalisierung bedeutet letztlich, hochkomplexe Sachverhalte über Modelle und Indikatoren so weit zu vereinfachen, dass diese für die analytischen Verfahren im Rahmen der räumlichen Planung nutzbar werden (vgl. Fürst/Scholles 2008: 319).

Wissenschaftliche und planungspraktische Anstrengungen, Vulnerabilität in der räumlichen Dimension zu operationalisieren und räumliche Vulnerabilitätsmuster aufzuzeigen, intensivieren sich seit den 2000er-Jahren (Cutter/Morath 2013: 304). Die folgenden Zitate aus der Literatur Mitte der 2000er-Jahre weisen in prägnanter Form auf die damit verbundenen grundlegenden Herausforderungen hin:

- „We are still dealing with a paradox: we aim to measure vulnerability, yet we cannot define it precisely. Although there is no universal definition of vulnerability, various disciplines have developed their own definitions and pre-analytic visions of what vulnerability means“ (Birkmann 2006: 11). Dies hat sich, wie in den vorangegangenen Kapiteln aufgezeigt, bis heute nicht entscheidend geändert, wenngleich sich – zumindest in spezifischen Anwendungskontexten – ein gewisser Grundkonsens zu bestimmten Komponenten der Operationalisierung herauszustellen scheint (vgl. Kap. 5.2).

- „All research traditions [...] struggle to find suitable metrics for vulnerability. Vulnerability is a dynamic phenomenon often in a continuous state of flux both the biophysical and social processes that shape local conditions and the ability to cope are themselves dynamic“ (Adger 2006: 274). Dynamik und Komplexität gehören sicherlich zu den größten Herausforderungen, zumal insbesondere im Zusammenhang mit Klimawandelprozessen die Einschätzung zukünftiger Vulnerabilitäten mit erheblichen Unsicherheiten verknüpft ist.

- „Can we measure vulnerability? In the sense that vulnerability is our interpretation of a complex and ever-changing reality, the answer is no. However, as soon as we describe vulnerability in words or pictures, we have embarked on a formal measurement“ (Downing et al. 2005: 10). Auch diese Haltung gilt es zu beleuchten, da sie die fundamentale Problematik aufruft, hochkomplexe, sich stets verändernde Sachverhalte in „messbaren“ Modellen abzubilden. Dabei ist nicht aus den Augen zu verlieren, „that any model of vulnerability […] is only a representation of our understanding of real conditions“ (ebd.).

6.1 Die Herausforderungen der Operationalisierung

Zunächst einmal lässt sich aus der (frühen) Debatte um die Objektivierbarkeit von Risiken und dem Suchen nach einem „universell gültigen Risikomaß“ bereits lernen, dass dieses Unterfangen allein aufgrund der Komplexität der Bestimmung einheitlicher Schadensmaße sowie der Bestimmung der Wahrscheinlichkeiten des Eintritts von Ereignissen nicht zum Erfolg führte (Bechmann 1997a: IX ff.). RENN formuliert dazu Anfang der 1980er-Jahre: „Bei aller Bemühung um Rationalität ist ein Risiko objektiv nicht erfaßbar“ (Renn 1981: 76). Er bezog sich dabei explizit sowohl auf die vermeintlich objektiven analytischen Risikoabschätzungen als auch auf den bewertenden Teil (ebd.).

Bis heute wird die Diskussion um Objektivierbarkeit, auch im Zusammenhang mit Vulnerabilitäts- und Resilienzkonzepten, vor dem Hintergrund unterschiedlicher erkenntnistheoretischer Zugänge in unverminderter Schärfe geführt (vgl. hierzu Bürkner 2010; Miller et al. 2010; Christmann/Ibert 2012; zudem Kap. 4.4).

CHAMBERS bemerkt mit Blick auf Vulnerabilitätsstudien in sogenannten Entwicklungsländern: „Care is also needed because vulnerability and security start as 'our' concepts and are not necessarily 'theirs'" (Chambers 1989: 1). Er plädiert für eine – wie es heute wohl zu nennen wäre – Co-Entwicklung von Konzept, Analyse und Lösungen, gemeinsam mit Betroffenen (ebd.: 7). Die Frage von TAPSELL et al. schließt sich hier unmittelbar an: „Who decides who is vulnerable?" (Tapsell et al. 2010: 20). Damit stellen sie reine Top-down-Ansätze infrage, da sich Vulnerabilität auch über die Selbstwahrnehmung der Betroffenen vor Ort konstituiere: „Vulnerability can be subjective and top-down disaster protection strategies tend to ignore social dynamics and, therefore, do not improve the situation because the at-risk people are not made visible, are not reached or not included in decision making processes" (ebd.). VOSS argumentiert unter dem pointierten Titel „The vulnerable can't speak" in eine vergleichbare Richtung, indem er betont, dass Vulnerabilität als ein relatives Konzept unter anderem von gesellschaftlichen und individuellen Konstruktionsprozessen abhänge (Voss 2008: 41). Er plädiert deshalb für einen „integrativen Ansatz", innerhalb dessen – neben „harten" Indikatoren und „objektiven" Fakten – auch diskursive und kognitive Faktoren zum Tragen kommen (ebd.: 53). Zentrales Prozesselement ist für ihn die Partizipation „aller" relevanten Akteure – nicht zuletzt, um deren „partizipative Kapazität" („participative capacity") in Risikokontexten zu stärken (ebd.). Betont wird damit die „diskursive Dimension von Vulnerabilität" und „die Fähigkeit, am relevanten Diskurs überhaupt teilhaben zu können, was wesentlich die Vulnerabilität/Resilienz einer Referenzeinheit beeinflusst" (Voss et al. 2018: 31).

Mit diesen kurzen Vorbemerkungen wird der Rahmen abgesteckt, in dem sich die Versuche der Messung von Vulnerabilität bewegen: zwischen objektivierter Analyse, normativer Bewertung, sozialen Konstruktionsprozessen und diskursiver Co-Produktion von Wissen.

Hinzu kommen weitere Aspekte, die begründen, warum es trotz intensiver Forschungsaktivitäten an konsensfähigen, „robusten" Verfahren zur Modellierung und Messung von Vulnerabilität mangelt (Luers et al. 2003: 255):

- Es fehlt bislang an einem Grundkonsens zu Begriff und Konzept; daraus resultiert eine Vielzahl an unterschiedlichen Operationalisierungsansätzen (ebd.). Darüber hinaus wird oftmals ein Missverhältnis zwischen theoretischer Konzeptionalisierung und methodischer Umsetzung diagnostiziert (vgl. ebd.: 257; Cutter/Morath 2013: 304).

- Vulnerabilität ist ein theoretisches Konzept und kein direkt beobachtbares Phänomen (Hinkel 2011: 200). Insofern bedarf es stets einer methodischen Annäherung: „It is necessary to rely on approximating methods such as proxy indicators when attempting to quantitatively estimate a population's vulnerability" (Schneiderbauer/Ehrlich 2004: 16).

- Die zu analysierenden Systeme sind hochkomplex und insofern nicht vollständig abzubilden, „because even the simplest system is so complex that it is difficult to fully account for all of the variables, processes and disturbances that characterize it" (Luers et al. 2003: 257; vgl. hierzu auch Berkes et al. 2003; Folke 2006; Bohle/Glade 2007; Hinkel 2011; Birkmann 2013c). Hieraus ergibt sich das „kaum lösbare Problem des empirischen Reduktionismus" (Bürkner 2010: 11).

- Vulnerabilität ist ein mehrdimensionales, von vielen Faktoren bestimmtes Konstrukt, zudem skalenabhängig und dynamisch, also variabel in Raum, Zeit und Maßstab (Weichselgartner

2016: 19). Vulnerabilität variiert auch zwischen und innerhalb sozialer Gruppen; sie zeigt demnach eine sogenannte Sozialdivergenz (ebd.).

- Der Ansatz einer generischen Vulnerabilität beziehungsweise von „sets of generic metrics" (Luers et al. 2003: 257) verspricht zwar, über ein gefahrenunabhängiges Faktorenbündel die Vulnerabilität für unterschiedliche Stressoren fassen und abbilden zu können, allerdings zeigen viele Untersuchungen auf, „that even vulnerabilities to disaster that are rooted in socio-economic conditions are very hazard-specific" (Bara/Brönnimann 2011: 34).

- Vulnerabilität ist laut CUTTER und MORATH (2013: 305) explizit orts- und kontextspezifisch. Daraus ergibt sich ein Skalenproblem, da insbesondere vergleichende Vulnerabilitätsanalysen auf nationaler Ebene vielfach die spezifischen (lokalen) Vulnerabilitätsmuster nicht erfassen und insofern nur eine geringe Resonanz für konkrete Handlungsstrategien entfalten (können) (ebd.: 315; Adger 2006: 275). Es werden demnach maßgeschneiderte Verfahren für konkrete Orte und Kontexte erforderlich, die jedoch nur eingeschränkte Übertragbarkeit besitzen.

- Es bleibt das Problem der Zeitbezüge: Während im Zusammenhang mit dem Klimawandel die Gefahrenseite (und damit die Exposition) über Projektionen teilweise bis zum Ende dieses Jahrhunderts abgebildet wird, beziehen sich Daten zur Sensitivität zumeist auf die gegenwärtige Situation (Greiving 2013: 297). Für zukünftige sozio-ökonomische Entwicklungen fehlen oftmals erforderliche (kleinräumige) Datengrundlagen (UBA 2017a: 28).

- Mit der Einschätzung und Bewertung von Vulnerabilität ergibt sich die Notwendigkeit, Schwellenwerte zu bestimmen, „a notion of 'worse' and 'better' with respect to the outcome of the interaction between the entity and the stimulus" (Ionescu et al. 2005: 17). Schwellenwerte lassen sich laut ADGER jedoch nicht global ermitteln, vielmehr sind sie Ausdruck der Werte und Präferenzen von Gesellschaften und somit sowohl institutionell als auch kulturell bestimmt (Adger 2006: 276).

- Vulnerabilität und Schwellenwerte zu ihrer Bewertung lassen sich deshalb nicht nur über die betrachtete Einheit bestimmen, sondern sind abhängig von übergeordneten Systemen, in die diese eingebettet sind beziehungsweise mit denen Wechselwirkungen bestehen. ADGER verweist in diesem Zusammenhang auf die Rolle der Institutionen und auf Governance-Prozesse: Beides sei von entscheidender Bedeutung und im Rahmen konkreter Operationalisierung und Metrik nur schwer zu fassen (ebd.: 275).

Allerdings zeigen die vielen Versuche, Vulnerabilität trotz aller grundsätzlichen und spezifischen methodischen Herausforderungen zu messen und abzubilden, dass ein Bedarf darin gesehen wird, die (räumlichen) Ausprägungen von Vulnerabilitäten (politischen) Entscheidungsprozessen zugänglich zu machen (Luers et al. 2003: 255 f.) beziehungsweise über die Zeitachse hinweg deren Veränderung beobachten zu können (Adger 2006: 274). Letztlich geht es darum, belastbare Aussagen zu (möglichst kleinräumig differenzierten) Vulnerabilitätsmustern zu erhalten, um passgenaue Strategien zur Reduktion von Vulnerabilität, Verbesserung der Anpassung beziehungsweise Steigerung von Resilienz erarbeiten und umsetzen zu können (vgl. Etzold/Sakdapolrak 2016: 235). Die Identifikation von Hotspots der Vulnerabilität kann dabei helfen, Prioritäten zu setzen, um knappe Ressourcen bestmöglich einzusetzen (Bara/Brönnimann 2011: 32).

Grundsätzlich weisen quantitative Analysen und Bewertungen gegenüber qualitativen Methoden durchaus Vorteile in Bezug auf eine Kommunikation im politischen Raum auf: „Assessments need not be quantitative, but the common assumption is that policy-makers prefer quantitative measurements – 'hard facts' – over qualitative assessments" (ebd.: 32). Sie vermitteln den Eindruck größerer Objektivität, besitzen mithin den „Stempel der Wahrheit" („stamp of truth") (ebd.).

In der Literatur finden sich einige mathematische Ansätze, die über Formalisierung einen Weg zur methodischen Konsensfindung suchen (vgl. u. a. Green et al. 1994; Alwang et al. 2001; Luers et al. 2003; Ionescu et al. 2005): „By a ‘formal framework‘ we mean a framework that defines vulnerability using mathematical concepts that are independent of any knowledge domain and applicable to any system under consideration“ (Ionescu et al. 2005: 1). Die Mehrzahl der Operationalisierungskonzepte lässt sich jedoch als indikatorenbasiert beschreiben (Ciurean et al. 2013: 13). Die methodische Annäherung erfolgt über Sets von (Proxy-)Indikatoren, die unterschiedliche Komponenten von Vulnerabilität abbilden (sollen) (vgl. u. a. Birkmann 2006, 2013b; BBK 2011; Minnich 2011; BMVBS 2011; Taubenböck et al. 2011; Hartz et al. 2020d; BBSR 2020). Zudem gewinnen hybride Verfahren mit einem Mix an quantitativen und qualitativen Zugängen an Bedeutung. Nachfolgend werden die indikatorenbasierten und hybriden Ansätze näher beschrieben, da sie für diese Arbeit von besonderer Relevanz sind.

6.2 Indikatoren und Mapping

Indikatoren sind Messgrößen, die „als repräsentativ für die Beschreibung bestimmter Zustände oder Wirkungsweisen eines gesamten Systems erscheinen“, das aufgrund seiner Komplexität nicht in Gänze erfasst werden kann (Fürst/Scholles 2008: 319). Sie dienen damit einerseits der Reduktion von Komplexität und andererseits der Messung von Sachverhalten, „die nicht oder nur mit unverhältnismäßig hohem Aufwand direkt gemessen" werden können (ebd.: 318).

Die indikatorengestützte Modellierung von Vulnerabilität erfuhr insbesondere mit der Anwendung geographischer Informationssysteme (GIS) einen Aufschwung (Weichselgartner 2001: 89). Die Indikatoren müssen sich grundsätzlich als GIS-fähig („mapable“) erweisen, um eine verräumlichte Darstellung zu ermöglichen (ebd.).

In Vulnerabilitätsanalysen werden unterschiedliche Indikatorensysteme verwendet, um einzelne Komponenten abzubilden (vgl. u. a. Downing et al. 2001; Cutter et al. 2003; Adger et al. 2004; Menoni et al. 2011; Birkmann 2006, 2007; 2013b; Minnich 2010; BBK 2011; UBA 2017a). Die Auswahl und Konfiguration der Indikatorensysteme ist alles andere als trivial: „[…] identifying and constructing appropriate indicators for vulnerability assessments is highly challenging“ (Fellmann 2012: 48). Dabei zeichnen sich für die Nutzung von Indikatoren einige Einschränkungen ab, auf die im Folgenden kurz eingegangen wird.

Wird der Annahme gefolgt, dass es sich bei Vulnerabilität um ein ortsspezifisches und relatives Konzept handelt, bedeutet dies, dass ein Indikator beziehungsweise ein Set von Indikatoren auch nur ein Maß für die relative Vulnerabilität darstellt und insofern nur bedingt von einer auf eine andere Situation übertragbar ist (Fellmann 2012: 49). Die Ortsspezifik bringt mit sich, dass Indikatoren auf die lokale Situation abgestimmt werden müssen und es insofern gute Gründe für eine „Co-Produktion“ von Indikatoren gibt, die sowohl externes als auch lokales Wissen integrieren (Matyas/Pelling 2012: 9). Allerdings bleiben die Zusammenhänge zwischen (politischer/normativer) Zielsetzung, Konzeptualisierung von Vulnerabilität und methodischer Umsetzung oftmals vage oder werden erst gar nicht adressiert (Hinkel 2011: 199).

Sowohl deduktiv als auch induktiv abgeleitete Indikatorensets weisen charakteristische Schwächen auf: Bei der deduktiven Ableitung besteht die Gefahr, dass diese auf teilweise subjektiven oder zumindest nicht hinreichend wissenschaftlich fundierten Annahmen basiert; eine induktive Ableitung scheitert oftmals an der (aufwändigen) Generierung geeigneter Daten. (Matyas/Pelling 2012: 9; Minnich 2010: 55; Hinkel 2011: 201 f.)

Die Auswahl und Gewichtung einzelner Variablen oder Indikatoren ist methodisch stets zu hinterfragen, da sie maßgeblich Einfluss auf das Ergebnis nehmen (vgl. Adger et al. 2004: 93; Dunning/Durden 2011: 35; Beccari 2016: 22) sowie auf Annahmen fußen, die teilweise noch nicht durch einen angemessenen (wissenschaftlichen) Erkenntnisstand abgesichert sind (vgl. u. a. Kelly/Adger 2000: 331; Luers et al. 2003: 257).

Indikatorengestützte Analysen gehen oftmals von der Annahme aus, dass bestimmte demographische und sozioökonomische Indikatoren (z. B. Alter, Einkommen, Bildung, Geschlecht) mit einer höheren oder geringeren Belastungssituation korrelieren; allerdings liegt auch der Schluss nahe, dass diese Indikatoren im Grunde soziale Ungleichheit im Allgemeinen widerspiegeln (Steinführer/Kuhlicke 2007: 11). Hier besteht die Gefahr, dass am Ende „stereotype" Ansätze gewählt werden, die der Kontext- und Gefahrenspezifität von Vulnerabilität nicht angemessen Rechnung tragen (ebd.). Hinzu kommt, dass sich für viele Annahmen zu Auswirkungen von Gefahren auf die exponierte Einheit beziehungsweise zu deren Umgang mit Gefahren (Bewältigungskapazität) schnell die Grenzen von Messbarkeit und Quantifizierung zeigen: „some aspects can be quantified, while others that might also be important for assessing coping as well as adaptive capacities cannot be measured quantitatively" (Greiving 2013: 297). Dies gilt gleichermaßen für Aspekte, die Ressourcen- und Kapitalansätze oder Wahrnehmung und Kommunikation betreffen (Voss et al. 2018: 20).

Ein Grundproblem liegt darüber hinaus in der Datenverfügbarkeit und der Datenqualität. Gerade beim „Messen" sozialer Vulnerabilität fehlen zumeist hochaufgelöste Daten zum Abbilden lokaler Situationen (Bara/Brönnimann 2011: 34). So kommen gegebenenfalls nur diejenigen Daten zum Einsatz, die in amtlichen Statistiken verfügbar sind, auch wenn sie den konzeptionellen Ansatz oder auch die Wirkungsbeziehungen, die im Fokus stehen, nur unzureichend widerspiegeln (ebd.).

Die Maßeinheiten von Indikatoren, insbesondere für die unterschiedlichen Komponenten von Vulnerabilität wie Sensitivität oder Bewältigungskapazität, variieren oftmals erheblich. Dadurch wird zum einen die Vergleichbarkeit stark eingeschränkt. Zum anderen erschweren die unterschiedlichen Skalierungen und Klasseneinteilungen die Aggregation der Daten. Teilweise lässt sich dies methodisch über eine Transformation in relative Skalen ausgleichen (vgl. u. a. Greiving 2013: 297; Kühling 2014a: 188). Mit einem indikatorengestützten Mapping und Modellieren von Vulnerabilität geht deshalb stets die methodische Frage nach der Aggregation der Einzelindikatoren einher: „How to calculate aggregate scores?" (Downing et al. 2005: 4; vgl. Villágran de León 2006: 27). In der Überlagerung („overlay") wird Vulnerabilität abgebildet und interpretierbar (Weichselgartner 2001: 89). Jenseits einer einfachen Überlagerung und Interpretation gibt es unterschiedliche Formen der Aggregation, die wohl begründet sein wollen (BMVBS 2011: 48 f.).

Eine besondere methodische Herausforderung stellt – wie oben bereits erwähnt – die Bewertung der Daten dar, da Indikatoren stets nur „etwas anzeigen, nicht jedoch bewerten können" (Fürst/Scholles 2008: 321). Damit deutet sich die für die Analyse zentrale Unterscheidung von Sach- und Werteebene an (ebd.: 279, 518): Auf der Sachebene werden empirische Befunde, statistische Zusammenhänge oder auch Deskriptionen von Zuständen generiert; dagegen bezieht sich die Werteebene auf normative Sätze und Setzungen, die somit das wertende Subjekt repräsentieren. So muss für die Bewertung eines empirischen indikatorengestützten Befunds ein Wertesystem herangezogen werden, über das sich Wertstufen oder Schwellenwerte begründen lassen. Für die räumliche Planung sind hier politische Vorgaben – unter anderem Gesetze, Richtlinien, Zielsysteme, Rahmenplanungen – entscheidend (ebd.: 519).

Trotz vielfältiger methodischer Hürden spricht viel für eine Operationalisierung komplexer Konzepte über Indikatoren (Greiving 2002: 204). Sie vereinfachen systemische Zusammenhänge und machen Vulnerabilitätsmuster zumindest in einer Annäherung sichtbar – als Grundlage für den

gesellschaftlichen Diskurs, für politische Entscheidungen und für ein Monitoring von Entwicklungen (Bara/Brönnimann 2011: 32). Dies gilt insbesondere für klar umrissene Einheiten auf lokaler Ebene (Hinkel 2011: 206). In der Konsequenz sollten einige Voraussetzungen erfüllt werden, damit Indikatorensysteme diese Funktionen angemessen erfüllen können: Dazu gehört zunächst ein explizites Vulnerabilitätskonzept, das zum einen die damit verbundenen Fragestellungen adressiert und zum anderen die einzelnen Komponenten zueinander in Beziehung setzt (vgl. Tapsell et al. 2010: 23; Fellmann 2012: 47).

6.3 Indexbildung

Neben Einzelindikatoren, die in der Zusammenschau oder auch auf unterschiedlichem Aggregationsniveau Vulnerabilität räumlich differenzieren, haben sich in der Risiko- und Vulnerabilitätsforschung Indizes etabliert und wurden verstärkt seit den 2000er-Jahren entwickelt (Beccari 2016: 7). Sie sind besonders hilfreich zur Operationalisierung komplexer Konzepte, weil sie eine Vielfalt an Information „in einer Zahl" zusammenfassen (Bara/ Brönnimann 2011 32) und zugleich nationale und internationale Vergleiche erleichtern.

Ein oft zitiertes Beispiel stellt der „Social Vulnerability Index" (SoVI) von CUTTER et al. dar, der das von CUTTER entwickelte Hazards-of-Place-Modell operationalisiert (Cutter et al. 2003; vgl. Kap. 4.2.2). Ziel war es, die All-Gefahren-Vulnerabilität („all-hazards vulnerability") in räumlicher Perspektive vergleichend bewerten zu können (Cutter/Morath 2013: 305). Die „biophysische" Vulnerabilität (im Sinne der Gefährdung) wurde dabei über die Geometrien der Gefahrenzonen und die Häufigkeiten der Gefahrenarten, zum Beispiel Hochwasser oder Erdbeben, gefasst (ebd.). Die soziale Vulnerabilität wurde vorwiegend über demographische oder sozioökonomische Indikatoren, die CUTTER und MORATH auf Basis von Literaturauswertungen und Erfahrungswerten aus Risikobewertungen ausgewählt hatten, abgebildet (ebd.). Schon die Fallstudie zur Erprobung des SoVI zeigte, dass Gebiete mit der höchsten biophysischen Vulnerabilität nicht notwendigerweise mit den aus sozioökonomischer Perspektive empfindlichsten Bevölkerungsgruppen übereinstimmen (ebd.: 306). Für die US-weite Untersuchung wurden aus zunächst 250 Variablen 42 unabhängige Variablen ausgewählt und im Rahmen einer Hauptkomponentenanalyse statistisch auf elf Faktoren reduziert, die 76,4 % der räumlichen Varianz erklärten (Cutter et al. 2003: 249 ff.; vgl. Tab. 1). Der Index wurde vielfach weiterentwickelt, wobei über einen Zeitraum von 50 Jahren vor allem der sozioökonomische Status, das Alter, das Geschlecht und die Bebauungsdichte (städtisch/ländlich) zu einer erhöhten sozialen Gefährdung beitrugen (Cutter/Morath 2013: 309).

TAPSELL et al. listen eine Reihe von Indizes zur Bewertung von Vulnerabilität auf: „Social vulnerability profiling" (SVP, USA, NOAA's Office for Coastal Management), „Community vulnerability index" (Australien, Granger et al. 1999), „Social Flood Vulnerability Index" (SFVI, UK, Tapsell et al. 2002), der „Local Flood Vulnerability Index" (Spanien, Weichselgartner/Bertens 2002), „Household Vulnerability Index" (Dwyer et al. 2004), „Social vulnerability index" (USA, Rygel et al. 2006) sowie „Social and Infrastructure Flood Vulnerability Index" (SIFVI, Deutschland, Fekete 2010) (Tapsell et al. 2010: 76 ff.). Bei den meisten dieser Indizes kommen demographische und sozioökonomische Daten sowie Daten zur Lebenslage, teilweise auch Bevölkerungsdichte und Grad der Urbanisierung, zum Einsatz (ebd.). Mit Indexbildungen im Kontext der Vulnerabilitäts- und Risikoforschung beschäftigen sich eine Reihe von Veröffentlichungen und Reviews (vgl. u. a. Luers et al. 2003; Villágran de León 2006; Matyas/Pelling 2012; Flanagan et al. 2011; Villordon/Gourbesville 2014; Beccari 2016; Voss et al. 2018; Garschagen et al. 2021).

BECCARI (2016) vergleicht einige Indizes zu Vulnerabilität, Risiko und Resilienz. Er unterscheidet Gruppen methodischer Ansätze, wobei die hierarchisch-deduktiven Methoden die Mehrzahl der

untersuchten Ansätze ausmachen (70 von 106 Ansätzen; ebd.: 5 f.). Diese spannen einen gleichwohl breiten Bogen von einfachen Verfahren, bei denen zumeist gleich gewichtete Variablen anhand eines hierarchischen Indexes oder einer Gleichung kombiniert werden bis hin zu komplexen, mehrschichtigen Hierarchien mit gewichteten Variablen (ebd.: 6). Die Verfahren, die auf einer Hauptkomponentenanalyse beruhen (17 von 106 Ansätzen), sind laut BECCARI stark vom „Social Vulnerability Index" (SoVI) von CUTTER et al. inspiriert. Eine dritte Gruppe, die „Stakeholder-focussed Methods" (10 von 106 Ansätzen), beruht auf Tools zur Selbsteinschätzung (ebd.).

Die Verarbeitung der Daten zeigt gleichfalls eine große Spannbreite: Oftmals wurde auf eine Normalisierung der Daten verzichtet, da sie für die Aggregation nicht relevant war oder die Datentypen bereits konsistent waren (ebd.: 9). Erfolgte eine Normalisierung, dann zumeist als Min-Max-Normalisierung, untergeordnet durch Standardisierung, kategoriale Skalen oder ein Ranking; teilweise kam ein Methodenmix zu Anwendung (ebd.: 10). Die Variablen wurden überwiegend nicht gewichtet, wenn doch, dann vorwiegend auf Basis von Experteneinschätzung und Literaturrecherchen, eher selten im Rahmen statistischer Verfahren oder partizipatorischer Ansätze (ebd.). Die Anzahl der verwendeten Variablen reicht von 2 bis zu 125 Variablen (ebd.: 12), wobei sich laut BECCARI ein Feld häufig verwendeter Variablen und Indikatoren abzeichnet (vgl. Tab. 2). Die Auswirkungen der Variablenauswahl und -gewichtung sowie den Aggregationsmethoden wurden nur in den seltensten Fällen überprüft.

Gleichwohl konnte im Rahmen von (wenigen) Unsicherheitsanalysen gezeigt werden, dass methodische Entscheidungen durchaus erhebliche Auswirkungen auf die resultierenden Indexwerte entfalten (ebd.: 23). BECCARI stellt zudem fest, dass in der Mehrzahl der untersuchten methodi-

Tabelle 1: Variablen zur Beschreibung sozialer Vulnerabilität
Quelle: Cutter et al. 2003: 252; grafische Darstellung angepasst

Factor	Name	Percent Variation Explained	Dominant Variable	Correlation
1	Personal wealth	12.4	Per capita income	+ 0.87
2	Age	11.9	Median age	– 0.90
3	Density of the built environment	11.2	No. commercial establishments/mi²	+ 0.98
4	Single-sector economic dependence	8.6	% employed in extractive industries	+ 0.80
5	Housing stock and tenancy	7.0	% housing units that are mobile homes	– 0.75
6	Race – African American	6.9	% African American	+ 0.80
7	Ethnicity – Hispanic	4.2	% Hispanic	+ 0.89
8	Ethnicity – Native American	4.1	% Native American	+ 0.75
9	Race – Asian	3.9	% Asian	+ 0.71
10	Occupation	3.2	% employed in service occupations	+ 0.76
11	Infrastructure dependence	2.9	% employed in transportation, communication and pulic utilities	+ 0.77

schen Ansätze diese nicht hinreichend beschrieben seien und somit eine Wiederholbarkeit nur eingeschränkt gegeben sei (ebd.: 22).

BECCARIS Analyseergebnisse sind besonders interessant, da sie die vielfältige Kritik an Indexbildungen stützen. Die Kritik entzündet sich insbesondere an folgenden Aspekten:

- Indizes sind von Vorteil beim Vergleich von Vulnerabilitätsausprägungen und in der öffentlichen beziehungsweise politischen Diskussion. Sie reduzieren Komplexität und bringen Vulnerabilität auf einen „Nenner". Genau hier setzt die zentrale Kritik an, da sie – wie jedweder methodische Ansatz – die Komplexität von Vulnerabilitätsmustern nicht abbilden können, diese jedoch auf eben jenen (einen) Nenner reduzieren. Damit entsteht eine besonders große Lücke zwischen der (komplexen) Konzeptionalisierung und dem Messergebnis von Vulnerabilität. (vgl. u. a. Kelly/Adger 2000: 331; Luers et al. 2003: 257; Downing et al. 2005: 6; Voss et al. 2018: 20)

- Indizes basieren in erster Linie auf (eher auf übergeordneten Ebenen) verfügbaren Daten, die damit besonders ins Gewicht fallen, während komplexere Variablen wie das institutionelle Gefüge sich über Indizes nur schwer fassen lassen. Damit besteht die Gefahr, dass diese Aspekte gerade bei der Indexbildung keine Berücksichtigung erfahren, obwohl sie im Kontext von Vulnerabilität eine entscheidende Rolle spielen können: „there are gaps in the vulnerability indizes where important determinants of vulnerability have not yet been captured by indicators" (Matyas/Pelling 2012: 22; vgl. u. a. Kelly/Adger 2000: 331; Luers et al. 2003: 257).

- Auswahl und Gewichtung einzelner Variablen oder Indikatoren stellen eine kritische Größe bei allen Indikatorensystemen dar (vgl. Kap. 6.1 und 6.2), wobei gerade die bei der Indexbildung angewendeten statistischen Verfahren oftmals die notwendige Transparenz erschweren

Tabelle 2: Die am häufigsten verwendeten Variablen und Indikatoren
Quelle: Beccari 2016: 14, 16; grafische Darstellung angepasst, verändert

Most commonly used variables across all the methodologies			
Variable Name	**Number of methodologies**	**Indicator**	**Number of methodologies**
Population Density	33	Age	54
Unemployment Rate	31	Housing	44
Population 65 Years and Older	19	Household Finances	43
GDP per Capita	19	Water	42
Percent Female Population	18	Employment	41
Doctors per Population	16	Population Density	38
Literacy Rate	15	Hazards and Exposure	38
Total Population	14	Transport	37
Beds in Hospitals per Population	14	Poverty	35
Percent Individuals Below Poverty Line	12	Disaster Impacts	34
GINI Index	12		

(vgl. Dunning/Durden 2011: 37; BMVBS 2011: 49, 57). Die Validierung der methodischen Verfahren der Indexbildung, deren transparente Darlegung und damit Wiederholbarkeit ist in der Regel nur eingeschränkt gegeben (vgl. Luers et al. 2003: 257; Beccari 2016: 22 f.).

- Über die Indexbildung wird die differenzierte „Struktur von Vulnerabilität", die über sehr unterschiedliche Komponenten konstruiert wird, nicht sichtbar (vgl. Downing et al. 2001: 10; Adger et al. 2004: 2). Zudem wird der Veränderungsdynamik, auch einzelner Variablen, über die Indexbildung kaum Rechnung getragen (vgl. Matyas/Pelling 2012: 19; Flanagan et al. 2011: 17 f.).

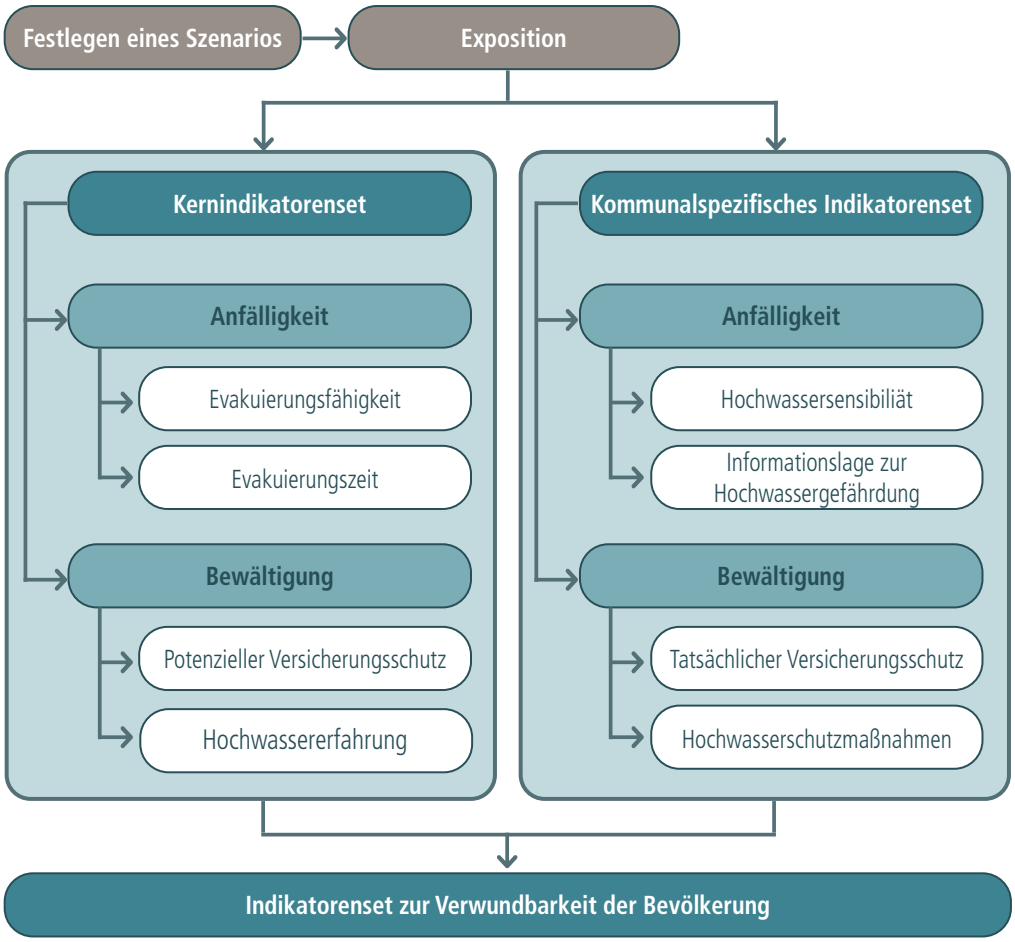
6.4 Hybride methodische Ansätze

Die kritischen Stimmen zu einfachen Indikatoransätzen oder Indexbildungen förderten die Weiterentwicklung in Richtung hybrider methodischer Ansätze: „Increasingly hybrid approaches are chosen by researchers in the fields of resilience and vulnerability, spanning qualitative and quantitative traditions and including stakeholder engagement, action research, and social learning" (Miller et al. 2010: 7; vgl. auch Matyas/Pelling 2012: 36; Birkmann 2013c: 553 f.). Integrierte Forschungsansätze können der Kontext- und Skalenabhängigkeit von Vulnerabilität eher Rechnung tragen. Gerade partizipatorische Ansätze widmen sich den Betroffenen und schließen damit eine Lücke zwischen expertenbasierten Analysen und politischer Entscheidungsfindung.

STEINFÜHRER und KUHLICKE (2017) untersuchten das Hochwasserereignis 2002 an der Mulde im Rahmen des FLOODsite-Projekts. Kern ihres methodischen Ansatzes waren neben sozioökonomischen Analysen intensive Interviews mit Entscheidungsträgerinnen und -trägern sowie mit von der Flutkatstrophe Betroffenen. Die Ergebnisse zeigen deutlich: „There is no linear relationship between 'being affected', 'being aware' and 'being prepared'" (ebd.: 109). Die Befunde stützen Zweifel daran, dass gerade in Bezug auf die Bewältigung von oder auch die Anpassung an Gefahrensituationen einfache Schlussfolgerungen möglich beziehungsweise sinnvoll sind. Obwohl sie die Katastrophe erlebt hatten, traf die Mehrzahl der Befragten danach keine Vorsorgemaßnahmen (ebd.: 87 ff.). In diesem Zusammenhang wird auch die Individualisierung von Risiken über Managementansätze kritisch hinterfragt (ebd.: 111, 119). Aus Sicht von STEINFÜHRER und KUHLICKE zählten im Falle des Hochwasserereignisses 2002 alle Betroffenen zur vulnerablen Gruppe: „The empirical results rather support Beck's hypothesis that literally everybody is vulnerable to the consequences of 'risk society'" (ebd.: 115). Die Differenzierung von Vulnerabilität erfolge nicht (mehr) entlang einer großen, auf Basis „klassischer" sozioökonomischer Indikatoren identifizierbaren sozialen Gruppe, sondern müsse individuell und situativ im Kontext eines Ereignisses phasenspezifisch ausgelotet werden (ebd.: 119). Sie empfehlen deshalb, kontextsensitive Vulnerabilitätskonzepte und entsprechende Indikatorensysteme zu entwickeln, um die aus ihrer Sicht situationsabhängige Vulnerabilität nachvollziehen zu können (ebd.: 11).

Das BBK entwickelte gemeinsam mit der United Nations University (UNU-EHS) einen Ansatz zur Abschätzung von Vulnerabilität gegenüber Hochwasser in urbanen Räumen (BBK 2010, 2011, 2013). Am Beispiel der Stadt Köln wurde erprobt, wie ein Kernindikatorenset auf Basis der kommunalen Statistik mit einer kommunalspezifischen Analyse kombiniert werden kann. Für die kommunalspezifische Analyse wurde eine Haushaltsbefragung durchgeführt, in der die exponierten Haushalte unter anderem zu Evakuierungsfähigkeit und -zeit, Hochwassererfahrung und Versicherungsschutz befragt wurden (BBK 2011: 100 ff.; vgl. Abb. 18). Die Ergebnisse wurden genutzt, um die Indikatorensets in Bezug auf die vermuteten Zusammenhänge zwischen Vulnerabilität und bestimmten sozioökonomischen oder demographischen Merkmalen durch statistische Verfahren

Abbildung 18: Indikatoren und Indikatorensets zum Verwundbarkeitsassessment der Bevölkerung gegenüber Hochwasserereignissen bezogen auf den Bevölkerungsschutz
Quelle: BBK 2011: 114; grafische Darstellung angepasst



zu validieren (ebd.: 100). Der methodische Ansatz wurde in einem Leitfaden dargelegt (BBK 2013) und so für die Abschätzung auf kommunaler Ebene nutzbar gemacht. Gleichwohl gelten die Verfahren als sehr komplex und aufwändig, was wohl einer der Gründe sein mag, warum der Ansatz kaum Eingang in die Planungspraxis gefunden hat.

Starke Akteursorientierung im Analyse- und Bewertungsprozess

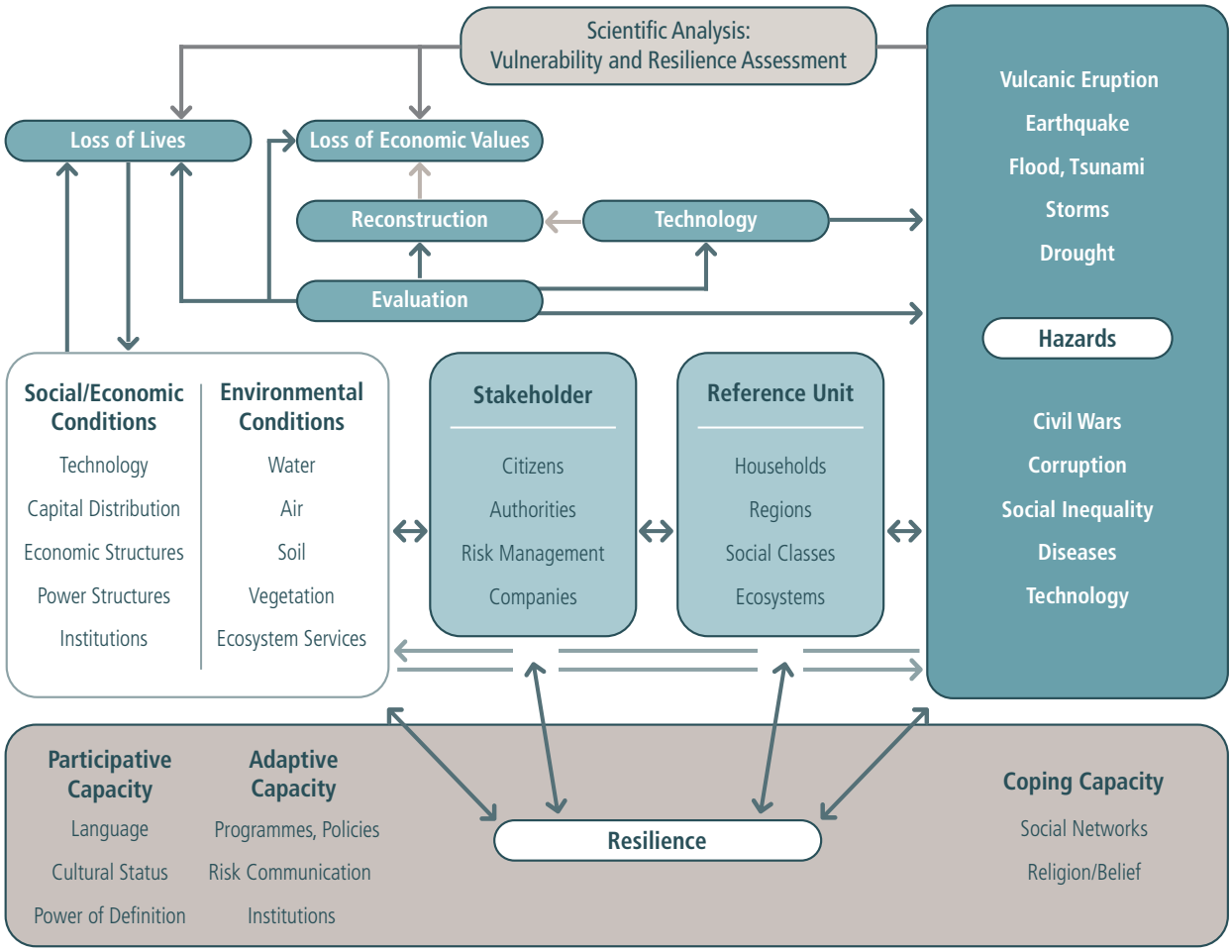
Um Analyse- und Bewertungsprozesse stärker auf Beteiligte und Betroffene auszurichten, entwickeln VOSS et al. den TIV-Ansatz: Transdisziplinäre Integrative Vulnerabilitäts- und Resilienzbewertung (TIV) (Voss et al. 2018; vgl. Abb. 19). Charakteristisch ist die starke Akteursorientierung: „Gemeinsam mit verschiedenen Stakeholdern (Expert*innen, Betroffene und Nicht-Betroffene) werden Vulnerabilität und Resilienz in ihren Ursachen- und Wirkungszusammenhängen vor dem Hintergrund lebensweltlicher Relevanzstrukturen verstanden (nicht: erklärt) und mit generischen Vulnerabilitätsperspektiven vermittelt“ (ebd.: 22). Dies ist folgerichtig, da die Autorenschaft davon ausgeht, dass Vulnerabilitäts- und Resilienzbewertungen „verhandelbare, relationale, mehrdimensionale und höchst subjektive Konzepte der Wirklichkeitskonstruktion sind“ (ebd.: 23). Insofern erklärt sich die Fokussierung auf den „Aushandlungsprozess“ und damit eine kollektive Verortung in Bezug auf Vulnerabilität und Resilienz. Die Autorenschaft spricht von „idealtypischen

Zielen“, die mit diesem Ansatz verfolgt werden, und verweist in diesem Zusammenhang auf die Grenzen einer umfassenden Partizipation (ebd.). Betont wird die Synthese von Bottom-up-Ansätzen, also die Integration der Perspektive Betroffener, und von Top-down-Ansätzen, womit die Perspektive der Wissenschaft gemeint ist.

Im Rahmen des BMBF-Projekts ZURES entstanden sogenannte Hotspot-Karten der thermischen Belastung am Beispiel der Modellstadt Ludwigsburg, um Räume mit besonderer Handlungspriorität zu identifizieren (Birkmann et al. 2022: 41 ff.). Es wurde zwischen der Tag- und Nachtsituation unterschieden, da sich – so die Annahme im Forschungsvorhaben – Menschen je nach Tageszeit an verschiedenen Orten aufhalten. In die Bewertung flossen neben den Ergebnissen einer hoch aufgelösten Stadtklimaanalyse auch nichtklimatische Kriterien ein. Dazu zählten unter anderem demographische Faktoren sowie die subjektive Wahrnehmung von Hitzestress: Diese betraf Orte, die während einer Befragung im Sommer 2021 von der Bevölkerung als Orte mit hohem wahrgenommenen Hitzestress identifiziert worden waren (ebd.: 116 ff.).

Letztlich lässt sich trotz vielversprechender Forschungsergebnisse bislang noch nicht von einem Mainstreaming hybrider Methoden zur Analyse von Vulnerabilitätsmustern sprechen: „Combi-

Abbildung 19: Ausgangsmodell für den idealtypischen Bewertungsprozess: Die Transdisziplinäre Integrative Vulnerabilitäts- und Resilienzbewertungs-(TIV-)Matrix
Quelle: Voss et al. 2018: 28; grafische Darstellung angepasst, geringfügig verändert



ning quantitative and qualitative research methods in such frameworks for assessing vulnerability has still not been achieved sufficiently and remains an important task for future research“ (Birkmann 2013a: 63 f.).

6.5 Zwischenfazit: Grundzüge der Operationalisierung und Methodenmix in der Anwendung

Trotz vielfältiger methodischer Ansätze und Verfahren lassen sich einige **Grundzüge** für die Operationalisierung von Vulnerabilität herausstellen, die auch im Rahmen dieser Arbeit Berücksichtigung finden (vgl. u. a. Downing et al. 2001: 48 ff.; Adger et al. 2004: 26 ff.; Ionescu et al. 2005: 17; Villágran de León 2006: 24; Füssel 2007: 157; Hinkel 2011: 201 ff.; Menoni et al. 2011: 28 ff.; BMVBS 2011: 40 ff.; Birkmann 2013b: 101; Birkmann 2013c: 553 ff.; Ciurean et al. 2013: 4; Greiving 2019a: 64 ff.):

- Schlüsselakteure und Betroffene sollten frühzeitig in die Analyseprozesse eingebunden und am Design der Untersuchung, vor allem der einzelnen Analyse- und Bewertungsschritte, beteiligt werden.

- Ziel und Fokus der Analyse und deren (räumlicher) Umgriff müssen klar definiert und bestenfalls eingrenzt werden, um den Aufwand der Operationalisierung für planerische Zwecke angemessen zu gestalten.

- Definition, Konzeptualisierung und Operationalisierung von Vulnerabilität müssen im Rahmen der Analyse konsistent und eindeutig verknüpft werden. Die methodischen Ansätze und gegebenenfalls die gewählten Indikatoren sind auf dieser Basis spezifisch herzuleiten und zu begründen.

- Die Komplexität der Analysen sollte soweit möglich reduziert werden, um Reliabilität, Transparenz, Nachvollziehbarkeit und somit Praxistauglichkeit zu gewährleisten. Dies entscheidet schlussendlich über die Rezeption der Ergebnisse.

- Grundlegende Voraussetzung der Indikatorenauswahl im Kontext der räumlichen Planung ist die explizite Herausarbeitung von Wirkungsbeziehungen zwischen Schutzgut und Stressor beziehungsweise Gefahrenart.

- Die Zeitbezüge der Analyse sind für alle Komponenten von Vulnerabilität zu adressieren, insbesondere dann, wenn eine hohe Veränderungsdynamik zu erwarten ist.

- Wertzuschreibungen, Bewertungsmaßstäbe und Schwellenwerte sowie deren Ableitung (über normative Zielsysteme und/oder wissenschaftliche Erkenntnisse) sollten bestenfalls auf kooperativer beziehungsweise partizipativer Basis vereinbart, in jedem Falle jedoch offengelegt werden, um die Analyseergebnisse und deren Bewertung einordnen zu können.

- Methodik, Datengrundlagen und Datenaggregation (Verknüpfungsregeln) sollten insgesamt transparent und nachvollziehbar dokumentiert werden. So lassen sich die Ergebnisse reproduzieren beziehungsweise neuere Datensätze einspeisen.

- Die Analyseergebnisse sind verständlich zu erläutern und angemessen zu visualisieren. So lassen sich diese als Diskussionsgrundlage für den weiteren planerischen und politischen Prozess nutzen sowie von Beteiligten und Betroffenen in Bezug auf ihre Aussagekraft und Reichweite einordnen.

Analyse- und Bewertungsmethoden im Kontext der räumlichen Planung dienen der Strukturierung planerischer Fragestellungen und der Vorbereitung politischer Entscheidungen. Analyse und Bewertung von Vulnerabilität sind demnach in politisch-normative Zielsetzungen eingebunden. Das Zusammenspiel von empirisch-analytischen und normativ-bewertenden Schritten ist entscheidend für die Einordnung der Analyseergebnisse. Deshalb ist besondere Sorgfalt auf **Methoden und Verfahren** zu legen, wenngleich gilt: „Eine einzig richtige Bewertungsmethode existiert dabei nicht, sondern es können nur mehr oder weniger zweckmäßige Vorgehensweisen entwickelt werden, wobei sich die Zweckmäßigkeit erst im Einzelfall aus den gegebenen Rahmenbedingungen beurteilen lässt“ (Greiving 2019a: 64).

Die Operationalisierung von Vulnerabilität erweist sich in der Regel als komplexes Unterfangen. Die unterschiedlichen methodischen Ansätze besitzen jeweils Vor- und Nachteile, können jedoch nicht allen Fragestellungen gerecht werden. Deshalb lässt sich auch heute noch schlussfolgern: „Um die Anwendbarkeit des Verwundbarkeitskonzeptes im Interesse einer Verwundbarkeitsabschätzung und -reduktion zu ermöglichen, müssen auf das jeweilige Schutzgut und die konkrete Gefahrensituation zugeschnittene Methoden entwickelt werden“ (BBK 2011: 16). BIRKMANN spricht hierbei treffend von einer „Kontextualisierung“: „‘Contextualisation’ means to adjust indicator and index approaches to the specific socioeconomic context they are applied to and to the function (e.g. spatial comparison, guiding risk-management actions, evaluation of policy interventions) they are intended to serve“ (Birkmann 2007: 28). Kontextualisierung bedeutet aus Sicht der Autorin, dass sich Analyse und Bewertung von Vulnerabilität zwar in grundsätzliche Konzepte und Modelle einordnen lassen, jedoch in der konkreten Ausformung auf den Einzelfall und die spezifische Situation angepasst werden.

Es wird zunehmend deutlich, dass Indexbildungen auf lokaler Ebene eine geringere Reichweite besitzen und dementsprechend Vulnerabilitätsprofile an Bedeutung gewinnen: „Profiles help visualise multiple dimensions and complex patterns of vulnerability“ (Downing et al. 2001: 53). Damit können unterschiedliche (gefahrenspezifische) Fragestellungen und (generische) Bedarfe von Bevölkerungsgruppen adressiert und dem politisch-planerischen Prozess zugänglich gemacht werden.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit steht die Operationalisierung von Vulnerabilität im Kontext der räumlichen Planung im Vordergrund. Das heißt, Ansätze und Methoden müssen in die Verfahren und Instrumente der räumlichen Planung eingepasst werden. Diese stellen sich in der Regel als Wechselspiel zwischen analytischen, normativen und partizipativen Elementen dar. Zugleich werden unterschiedliche räumliche und zeitliche Bezüge gesetzt. Deshalb ist es aus Sicht der Autorin durchaus zielführend, hybride methodische Ansätze für die Operationalisierung von Vulnerabilität zum Einsatz zu bringen, um der Komplexität von Planverfahren gerecht zu werden; darauf wird in Kapitel 7 eingegangen.

TEIL 3:

Konzeptionelle Adaption und Integration in die räumliche Planung

In Teil 3 werden zunächst die zentralen Begriffe kurz eingeordnet: Die räumliche Dimension und die Perspektive der Raumplanung stehen dabei im Vordergrund. Das so umrissene Grundverständnis setzt den Rahmen für die Konzeptionalisierung von Vulnerabilität und stellt ein Kondensat der bisherigen Erkenntnisse aus Teil 2 dar. In den weiteren Kapiteln wird die Anschlussfähigkeit des entwickelten Vulnerabilitätskonzepts an die Instrumente, Verfahren und Diskurse der Raum- und Stadtplanung ausgelotet, um die Schnittstellen und den Mehrwert aufzuzeigen.

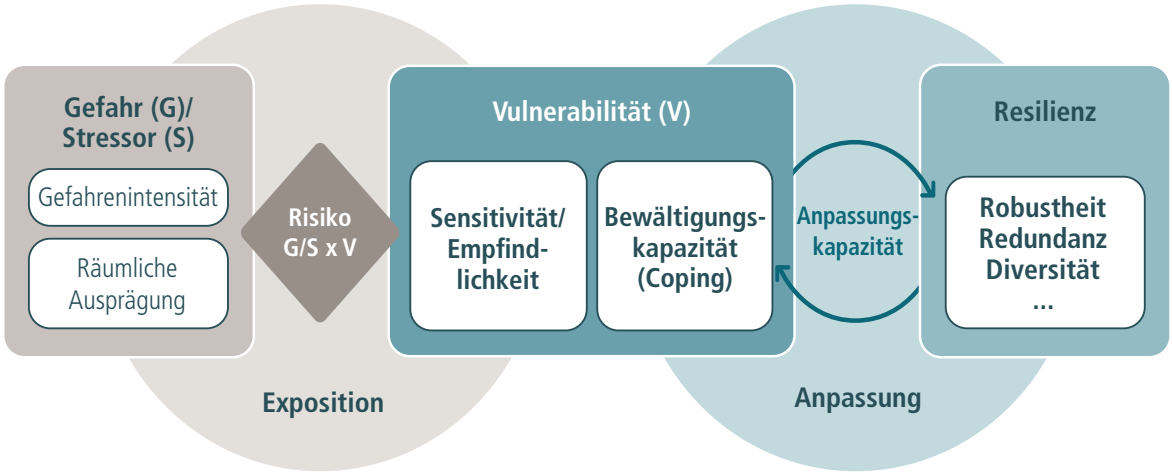
7. Konzeptionelle Adaption für die räumliche Planung

7.1 Definitionen und Begriffsklärung

Wie bereits in Kapitel 5.2 ausführlich dargestellt, werden für Vulnerabilitätskonzepte in der Literatur unterschiedlichste konstitutive Komponenten aufgerufen. Dabei kristallisieren sich in erster Linie Empfindlichkeit beziehungsweise Sensitivität sowie Bewältigungskapazität als Kernkomponenten heraus. Die Exposition lässt sich demnach als „Brückenkonzept" in Richtung Risiko interpretieren – als räumliche Verknüpfung von Gefährdungen und potenziell vulnerablen Schutzgütern. Die Anpassungskapazität verweist als zweites „Brückenkonzept" in Richtung Resilienz, da sie mit mittel- bis langfristigen Anpassungsstrategien gekoppelt ist, die oftmals außerhalb der Einflusssphären der betroffenen Bevölkerungsgruppen liegen. Abbildung 20 visualisiert die für die vorliegende Arbeit zugrunde gelegten konzeptionellen Bezüge zwischen Vulnerabilität, Exposition und Risiko sowie Resilienz und Anpassungskapazität.

Bei einigen Begriffen bleiben Ambivalenzen und Unschärfen bestehen, deren Auflösung jedoch nicht im Fokus dieser Arbeit stehen. Ein Schwerpunkt liegt auf der Definition von Vulnerabilität, die zusammenfassend darstellt, wie die bisherigen Erkenntnisse spezifisch für diese Arbeit beziehungsweise die räumliche Planung interpretiert werden.

Abbildung 20: Konzeptionelle Beziehungen zwischen Vulnerabilität, Gefahr, Exposition und Risiko sowie Anpassung und Resilienz
Quelle: eigene Darstellung



Vulnerabilität (Verwundbarkeit)

Verwundbarkeit ist der Schlüsselbegriff für die vorliegende Arbeit. Die Vielfalt der Definitionen und konzeptionellen Ansätze wurde bereits detailliert beschrieben (vgl. Kap. 4) und in Bezug auf Prinzipien und Kernkomponenten interpretiert (vgl. Kap. 5). Vulnerabilität lässt sich auf alle Schutzgüter anwenden, wird in einigen wissenschaftlichen Denkschulen jedoch ausschließlich auf den Menschen und soziale Systeme bezogen – im Sinne einer sozialen Vulnerabilität. Diesem engeren Begriffsverständnis wird auch in dieser Arbeit, die sich ausschließlich mit dem Schutzgut

Mensch und menschliche Gesundheit befasst, gefolgt. Zusammenfassend werden auf Basis der Erkenntnisse aus Teil 2 dieser Arbeit folgende Definition und Prinzipien von Vulnerabilität für die räumliche Planung abgeleitet:

Definition und Prinzipien sozialer Vulnerabilität im Kontext der räumlichen Planung

- Soziale Vulnerabilität beschreibt die Verwundbarkeit von Individuen, Bevölkerungsgruppen und sozialen Systemen gegenüber unterschiedlichen Gefahren und Stressoren. Es handelt sich um eine multidimensionale Konstruktion, die über vielfältige Faktoren, Strukturen und Prozesse bestimmt wird.

- Konstitutive Komponenten von Vulnerabilität sind die Sensitivität und die Bewältigungskapazität von Individuen, Bevölkerungsgruppen und sozialen Systemen, deren spezifische Ausprägung unabhängig von einer konkreten Exposition gegenüber der betrachteten Gefahr oder dem Stressor existiert. Für beide Komponenten lassen sich gefahrenspezifische und generische Aspekte identifizieren, die in Wechselwirkung stehen können. In der Praxis werden sich hierbei weniger dichotome Sachverhalte als vielmehr kontinuierliche Übergänge zwischen gefahrenspezifischen und generischen Aspekten zeigen.

- Soziale Vulnerabilität lässt sich im Raum nicht unmittelbar beobachten, sondern erfordert eine Modellierung für die räumliche Repräsentation auf unterschiedlichen Ebenen. Diese Modellierung ist skalenabhängig, zumal Wechselwirkungen zwischen den unterschiedlichen Skalen auch bei Betrachtung von Vulnerabilitäten auf einer spezifischen Ebene zu erwarten sind.

- Soziale Vulnerabilität ist in erster Linie eine analytische Kategorie. Gleichwohl handelt es sich um ein relatives Konzept, das im jeweiligen räumlichen und gesellschaftlichen Kontext verankert ist. Eine normative Rahmung ist für diese Kontextualisierung unabdingbar, um Vulnerabilitätsanalysen an den kontextspezifischen politisch-normativen Zielen und Bewertungen ausrichten zu können.

- Die Analyse sozialer Vulnerabilität bezieht sich zuvörderst auf die aktuelle Ausprägung der Kernkomponenten Sensitivität und Bewältigungskapazität – als weitgehend evidenzbasierte „Basislinie“. Zukünftige Vulnerabilität hängt von einer Vielzahl von Entwicklungen ab, die auf die Sensitivität und Bewältigungskapazität einwirken. Die damit verbundenen Unsicherheiten schränken die Belastbarkeit der Aussagen ein; insofern ist eine klare Differenzierung der Zeitebenen entscheidend.

Sensitivität (Empfindlichkeit)

Sensitivität – beziehungsweise Empfindlichkeit – beschreibt, in welchem Maße ein Subjekt, Objekt oder System auf eine Gefährdung beziehungsweise einen Stressor reagiert. Im Kontext von Vulnerabilität und Risiko werden die unerwünschten und somit negativen Auswirkungen adressiert. Wenngleich Vulnerabilität oftmals mit „Coping“ assoziiert wird, stellt die Empfindlichkeit eine eigene, mithin zentrale Komponente von Vulnerabilität dar, da sie dem Grundgedanken von Vulnerabilität am deutlichsten entspricht (vgl. Kap. 5.2). Sie ist alleine deshalb schon so bedeutend, da im Zusammenhang mit räumlicher Planung das Wissen um die Empfindlichkeiten der Schutzgüter ein essenzieller Schritt zur Analyse räumlicher Vulnerabilitätsmuster darstellt.

In der räumlichen Risikovorsorge gilt Empfindlichkeit als „ein objektiv feststellbares Merkmal“ (BBSR 2020: 23), das heißt, es lässt sich über Kriterien hinreichend objektivierbar bestimmen, ob oder inwieweit beispielsweise Menschen Auswirkungen gegenüber spezifischen Lärmpegeln oder Bauwerke gegenüber einem Erdbeben spezifischer Intensität zeigen. Demgegenüber ist die „Schutzwürdigkeit“ ein politisch-normatives Konzept, dessen Merkmalsausprägung sich aus einem politisch legitimierten Zielsystem ergibt (ebd.). Grundsätzlich spielt die Schutzwürdigkeit im Rahmen der planerischen Abwägung eine besondere Rolle, allerdings ist dieses Kriterium beim Fokus auf soziale Vulnerabilität und das Schutzgut „Mensch und menschliche Gesundheit“ von untergeordneter Relevanz, da davon auszugehen ist, dass alle Menschen schutzwürdig sind und die spezifische Vulnerabilität über die Empfindlichkeit eingeschätzt wird.

Bewältigungskapazität

Die Bewältigungskapazität umfasst individuelle wie systemische Ressourcen, die im Falle einer Krise oder Katastrophe aktiviert werden können. Sie ist eine wichtige Komponente im Kontext von Vulnerabilität, um neben der Empfindlichkeit auch Potenziale zur Reaktion, kurzfristigen Adaption oder Kompensation berücksichtigen zu können. Ambivalent bleibt, inwieweit eine Aktivierung dieser Ressourcen vorhandene (wenig resiliente oder nachhaltige) Systemzustände manifestiert oder als unterstützend im Sinne der Resilienzbildung gewertet werden kann (vgl. Kap. 5.2).

Anpassungskapazität

Anpassung und Anpassungskapazität werden in ihrer Abgrenzung zu Bewältigung und Bewältigungskapazität in Kapitel 5.2 ausführlich erörtert. Anpassungsfähigkeit gilt oftmals als wichtige Komponente der Vulnerabilität, allerdings lässt sich mit FELGENTREFF et al. argumentieren, dass Anpassungsfähigkeit auch „als Bindeglied zwischen Vulnerabilitäts- und Resilienzansätzen“ dienen kann (Felgentreff et al. 2012: 45) und damit – vergleichbar zur Exposition – ein „Brückenkonzept“ darstellt, diesmal in Richtung Resilienz. Dieser Auffassung wird gefolgt, auch wenn sich im Einzelfall Unschärfen in der Abgrenzung zwischen Bewältigungs- und Anpassungskapazitäten ergeben (Matyas/Pelling 2012: 17).

Für diese Arbeit gilt demnach: Die Anpassungsfähigkeit bezeichnet die Eigenschaft eines Subjekts oder sozialen Systems, sich auf die Folgen eines zukünftigen Ereignisses oder einer allmählichen Veränderung von Rahmenbedingungen einzustellen. Konkrete Anpassung(sleistungen) stellen somit ein zielgerichtetes, das heißt auf eine Reduktion von Vulnerabilitäten beziehungsweise Risiken ausgerichtetes Realisieren von Anpassungsfähigkeit dar (Smit/Wandel 2006: 287 f.). Anpassungskapazität bezeichnet ein systemisches Potenzial, das nicht notwendigerweise auf Ebene der betrachteten exponierten Einheit realisiert und damit als deren inhärente Eigenschaft gesehen werden kann. Anpassung wird im Zusammenhang mit räumlicher Planung als strategischer Prozess verstanden.

Gefahr und Gefährdung

Laut Glossar des BBK bezeichnet Gefahr einen „Zustand, Umstand oder Vorgang, durch dessen Einwirken ein Schaden an einem Schutzgut entstehen kann“ (BBK 2019a: 22). Gefährdung bedeutet hingegen im engeren Sinne die Möglichkeit, „dass an einem konkreten Ort aus einer Gefahr ein Ereignis mit einer bestimmten Intensität erwächst, das Schaden an einem Schutzgut verursachen kann“ (ebd.: 24). Diese Unterscheidung ist sinnvoll, da somit auf der einen Seite die Gefahrenart grundsätzlich betrachtet werden kann, wohingegen die Gefährdung den Zusammenhang zur Exposition von Schutzgütern herstellt. Wichtig ist, dass eine Gefahr beziehungsweise Gefährdung stets mit einem potenziellen Schaden verbunden ist (Birkmann et al. 2013a: 9). Dies lässt sich im Falle von Hochwasserereignissen gut erläutern: Überschwemmungen sind natürliche Ereignisse in

Auenlandschaften und für diesen Lebensraum essenziell; sie werden erst zu einer Gefahr, wenn die Ereignisse beispielsweise Wohngebäude betreffen (können). Schlussendlich geht es um „das Kriterium der menschlichen Betroffenheit", das aus dem Ereignis eine Gefahr macht (Felgentreff et al. 2012: 28). Der Gefahrenbegriff wird damit zu einer konstitutiven Komponente des Risikobegriffs (s. u.).

Die Differenzierung zwischen Gefahren natürlichen oder anthropogenen beziehungsweise technischen Ursprungs wird zunehmend schwieriger, gerade mit Blick auf den Klimawandel: Der Hitzestress einer städtischen Wärmeinsel, Hochwasser in technisch überformten Flussauen, Dürren – bedingt durch unangepasste Landnutzung – und oftmals durch menschliches Verhalten ausgelöste Waldbrände sind „gute Beispiele dafür, wie beliebig diese Unterscheidung sein kann. Zudem sind in etlichen Fällen Wechselwirkungen zwischen Natur- und Technikgefahren bekannt, die auch kumulative Folgen haben können; andere Gefahren sind eher als sekundäre Folgewirkungen anzusehen, die von Primärereignissen ausgelöst werden" (Greiving 2011: 25). Für eine Beurteilung der raumplanerischen Relevanz einer Gefahr wird diese Unterscheidung als unerheblich gewertet (BBSR 2020: 22).

Es lassen sich unterschiedliche Gefahrenarten differenzieren, beispielsweise ausgehend von Erdbeben, Überflutungen, Störfällen in Industriebetrieben oder Pandemien. Zudem variieren Gefährdungen in Häufigkeit (Frequenz) und Ausmaß (Magnitude) sowie in ihrer zeitlichen Dimension. Letzteres bezieht sich auf

- eine permanente Gefährdungssituation, beispielsweise bei steter Schadstoffemission im Umfeld einer vielbefahrenen Straße,
- eine temporäre, gleichwohl potenziell langanhaltende Gefährdungssituation, wie eine Pandemie,
- langsam zunehmende Gefährdungen wie der stete Temperatur- oder Meeresspiegelanstieg im Zuge des Klimawandels,
- ein disruptives Ereignis oder eine Abfolge disruptiver Ereignisse, zum Beispiel Erdbeben- oder Flutkatastrophen.

Im Englischen wird für Gefahr der Begriff „hazard" verwendet, wobei auch hier zwischen „perturbations" und „stress" beziehungsweise „stressor" unterschieden wird: „A perturbation is a major spike in pressure […]. Stress is a continuous or slowly increasing pressure" (Turner et al. 2003: 8074). Die Übergänge sind vielfach fließend; hinzu kommen Wechsel- und Kaskadenwirkungen, die zu multiplen Gefährdungssituationen führen können. In der vorliegenden Arbeit werden beide Begriffe – Gefahr und Stress beziehungsweise Stressor – verwendet.

Exposition

Unter Exposition wird das „Ausgesetztsein eines Schutzgutes gegenüber seinen Umgebungseinflüssen z. B. einer Gefahr," verstanden (BBK 2019a: 20). Im Kontext der räumlichen Planung handelt es sich demnach um Bevölkerungsgruppen oder Raumnutzungen, die einer Gefährdung ausgesetzt sind und für die im Ereignisfall mit negativen Folgen beziehungsweise Schäden zu rechnen ist (vgl. Birkmann et al. 2013a: 8; Hartz et al. 2020c: 30).

Über die Exposition lässt sich der Einwirkbereich einer Gefährdung in Bezug auf das Schutzgut räumlich und zeitlich fassen. Insofern spielt die Exposition für raumplanerische Kontexte eine herausragende Rolle. Konzeptionell gibt es unterschiedliche Perspektiven: So wird die Exposition in einigen Konzepten als interne Komponente der Vulnerabilität aufgefasst; andere Ansätze sehen sie als eigenständigen Faktor der Risikobetrachtung. BIRKMANN et al. sehen Exposition als „ein Bindeglied zwischen der räumlichen und zeitlichen Ausprägung der Naturgefahr einerseits und der räumlichen und zeitlichen Verteilung von Menschen, Raumnutzungen und Infrastrukturen

andererseits“ (Birkmann et al. 2013a: 8). Dieser Position wird grundsätzlich gefolgt und Exposition als „Brückenkonzept“ zwischen dem Risiko- und dem Vulnerabilitätskonzept verstanden.

Risiko

„Eine allgemein akzeptierte wissenschaftliche Definition des Risikobegriffs fällt schwer“ (Jakubowski/Pütz 2019: 7). Dieser Einschätzung wird vonseiten der Autorin gefolgt, da sich sowohl im wissenschaftlichen als auch im alltäglichen und medialen Gebrauch des Risikobegriffs dessen besondere Ambivalenz zeigt, die nicht zuletzt auf eine sehr unterschiedliche Wahrnehmung, Konstruktion und Bewertung von Risiken zurückzuführen ist (vgl. Zwick/Renn 2008; Lorenz 2010; Felgentreff et al. 2012; Norf 2020; vgl. Kap. 8.2).

LUHMANN differenziert das Risiko von der Gefahr über die Möglichkeit beziehungsweise die Notwendigkeit der Entscheidung: „Denn von Risiko spricht man nur, wenn eine Entscheidung ausgemacht werden kann, ohne die es nicht zu dem Schaden kommen könnte“ (Luhmann 2003: 25). GREIVING weist darauf hin, dass damit die Verantwortung für Risiken eine gesellschaftliche und der Risikobegriff ein rein anthropozentrischer wird: „Das Denken in Kategorien von Risiko setzt dabei ein Mindestmaß an Gestaltbarkeit von Zukunft und damit die Vermeidbarkeit von negativen Ereignissen durch Vorsorge voraus“ (Greiving 2002: 17). Gefahren werden über das Erkennen von Ursachen und das Einschätzen von Konsequenzen „in Risikokalküle überführt“ (Felgentreff et al. 2012: 28). Eine Gefahr wird also dann zum Risiko, wenn die Möglichkeit besteht, „den Eintritt und das Ausmaß der Folgen eines Ereignisses durch Entscheidungen beeinflussen zu können“ (Greiving 2002: 70 f.). Die Kopplung von Risiko an Entscheidungen bietet Anknüpfungspunkte für die räumliche Planung und ebenso die Grundannahme, dass das Schadensausmaß durch Vorsorgemaßnahmen beeinflussbar ist.

Risiko wird in der Risikoforschung und im Risikomanagement zumeist als Kombination der Eintrittswahrscheinlichkeit eines Ereignisses und dessen negativer Folgen verstanden (UNISDR 2009: 25). In den Debatten um Klimawandelfolgen und räumliche Risiken bezeichnet der Risikobegriff vielfach das Zusammentreffen von Gefährdung und Vulnerabilität (Betroffenheit), die jeweils in ihrer spezifischen Intensität und Ausprägung die Höhe des Risikos bestimmen (vgl. u. a. Birkmann 2006; BBSR 2020). Eine Quantifizierung von Eintrittswahrscheinlichkeiten und Schadenserwartungen ist oftmals nicht möglich, was insbesondere für die Risikoanalyse und -bewertung eine grundsätzliche Herausforderung darstellt (Felgentreff et al. 2012: 30). Diese sind jedoch zentrale Voraussetzung sowohl für den gesellschaftlichen Diskurs zu tolerierbaren oder eben nicht tolerierbaren Risiken wie auch für das Management von Risiken als Handlungsfeld unterschiedlicher Akteure.

NORF geht in ihrer Dissertation ausführlich auf die unterschiedlichen Risikoperspektiven und insbesondere die Kritik an den naturwissenschaftlich-technischen Ansätzen ein (Norf 2020: 31 ff.). Sie sieht Komplexität, Unsicherheit und Ambiguität als die drei wesentlichen Grundprobleme von Risiko:

> „Komplexität bezieht sich auf wissenschaftlich schwer feststellbare und quantifizierbare Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge. Unsicherheit meint, dass Ursache-Wirkungs-Beziehungen nur vereinzelt deterministisch sind, z. B. löst die gleiche Exposition bei verschiedenen Menschen je nach Situation unterschiedliche Reaktionen aus. Ambiguität zielt auf unterschiedliche Interpretationsmöglichkeiten bei wissenschaftlichen Analysen und der Frage der Zumutbarkeit von Risiken ab […]“ (ebd.: 48).

Sie verweist auf das Risiko-Governance-Modell des IRGC mit einer ausgeprägten Prozess-, Kommunikations- und Akteursorientierung, auch für die Wissensgenerierung zu Risiken und der Entscheidung über Handlungsoptionen (ebd.; vgl. Abb. 36).

Dieser kurze Abriss macht deutlich, dass der Risikobegriff je nach Risikoperspektive sehr unterschiedlich konnotiert wird. Ganz unabhängig von den unterschiedlichen Perspektiven und konkreten Operationalisierungsansätzen (vgl. Kap. 4.2.2) lässt sich Risiko für den raumplanerischen Umgang im Grundsatz als Funktion von Gefährdung und Betroffenheit beziehungsweise Vulnerabilität des Schutzguts fassen (BBSR 2020: 26).

Resilienz

Resilienz als Begriff und Konzept lässt gleichfalls vielfältige Interpretationen und Verwendungsoptionen zu; in Kapitel 4.2.5 wird dies näher ausgeführt. Das BBK definiert Resilienz allgemein als die „Fähigkeit eines Systems, Ereignissen zu widerstehen bzw. sich daran anzupassen und dabei seine Funktionsfähigkeit zu erhalten oder möglichst schnell wieder zu erlangen“ (BBK 2019a: 45). Das Memorandum Urbane Resilienz folgt der Definition der UN-Habitat und beschreibt „urbane Resilienz“ als „die Fähigkeit eines städtischen Systems und seiner Bevölkerung, bei Krisen oder Katastrophen widerstandsfähig zu reagieren, und sich dabei zugleich anzupassen und sich hinsichtlich einer nachhaltigen Stadtentwicklung umzugestalten“ (BMI 2021: 2). SCHULWITZ fokussiert sich in seiner Definition zu urbaner Resilienz auf unterschiedliche Dimensionen: „***Urbane Resilienz entsteht als emergente Eigenschaft aus dem vernetzten Zusammenwirken von Strategien und Maßnahmen in der physischen Dimension, der institutionellen Dimension und der sozialen Dimension eines Siedlungsraums***“; Maßnahmen zur Steigerung der urbanen Resilienz sollten das Zusammenwirken der Dimension berücksichtigen und auf eine „***Erhöhung der Robustheit, der Adaptivität und der Transformativität urbaner Systeme***“ abzielen (Schulwitz 2020: 203; vgl. Kap. 9.2).

Deutlich wird, dass (urbane) Resilienz die Kapazitäten von (städtischen, respektive sozialen) Systemen betont, sich widerstandsfähig zu zeigen beziehungsweise an verändernde Rahmenbedingungen anpassen oder gar transformieren zu können. Der Systemgedanke steht ebenso im Vordergrund wie die Prozesse der Resilienzbildung. Dieser Auffassung folgt die Autorin, zumal daraus die Abgrenzung zu Vulnerabilitätskonzepten gut nachvollziehbar wird (vgl. Kap. 4.2.5 und 9.2).

7.2 Vulnerabilitätskonzept für die räumliche Planung und Verfahrenseinbettung

7.2.1 Adaption des Vulnerabilitätskonzepts für die räumliche Planung

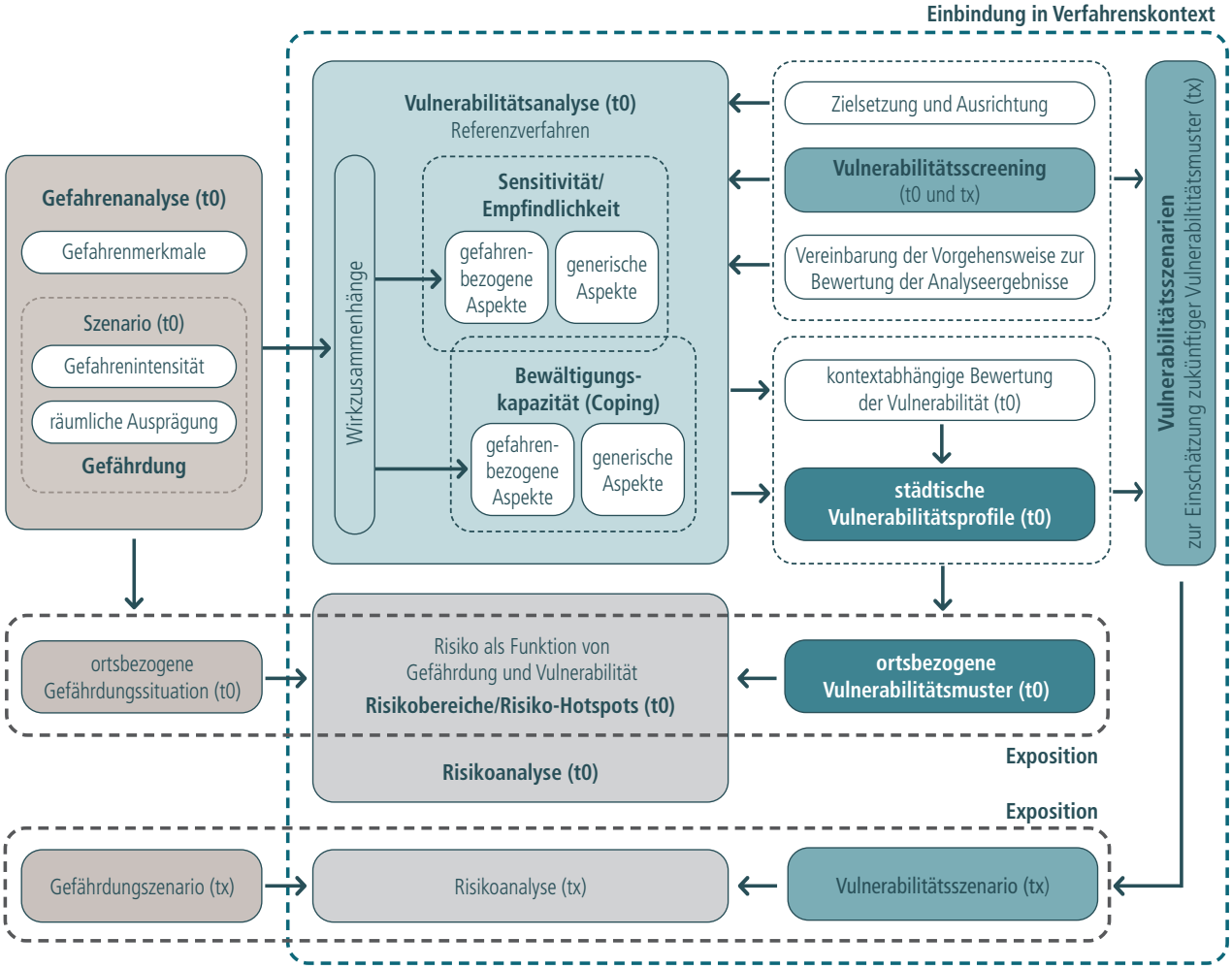
Für die räumliche Planung ist es erforderlich, die räumliche Repräsentation sozialer Vulnerabilität zu modellieren und diese mit den Verfahren der Raumplanung zu verknüpfen. In den vorangegangenen Kapiteln wurden die Prinzipien und Kernkomponenten von Vulnerabilität erörtert (vgl. Kap. 5.1 und 5.2) und zu einem Grundverständnis verdichtet (vgl. Kap. 7). In den folgenden Ausführungen wird aufbauend auf diesen Erkenntnissen das Vulnerabilitätskonzept als ein zentrales Ergebnis dieser Arbeit hergeleitet. Abbildung 21 visualisiert das Grundkonzept.

Analyse und Bewertung von Vulnerabilität sowie die Integration der Ergebnisse in die Verfahren der Raumplanung ist mit Prozessen auf verschiedenen Ebenen und in verschiedenen Akteursarenen gekoppelt. Die Notwendigkeit dieser Kopplung ergibt sich bereits aus dem Umstand, dass Analyse und Bewertung stets in enger Wechselbeziehung zu (politisch-)normativen Vorgaben beziehungsweise Entscheidungen sowie (zivil-)gesellschaftlichen Diskursen stehen (vgl. Kap. 8.1). So gilt es, zwischen der analytischen Arbeit, in deren Rahmen die Evidenzbasis entsteht, und den (politisch-)normativen Rahmensetzungen und Entscheidungsprozessen zu unterscheiden (vgl. Greiving 2019a).

Insofern beschreibt Kapitel 7.2.2 den prozessualen Charakter im Rahmen von Planverfahren. Insbesondere die mehrstufige Vorgehensweise ermöglicht eine den Verfahrenskontexten angepasste Vorgehensweise und Integration. Sie nimmt zudem direkten Bezug auf die Zeitspezifität von Vulnerabilität. In Kapitel 7.2.3 wurden grundlegende Zusammenhänge hierzu erläutert. Diese zeigen: Vulnerabilitätsmuster sind keineswegs stabil, sondern veränderlich in Zeit und Raum. Deshalb muss diesem Aspekt ausdrücklich Rechnung getragen werden.

Der analytische Kern des Vulnerabilitätskonzepts umfasst diejenigen Bausteine, die dem Aufbau einer zumeist indikatorengestützten Evidenzbasis für (räumliche) Vulnerabilitätsprofile dienen (vgl. Kap. 7.2.4). Städtische Vulnerabilitätsprofile geben Auskunft über die (gefahrenspezifische) räumliche Repräsentation sozialer Vulnerabilität im Bezugsraum – das heißt in der Regel in der Gesamtstadt, dem Stadtteil oder Quartier –, und dies unabhängig von konkreten Expositionssituationen. In exponierten Lagen kommen die ortsbezogenen Vulnerabilitätsmuster zum Tragen: Über die Verknüpfung von Vulnerabilität und Gefährdung wird hier das Risiko bestimmt.

Abbildung 21: Vulnerabilitätskonzept für die räumliche Planung
Quelle: eigene Darstellung



7.2.2 Verfahrenseinbettung und mehrstufige Vorgehensweise

Da die Modellierung von Vulnerabilität kontextspezifisch und damit maßgeschneidert für den spezifischen Anwendungsfall erfolgt, ist eine Klärung von Zielstellung und Umfang, methodischen Ansätzen und (Bewertungs-)Verfahren im Vorfeld und in steter Rückkopplung mit den Analysearbeiten erforderlich. Der Prozess startet idealtypisch mit einer intensiven Einbindung verfahrensrelevanter Akteure: Nicht zuletzt entsteht so „die Basis für eine gemeinsame Interpretation der Vulnerabilität und ein gegenseitiges Verständnis“ (BMVBS 2011: 41). Die konkrete Ausgestaltung ist dabei unmittelbar mit dem raumplanerischen „Trägerverfahren“ verknüpft, also demjenigen Verfahren, in dessen Rahmen die Vulnerabilitätsanalysen und -bewertungen stattfinden. Infrage kommt eine Vielzahl an formellen und informellen Verfahren der Raum- und Stadtplanung (vgl. Kap. 8.1). Ziel ist es, über die Verfahrenseinbettung eine möglichst passgenaue Ausformung des Prozesses zu erreichen.

Analyse- und Bewertungsprozesse sind eng verknüpft mit der Wahrnehmung, Adressierung und Einschätzung von Vulnerabilitäten und Risiken durch die jeweils Betroffenen und – im weiteren Sinne – durch die Zivilgesellschaft. Für eine möglichst lebensweltnahe Modellierung von Vulnerabilität bedeutet dies, „die verobjektivierten mit den subjektiv wahrgenommenen Vulnerabilitäten integriert zu betrachten“ (Voss et al. 2018: 9). Partizipative Verfahren tragen dazu bei, dass die Ergebnisse von Vulnerabilitätsanalysen über individuelle wie kollektive Erfahrungen und Einschätzungen der (betroffenen) städtischen Bevölkerung reflektiert und validiert werden können (vgl. Kap. 8.2).

Um Vulnerabilitätsanalysen auf relevante Zusammenhänge fokussieren und die Akteurs- wie Betroffenenbeteiligung angemessen berücksichtigen zu können, ist eine mehrstufige Vorgehensweise zielführend. Dazu wird auf Empfehlungen aus dem Methodenhandbuch zur Klimafolgenabschätzung in der Regionalplanung zu einem dreistufigen Verfahren zurückgegriffen (BMVBS/BBSR 2013: 48 ff.). Sie folgen dem Grundsatz, „Analysen nur so komplex wie unbedingt notwendig“ anzulegen (BMVBS 2011: 49), um Analysen und Ressourcen an den Prioritäten in den Regionen auszurichten. Dies lässt sich auf den städtischen Planungskontext übertragen. Gleichwohl geht es bei dem hier vorgeschlagenen Ansatz weniger darum, den Aufwand zu minimieren und Bearbeitungstiefen entsprechend den regionalen Ressourcen zu wählen (BMVBS/BBSR 2013: 42 f.), sondern um eine mehrstufige Vorgehensweise, die den jeweiligen Stufen oder Phasen explizite Zielsetzungen und Aufgabenstellungen zuordnet. Unterschieden wird in (1) ein Vulnerabilitätsscreening, (2) ein Referenzverfahren für Vulnerabilitätsanalysen und (3) Vulnerabilitätsszenarien (vgl. Tab. 3 und Abb. 22).

Das **Vulnerabilitätsscreening** bezieht sich in der zeitlichen Dimension auf eine Ersteinschätzung sowohl der aktuellen Situation als auch der zukünftigen Entwicklungen. In erster Linie geht es um die Identifikation und Priorisierung der raumrelevanten Gefahren und Schutzgüter im Kontext der konkreten Aufgabenstellung: „Das Screeningverfahren ist insofern hypothesengenerierend und dient im Sinne des Abwägungsvorgangs der Ermittlung abwägungsbeachtlicher Belange beziehungsweise derjenigen Handlungsfelder, die einer näheren Betrachtung bedürfen“ (BMVBS/BBSR 2013: 48). Für diesen Schritt ist eine Einbindung von Schlüsselakteuren, Betroffenen und Zivilgesellschaft zielführend, da in dieser Phase Umfang und Tiefe der Vulnerabilitätsanalysen bestimmt sowie deren Einbettung in die Planverfahren definiert werden. Die Befassung der politischen Gremien mit der Thematik dient der normativen Verankerung des gesamten Prozesses sowie der Bewertung und Einordnung von Analyseergebnissen.

Das **Referenzverfahren zur Vulnerabilitätsanalyse** stellt im Kern eine räumlich und sachlich differenzierte Darstellung und Bewertung aktueller Gefährdungen, Vulnerabilitäten und Risiken dar. Damit wird zunächst die derzeitige Situation analysiert – als Basis für eine abwägungsfeste

Ausgestaltung insbesondere des formellen raumplanerischen Instrumentariums (ebd.: 58). Dafür gibt es gute Gründe: Zum einen liegen für den Ist-Zustand oftmals hinreichende Datengrundlagen vor, um quantitative Analysen valide durchführen zu können. Zum anderen beschreiben die Ergebnisse den Basiszustand, der als Ausgangspunkt im weiteren Monitoringprozess eingestellt werden kann und die Möglichkeit eröffnet, Veränderungen in der Zukunft transparent darstellen und in ihren Auswirkungen besser einschätzen zu können. Demgegenüber sind Projektionen und Prognosen zur zukünftigen Entwicklung trotz Weiterentwicklung der Modellierungen mit erheblichen Unsicherheiten behaftet. Wenn planerische Festlegungen oder Festsetzungen hingegen auf „Status quo-Analysen und No-Regret-Ansätzen basieren, kommt der Unsicherheit in den Modellen keine Bedeutung mehr zu“, da diese Festlegungen bereits unter heutigen (klimatischen) Bedingungen sinnvoll sind (ebd.). Das Referenzverfahren dient zudem dazu, den (normativen) Bewertungsprozess vorzubereiten und durchzuführen. Diesem Schritt muss mehr denn je ein angemessener Stellenwert eingeräumt werden, um normative Entscheidungen auf Basis valider und nachvollziehbarer Analyseergebnisse treffen zu können und diese gleichzeitig als Rahmensetzung für die Analysen wirksam werden zu lassen (vgl. Greiving et al. 2015; Greiving et al. 2018).

Die dritte Stufe befasst sich mit **Vulnerabilitätsszenarien**. Die Einschätzung zukünftiger Gefährdungen, Vulnerabilitäten und Risiken ist traditionell eine Kernaufgabe der räumlichen Planung. Mit den Diskussionen um die Zukunft von Städten und Regionen, die Auseinandersetzung mit der Raumrelevanz übergreifender und langfristiger Transformationsprozesse in Gesellschaft und Wirtschaft und nicht zuletzt mit dem Klimawandel gewinnt eine belastbare Einschätzung zukünftiger Entwicklungen immer mehr an Bedeutung. In diesem Zuge wurden Prognosemodelle und Projektionen methodisch vorangetrieben und zählen mittlerweile zu den Standardgrundlagen in der räumlichen Planung. Dennoch zeigt die Literaturauswertung in Teil 2 dieser Arbeit allzu deutlich, dass eine räumlich und sachlich differenzierte Darstellung zukünftiger Entwicklungen oftmals (noch) nicht möglich ist (vgl. Kap. 6.1 und Kap. 6.5). Die Auseinandersetzung mit raumrelevanten Transformationsprozessen bleibt jedoch unverzichtbar, um dem Vorsorgecharakter der Planung angemessen Rechnung zu tragen.

Deshalb stellt der Szenarioansatz in der dritten Stufe des Modells einen entscheidenden Schritt dar. Alle Komponenten des Modells müssen gleichermaßen in ihrer zukünftigen Entwicklung betrachtet werden, um Asymmetrien zu vermeiden (vgl. Kap. 7.2.3). Dieser Schritt ist methodisch bislang nicht durchdrungen und insofern von einer einheitlichen Operationalisierung für die Planungspraxis weit entfernt (vgl. Kap. 6.1). Allerdings gibt es bereits gute Ansätze, insbesondere auf der Gefahrenseite, mit denen die zukünftige Entwicklung der Gefährdung abgeschätzt werden kann (BMVBS/BBSR 2013: 155 ff.; vgl. zudem BBSR 2020; Birkmann et al. 2023). Daraus lässt sich

Abbildung 22: Mehrstufige Vorgehensweise im Vulnerabilitätsassessment
Quelle: eigene Darstellung

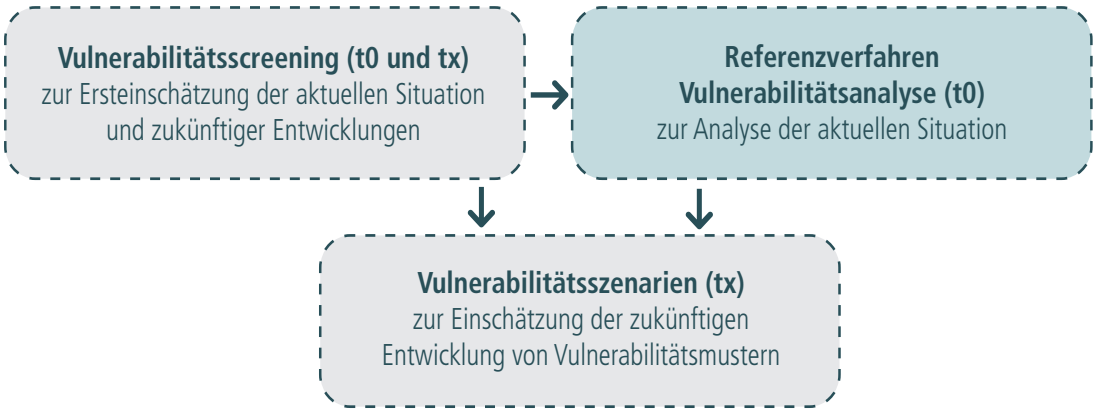


Tabelle 3: Mehrstufige Vorgehensweise im Vulnerabilitätsassessment
Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an BMVBS/BBSR 2013: 48 ff.

Stufe	Zielsetzung	Verfahrensbausteine
1. **Vulnerabilitäts-screening** zur Ersteinschätzung der aktuellen Situation und zukünftiger Entwicklungen	• Fokussierung der Aufgaben- und Fragestellungen im Kontext der räumlichen Risikovorsorge • Identifikation und Priorisierung der raumrelevanten Schutzgüter und Gefahrenarten/Stressoren • Einbindung von Schlüsselakteuren, Betroffenen und Zivilgesellschaft • Erarbeitung eines Verfahrensvorschlags für das Referenz- und das Szenarioverfahren • Vereinbaren der Beiträge der beteiligten Akteursgruppen • politische Entscheidung zu Zielen und Vorgehen	• erste Recherchearbeiten zu Gefahren und Schutzgütern • Zusammenstellen erforderlicher Datengrundlagen und Feststellen von „Datenlücken" • Akteursanalyse • Screening-Werkstätten mit Schlüsselakteuren • Screening-Werkstätten mit Betroffenen und Zivilgesellschaft • ggfs. partizipative Szenarioentwicklung • Zusammenfassung der Ergebnisse als Ersteinschätzung der gegenwärtigen und zukünftigen Vulnerabilitäten • (politisch-)normative Erstbewertung der Ergebnisse und ggfs. Entscheidungsfindung
2. **Referenzverfahren Vulnerabilitäts-analyse (t0)** zur Analyse der gegenwärtigen Situation	• Vereinbarung von Indikatorenkonzept und methodischen Verfahren • Einbindung von Schlüsselakteuren • ggfs. Einbindung von Betroffenen und Zivilgesellschaft • räumlich und sachlich differenzierte Darstellung der Gefährdungen, Vulnerabilitäten und Risiken • Identifikation von Schwellenwerten zur Bewertung von Gefährdungen, Vulnerabilitäten und Risiken (normativ, wissenschaftlich) • politische Bewertung der Ergebnisse	• Methoden-Werkstatt mit Schlüsselakteuren • indikatorbasierte Analyse von Vulnerabilitäten und Gefährdungen • Erstellung von Vulnerabilitätsprofilen • Verknüpfung der Ergebnisse zur räumlich differenzierten Darstellung von Risiken • Plausibilisierung, Weiterentwicklung und Bewertung der Ergebnisse über Werkstätten mit Schlüsselakteuren (v. a. aus dem Bereich der Fachplanungen) sowie ggfs. über partizipative Verfahren • Vorbereitung des Bewertungsprozesses über eine Aufbereitung der Analyseergebnisse und Darlegung möglicher Bewertungsansätze • Erstellung von Planungshinweiskarten zu aktuellen Vulnerabilitäten und Risiken • politische Bewertung der Ergebnisse und ggfs. Entscheidungsfindung
3. **Vulnerabilitäts-szenarien (tx)** zur Einschätzung der zukünftigen Entwicklung von Vulnerabilitätsmustern	• Vereinbarung von Annahmen für die Szenarien • Einbindung von Schlüsselakteuren, Betroffenen und Zivilgesellschaft • Diskussion und Vereinbarung möglicher Szenarien (z. B. starker oder schwacher Klimawandel) • räumliche Konkretisierung der Auswirkungen zukünftiger Entwicklungen • politische Bewertung der Ergebnisse	• Generierung von Annahmen für die Szenarien • Szenario-Werkstätten mit Schlüsselakteuren • Szenario-Werkstätten mit Betroffenen und Zivilgesellschaft • Darstellung von Szenariokorridoren auf Basis qualitativer Narrative oder (semi-)quantitativer Analysen • ggfs. Erstellung von Planungshinweiskarten zu zukünftigen Vulnerabilitäten und Risiken • politische Bewertung der Ergebnisse und ggfs. Entscheidungsfindung

jedoch kein einheitliches Verfahren ableiten. Szenarioverfahren zeigen eine große Bandbreite: Sie variieren zwischen niedrigschwelligen partizipativen Szenario-Werkstätten mit Schlüsselakteuren beziehungsweise der Zivilgesellschaft, die auf Basis von Erfahrungen, Fach- und Lokalkenntnissen eine qualitative Einschätzung zukünftiger Entwicklungen erlauben, bis hin zu komplexen, aufwändigen (semi-)quantitativen Analysen, die mögliche Entwicklungen räumlich differenziert abbilden. Für alle Szenarien müssen Annahmen getroffen und in die Modelle eingespeist werden. Dieser Schritt ist zentral, da naturgemäß die Ergebnisse entsprechend den Annahmen variieren, insofern ist auch für diesen Schritt eine normative Rückkopplung erforderlich. Die Ergebnisse des gegenwartsbezogenen Referenzverfahrens dienen dabei als Basis für eine räumlich differenziertere Einschätzung zukünftiger Entwicklungen von Gefährdungen, Vulnerabilitäten und Risiken.

7.2.3 Zeitspezifizität von Vulnerabilität und parallele Modellierung

Das Netzwerk Vulnerabilität entwickelte zur Abschätzung der Klimawandelfolgen in Deutschland einen Ansatz, der einer vonseiten des IPCC eingeführten parallelen Modellierung („parallel modeling“) entspricht (vgl. Greiving et al. 2015: 312; Greiving et al. 2018). Dieser Ansatz berücksichtigt die Veränderungen im klimatischen System synchron zu den demographischen und sozioökonomischen Veränderungen. Dies ist insbesondere deshalb relevant, da Schwankungen der demographischen und sozioökonomischen Variablen durchaus einen größeren Einfluss auf die Vulnerabilität beziehungsweise die Klimafolgen entfalten können als die Veränderung der eigentlichen Klimaparameter: „Generally speaking, sensitivity-related factors are more relevant, the more dynamic the land-use changes are“ (Greiving et al. 2018: 19).

Grundsätzlich ist es zielführend, zunächst die aktuelle Situation räumlicher Vulnerabilitätsmuster zu bestimmen: Für die räumliche Planung ist die Darstellung und Bewertung des Status quo gar unerlässlich, sozusagen als „belastbare“ Ausgangssituation, über die planerische Strategien und Maßnahmen verortet werden können. So lassen sich auch Veränderungen im Rahmen eines Monitorings nachvollziehen.

Dennoch bleibt es Aufgabe der Raumplanung, zukünftige Entwicklungen und deren Veränderungsdynamik einzuschätzen – sowohl in Bezug auf Gefährdungen als auch hinsichtlich der Schutzgüter, um dem Vorsorgecharakter von Raumplanung Rechnung zu tragen. Allerdings sind Prognosen und Projektionen mit erheblichen Unsicherheiten verbunden und nur mit Vorsicht für die Zwecke der Raumplanung zu interpretieren (vgl. BMVBS/BBSR 2013: 48 ff.; Kap. 6.1 und 9.3). Hinzu kommt, dass für eine verräumlichte Darstellung sozioökonomischer Entwicklungen in der Regel keine Daten vorliegen, zumindest nicht in der erforderlichen Auflösung im Rahmen regionaler oder lokaler Analysen und für die – vor allem in der Klimawandelforschung – relevanten Zeithorizonte bis Mitte oder Ende dieses Jahrhunderts (vgl. UBA 2017a; Greiving et al. 2018). Eine Verknüpfung aktueller (sozialer) Vulnerabilitätsmuster mit zukünftigen Ausprägungen von Gefährdungen ist sowohl methodisch als auch aus raumplanerischer Perspektive nicht sinnvoll, da hieraus Verzerrungen resultieren: Zukünftige (soziale) Vulnerabilitätsmuster werden gegebenenfalls zu positiv dargestellt, beispielsweise mit Blick auf den demographischen Wandel. Hier bietet sich im Kontext von Vulnerabilität und Risiko die Arbeit mit Szenarien an (Birkmann 2013a: 65; vgl. u. a. Greiving 2019a; UBA 2019b; Birkmann et al. 2022, 2023). Diese zeigen unterschiedliche Zukunftsentwürfe, oftmals als Bandbreite beziehungsweise Szenariokorridor, der einen „Möglichkeitsraum“ aufspannt. Sie sollten in sich konsistent entwickelt werden – in Abhängigkeit der damit verfolgten Ziele sowie auf Basis transparenter Annahmen beziehungsweise Narrativen (UBA 2019b: 78).

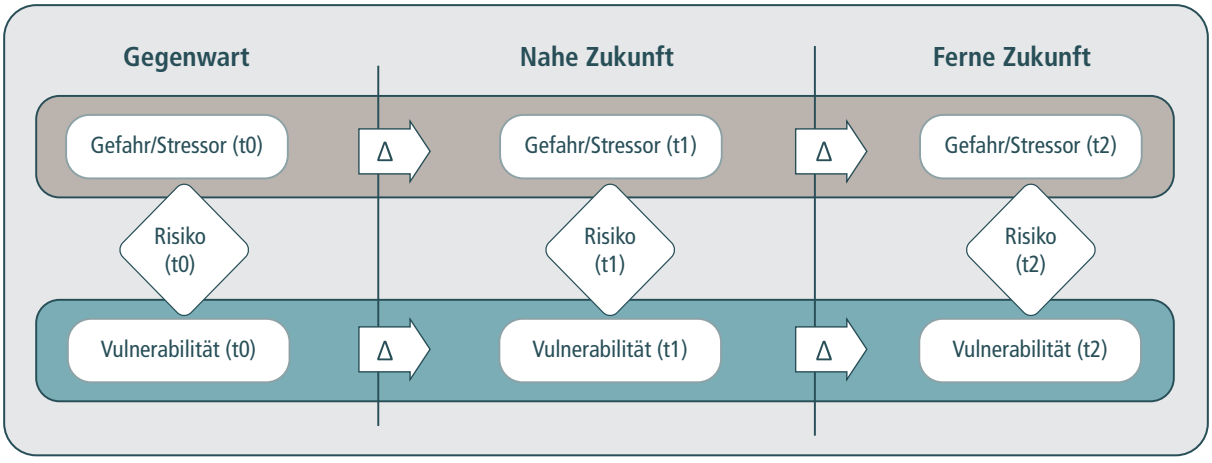
Auf übergeordneten Ebenen lassen sich sozioökonomische Szenarien durchaus quantifizieren, zumindest in Bezug auf bestimmte Parameter wie die Bevölkerungsentwicklung (ebd.: 60). Viele

Parameter entziehen sich jedoch einer validen Quantifizierung, beispielsweise die Veränderung von Krankheitsmustern oder die Auswirkungen von Digitalisierung und Innovationen (ebd.: 49, 60). Als Grundlage für die Klimawirkungs- und Vulnerabilitätsstudie, welche die Auswirkungen des Klimawandels in Deutschland aufzeigt (UBA 2021a) wurden drei nationale sozioökonomische Szenarien entwickelt: Das Trendszenario schreibt aktuelle Entwicklungen in den Bereichen Bevölkerung, Wirtschaft, Energie, Verkehr und Flächeninanspruchnahme fort; das Szenario Stabilität bildet eine an den Zielen der Bundesregierung orientierte nachhaltige Entwicklung ab, das dritte Szenario setzt eine höhere sozioökonomische Dynamik voraus (UBA 2019b). Die Dynamik der Veränderungen wirkt sich auf alle Handlungsfelder der Stadtentwicklung aus und bestimmt über den Ausbau der Siedlungs- und Infrastrukturen wie auch über die Verteilung der Bevölkerung innerhalb von Städten maßgeblich deren Vulnerabilitätsmuster.

Für die städtische Ebene bieten sich kaum Ansatzpunkte für verräumlichte sozioökonomische Szenarien. Dies spricht einmal mehr für eine „klare Trennung der Zeitebenen", das heißt, bei der Modellierung von Risiken als Funktion von Gefahr und Vulnerabilität sind im Sinne einer parallelen Modellierung von Veränderungsprozessen jeweils sowohl der gegenwärtige Zustand als auch gegebenenfalls unterschiedliche Zukünfte für die Gefahren- wie für die Schutzgutseite zu beschreiben (Fekkak et al. 2016: 24). Eine räumliche Repräsentation aktueller Vulnerabilitäts- und Risikomuster ist in der Regel auf Basis vorliegender Daten möglich. Diese sind mit geringeren Unsicherheiten behaftet als Szenarien der zukünftigen Entwicklung. Die Zusammenschau von Vulnerabilitäts- und Risikomustern der verschiedenen Zeitebenen lässt Rückschlüsse darauf zu, welche Faktoren in Zukunft maßgeblich zu erhöhten Risiken beitragen: Veränderungen der Gefährdungen oder Veränderungen der Vulnerabilitäten der Schutzgüter.

Im Vulnerabilitätskonzept dieser Arbeit wird davon ausgegangen, dass die quantifizierten beziehungsweise indikatorbasierten Ansätze im Rahmen der Vulnerabilitätsanalyse auf den Status quo bezogen werden, um eine valide Ausgangssituation räumlich beschreiben zu können. Für die zukünftige Entwicklung eignet sich eine Einschätzung auf Basis verbalargumentativer sozioökonomischer Szenarien. In jedem Falle müssen sowohl die Kernkomponenten von Vulnerabilität als auch die Ausprägung der Gefährdung zeitlich parallel modelliert werden; in der Funktion von beidem ergibt sich das Risiko in den jeweils spezifischen Gegenwarts- und Zukunftsbezügen (vgl. Abb. 23).

Abbildung 23: Parallele zeitliche Modellierung von Gefahr, Vulnerabilität und Risiko
Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung Greiving et al. 2015: 315



7.2.4 Die empirische Basis: Vulnerabilitätsanalysen

Der analytische Kern des Vulnerabilitätskonzepts bezieht sich in erster Linie auf das Referenzverfahren, um gegenwärtige Vulnerabilitätsprofile und -muster auf städtischer Ebene kleinräumig zu erfassen. Diese dienen als Ausgangspunkt für die Verfahrenskommunikation, die planerische Abwägung, die Ableitung von Strategien und Maßnahmen sowie den Aufbau von Monitoringsystemen und somit als wesentliche Grundlage für eine risikoinformierte Stadtplanung.

Im Mittelpunkt stehen Indikatorensysteme für die Sensitivität und die Bewältigungskapazität, wobei die beiden Kernkomponenten – wie bereits in Kapitel 7.1 erwähnt und in der empirischen Erprobung nachvollziehbar (vgl. Kap. 11) – sowohl untereinander als auch in Bezug auf gefahrenspezifische und generische Aspekte weniger dichotome Ausprägungen als vielmehr kontinuierliche Übergänge zeigen. Bei der Anwendung von Indikatorensystemen sind vielfältige Schwierigkeiten zu meistern (vgl. Kap. 6.2 und 6.5). Für die Interpretation der Ergebnisse gilt, dass diese stets nur eine näherungsweise Darstellung realer (komplexer) Systeme widerspiegeln. Die Auswahl der Indikatoren wie auch die Bewertung der Ergebnisse setzt zudem normative Zielsetzungen im Rahmen von Planungs- und Entscheidungsprozessen voraus: „Every indicator-development process needs to be related (explicitly or implicitly) to goals, or at least to a vision which serves as a basis for defining the ***indicandum*** (state or characteristic of interest)“ (Birkmann 2013b: 89).

Die Auswahl der Indikatoren erfolgt deduktiv auf Basis von Wirkungszusammenhängen, welche die Auswirkungen der jeweils untersuchten Gefahrenarten beziehungsweise Stressoren auf das betrachtete Schutzgut möglichst transparent aufzeigen (vgl. Kap. 10). Dieser „schlüssige Wirkungszusammenhang“ liefert die Grundannahmen für das Indikatorensystem – sowohl für die Gefahren- als auch die Schutzgutseite (Birkmann et al. 2012b: 69). Die Vorgehensweise hat neben der Transparenz in der Herleitung den Vorteil, dass sie Informationen zu den Ursachen von Vulnerabilität vermittelt und diese in den Prozess der Bewertung einspeist.

Die Umsetzung erfolgt in der Regel GIS-basiert; dabei lassen sich raster- und vektorbasierte Daten einbeziehen. Das GIS-Projekt kann zunächst auf verfügbaren digitalen Grundkarten aufgebaut werden; hierzu zählen unter anderem das Amtliche Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS), das Amtliche Topographisch-Kartografische-Informationssystem (ATKIS) oder digitale Stadtgrundkarten. Die Datengrundlagen zu den Indikatoren liefern zumeist die statistischen Ämter sowie die Fach- und Planungsbehörden, teilweise auch Gutachten oder externe Anbieter. Voraussetzung ist, dass es sich um GIS-fähige Datensätze handelt. Das ist nicht selbstverständlich, oftmals müssen Datensätze zunächst aufwändig bearbeitet und harmonisiert werden. Letztlich bedeutet dies auch, dass nur GIS-fähige Daten zum Einsatz kommen und andere Daten nicht eingebunden werden (können).

Dies bringt Einschränkungen mit sich, vor allem, wenn Daten nicht verräumlicht, nicht im erforderlichen Format oder der notwendigen Körnigkeit vorliegen. Deshalb ist ein Mix aus quantitativen und qualitativen Ansätzen sinnvoll, um neben den GIS-basierten Vulnerabilitätsanalysen komplexe Aspekte wie die Ausprägung des Nachbarschaftsgefüges zu erfassen (Birkmann 2013c: 555).

Bei der Anwendung von Indikatorensystemen finden sehr unterschiedliche Datensätze Verwendung, insofern variieren Messgrößen und Skalierungen erheblich. Ein häufig verwendetes Verfahren, um bei der Datenverarbeitung diesem Problem zu begegnen, ist die Normalisierung beziehungsweise Standardisierung der Daten, sodass diese eine einheitliche Skalierung aufweisen (vgl. Downing et al. 2001: 10; GIZ 2014: 108). Auf dieser Basis können sie rechnerisch aggregiert werden. Je nach Aggregation – zum Beispiel über logische Verknüpfungen, Matrix-Ansätze oder einfaches Overlay – lassen sich beispielsweise auch ordinalskalierte Daten verwenden; dann sind jedoch keine rechnerischen Skaleninterpretationen möglich.

Die Ergebnisse werden zudem davon bestimmt, ob bei der Aggregation der Daten eine Gewichtung von Faktoren vorgenommen wird. Gewichtungen erfordern eine Begründung über Fachnormen, Schutzziele oder über eine andere Form der (normativen) Ableitung. Da es in der Regel keine Fachnormen oder Schutzziele für Vulnerabilitätsbewertungen gibt, lässt sich eine Gewichtung zumeist nur über eine politisch-normative Einordung belastbar vornehmen (BBSR 2020: 76). Dies gilt auch für die Interpretation und Bewertung der Daten (ebd.). Um zumindest einen relativen Maßstab anlegen und somit räumliche Einheiten untereinander vergleichen zu können, empfiehlt sich das Arbeiten mit Normalisierungen, Standardisierung, Standardabweichungen oder die Ordnung der Werte in Quintile beziehungsweise Dezile (vgl. Amonn et al. 2011: 29; Dohnke 2012: 156). Einschränkend gilt, dass „durch die Verwendung von Abweichungen und Dezilen als rein relationale Schwellenwerte eine potentielle Blindheit gegenüber existierenden Problemniveaus oder negativen Entwicklungsdynamiken entstehen“ kann (Dohnke 2012: 159).

Die unterschiedlichen Verfahren der Datenverarbeitung, -skalierung und -aggregation besitzen jeweils Vor- und Nachteile. Es gibt in der Literatur zahlreiche Hinweise, welchen Kriterien die Analyse- und Bewertungsverfahren bei Vulnerabilitäts- und Risikoanalysen genügen sollten (vgl. u. a. Fürst/Scholles 2008; BMVBS 2011; Birkmann 2013b; GIZ 2014; UBA 2017a; Greiving 2019a). GREIVING betont, dass eine nochmalige Durchführung von Analyse und Bewertung durch Dritte zu den gleichen Ergebnissen führen muss – im Sinne der Intersubjektivität und Reliabilität der gewählten Methode (Greiving 2019a: 65). Zudem müssen die Analyse- und Bewertungsverfahren aus fachlicher Sicht geeignet sein, neue wissenschaftliche Erkenntnisse einbeziehen und „die beste verfügbare Wissensgrundlage“ zu nutzen, nicht zuletzt, um im Rahmen der planerischen Abwägung valide (und gerichtsfeste) Entscheidungen treffen zu können (ebd.: 72). Wichtig ist, bei der Datenverwendung und -auswertung auf eine transparente Darlegung und Dokumentation des methodischen Vorgehens der Datengenerierung zu achten, um die Nachvollziehbarkeit der Analyseschritte zu gewährleisten. Dies ist deshalb so entscheidend, da „eine Vulnerabilitätsanalyse immer im Kontext der vorhandenen Erfahrungen und des aktuellen Wissens entsteht“ und ein einzelnes Ereignis dazu führen kann, dass sich diese Bewertungsmuster ändern (UBA 2017a: 12).

Städtische Vulnerabilitätsprofile und ortsbezogene Vulnerabilitätsmuster

Vulnerabilitätsanalysen münden in (gefahrenspezifische) städtische Vulnerabilitätsprofile für den jeweiligen Bezugsraum (Gesamtstadt, Stadtteil oder Quartier). Diese zeigen die gegenwärtige Ausprägung von Vulnerabilität unabhängig von einer tatsächlichen Gefährdung und somit einer konkreten Expositionssituation. Wird die Gefährdungssituation mitbetrachtet, rücken in den exponierten Lagen die ortsbezogenen Vulnerabilitätsmuster („place-based vulnerability“ nach CUTTER) in den Fokus. Sie dienen als Grundlage für eine Verknüpfung von Vulnerabilität und Gefährdung zum Risiko. Über Risiko-(Hotspot-)Karten lassen sich prioritäre Interventionsbereiche für die räumliche Planung identifizieren und kommunizieren.

Einen wesentlichen Aspekt stellt die adressatengerechte Ausgestaltung und Kommunikation der Ergebnisse dar (UBA 2017a: 12). Entscheidend ist es, die Daten und Ergebnisse so aufzubereiten, dass sich diese für die avisierte Verwendung in den Planungsprozessen eignen und möglichst zugänglich für eine Interpretation durch Prozessbeteiligte sind. Grundsätzlich gilt: „Je komplexer zusammengesetzte Indikatoren sind, desto mehr besteht die Gefahr, dass der bei der Aggregation eintretende Informationsverlust zu Nivellierungen und Informationsverlusten führt, so dass die Nachvollziehbarkeit der Verknüpfungen und die Verständlichkeit des Endergebnisses nicht mehr gewährleistet sind (Black-Box-Effekt)“ (BMVBS 2011: 57). Für Planverfahren kann es sinnvoll sein, aggregierte Multi-Risikobetrachtungen durchzuführen oder auch diese für die jeweilige Gefahrenart getrennt zu führen. Letzteres hat den Vorteil, dass räumliche Vulnerabilitäts- und Risikoprofile für einzelne Gefahrenarten gut kommuniziert werden können, zumal diese im Planungsprozess meist auf sehr unterschiedliche strategische Planungsansätze und Maßnahmen verweisen.

8. Anschlussfähigkeit an das System der räumlichen Planung

8.1 Das Mehrebenensystem der räumlichen Planung

In den folgenden Kapiteln wird nachvollzogen, welche Möglichkeiten sich insbesondere bei Planungen in städtischen Räumen für die Anwendung des Vulnerabilitätskonzepts und damit für eine stärkere Berücksichtigung der Verwundbarkeit von Individuen und sozialen Systemen ergeben.

Planungssysteme lassen sich grundsätzlich über Planungsebenen, die sich in der Regel an administrativen Hierarchien orientieren, gesetzliche Grundlagen und Planungsinstrumente beschreiben; sie setzen im jeweiligen nationalen Kontext den Rahmen für planerisches Handeln (Pallagst 2018: 1769). Es handelt sich um komplexe Systeme, die vielfältige Optionen bereithalten, um Innovationen zu integrieren. Dennoch lässt sich am Beispiel der Risikovorsorge feststellen, dass es oftmals Jahre oder Jahrzehnte dauert, bis sich wissenschaftliche und planungspolitische Diskurse und Erkenntnisse in der Planungspraxis niederschlagen (vgl. Kap. 9.3).

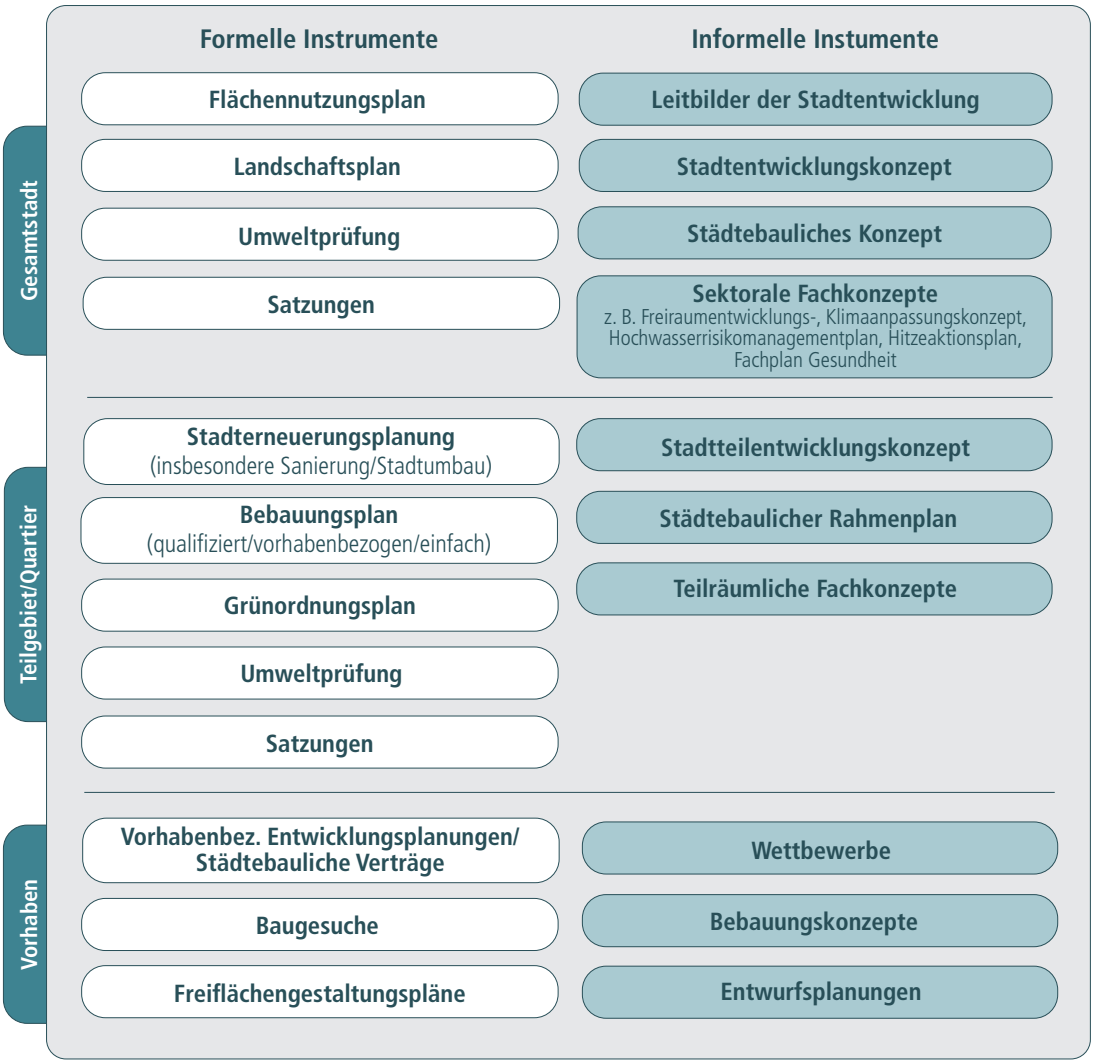
In Deutschland hat sich ein System der räumlichen Planung konsolidiert, in dessen Kern ein Mehrebenensystem der räumlichen Gesamtplanung steht (Danielzyk/Münter 2018; vgl. Abb. 24). Auf Ebene der Bundesländer wird die Raumordnung in der Regel über die Landes- und Regionalplanung etabliert. Die gesetzlichen Grundlagen bilden das Raumordnungsgesetz (ROG) und die Landesplanungsgesetze. Auf der kommunalen Ebene fußt die räumliche Gesamtplanung in Form der Bauleitplanung auf dem Baugesetzbuch (BauGB). Neben der räumlichen Gesamtplanung, welche die unterschiedlichen und teilweise konkurrierenden Nutzungsansprüche an den Raum im besten Falle im Sinne gesamträumlicher Leitvorstellungen gestaltend koordiniert, spielen raumbedeutsame Fachplanungen eine wichtige Rolle.

Die Ebenen funktionieren im Miteinander zum einen über das Subsidiaritätsprinzip, zum anderen über das Gegenstromprinzip, das eine Mitwirkung der unteren Ebenen an der Gesamtplanung der oberen Ebenen ebenso vorsieht wie eine Anpassungspflicht der jeweils folgenden Ebene (ebd.). Letzteres entfaltet eine besondere Wirkung bei der Implementierung von Planungsinnovationen: Wie in Kapitel 2.2 bereits erwähnt, hat die Ebene der Bundesraumordnung über den 2021 in Kraft getretenen Länderübergreifenden Raumordnungsplan für den Hochwasserschutz (BRPH) ihren Koordinationsanspruch zum Ausdruck gebracht und in diesem Zuge erstmals einen risikobasierten Ansatz für die räumliche Planung normiert. Zudem werden Weichen für ein integriertes Risikomanagement in der Raumplanung gestellt. Bereits in der Präambel zur Verordnung wird auf den innovativen Ansatz des raumordnerischen Planungskonzepts und explizit auf die erforderliche „Berücksichtigung differenzierter Aspekte (Empfindlichkeiten, Schutzwürdigkeiten)“ hingewiesen (Verordnung über die Raumordnung im Bund für einen länderübergreifenden Hochwasserschutz 2021). In der Begründung zu Ziel I.1.1 wird ausgeführt, dass „die Raumordnung nunmehr beim Hochwasserschutz eine Schutzgutperspektive ein[nimmt], die es ermöglicht, bestimmte Raumnutzungen und Raumfunktionen weitgehender zu schützen als andere“ (ebd.). Auch wenn die Vulnerabilität der Bevölkerung lediglich mittelbar in der Begründung zu Ziel II.2.3 des BRPH Erwähnung findet – und zwar in dem Sinne, dass Ausfälle kritischer Infrastrukturen und eintretende Kaskadeneffekte „ggfs. für die Vulnerabilität der Bevölkerung, der öffentlichen Sicherheit und Ordnung sowie der Wirtschaft eine größere Rolle spielen als die Magnitude des Hochwassers selbst“ (ebd.) – verweist der risikobasierte Ansatz bereits auf eine notwendige Integration des Vulnerabilitätskonzepts in die räumliche Planung.

Der BRPH setzt damit neue Maßstäbe für eine „risikoinformierte“ Planung (BMI 2022: 33) und entfaltet unmittelbare Wirkung für alle weiteren Planungsebenen. Es bleibt abzuwarten, wie sich die Umsetzung auf den weiteren Planungsebenen gestaltet und inwieweit sich diese neue Perspektive auf andere raumrelevante Handlungsfelder in der Raumplanung auswirkt. Der aktuelle Stand der Diskussionen zur räumlichen Risikovorsorge wird in Kapitel 9.3 nochmals vertieft betrachtet.

Der Fokus dieser Arbeit liegt auf der Stadtplanung – mit Blick auf den BRPH sozusagen am „anderen Ende“ der Planungskaskade. Auch auf dieser Ebene werden Risiko- und Vulnerabilitätskonzepte längst erprobt (vgl. Kap. 4.3), zumal die Stadtplanung im Rahmen ihres Auftrags, die räumliche Entwicklung auf kommunaler Ebene zu steuern, nicht nur die gebaute Umwelt, sondern auch die sozialen, ökologischen und ökonomischen Dimensionen von Stadt in den Blick nimmt (Pahl-Weber/Schwartze 2018: 2510). Sie ist „eine im Kern öffentliche Aufgabe mit ausgeprägter Gemeinwohlorientierung […], die an der Schnittstelle zwischen Fachdisziplin und Politik angesiedelt ist“ (ebd.: 2511). Neben der Stadtplanung im engeren Sinne, die auf das Instrumentarium des BauGB zurückgreift, wird die Stadtentwicklungsplanung weiter gefasst – als „rahmensetzende und fachübergreifende Koordinierungsaufgabe und Entwicklung der Zielvorstellungen für den Gesamtbereich der gemeindlichen Entwicklungen“ (Baumgart/Rüdiger 2022: 81; vgl. Abb. 24). Seit Ende der

Abbildung 24: Das System der räumlichen Gesamtplanung in Deutschland
Quelle: eigene Darstellung nach Danielzyk/Münter 2018, Danielzyk/Sondermann 2018



1990er-Jahre erlebt die Stadtentwicklung einen starken Aufschwung (ebd.: 102 f.). In Kapitel 8.1.2 wird nachvollzogen, welche Schnittstellen sich bei den Instrumenten der Stadtplanung in Bezug auf eine Integration des Vulnerabilitätskonzepts ergeben.

Vorab allerdings wird auf zwei grundlegende Funktionsmechanismen der räumlichen Planung eingegangen, die gleichfalls Anknüpfungspunkte bieten: Nachfolgend wird die Bedeutung des Vorsorgeprinzips und der planerischen Abwägung beleuchtet, um den Mehrwert von Vulnerabilität aufzuzeigen.

8.1.1 Vorsorgeprinzip und planerische Abwägung

Die Bedeutung des Vorsorgeprinzips

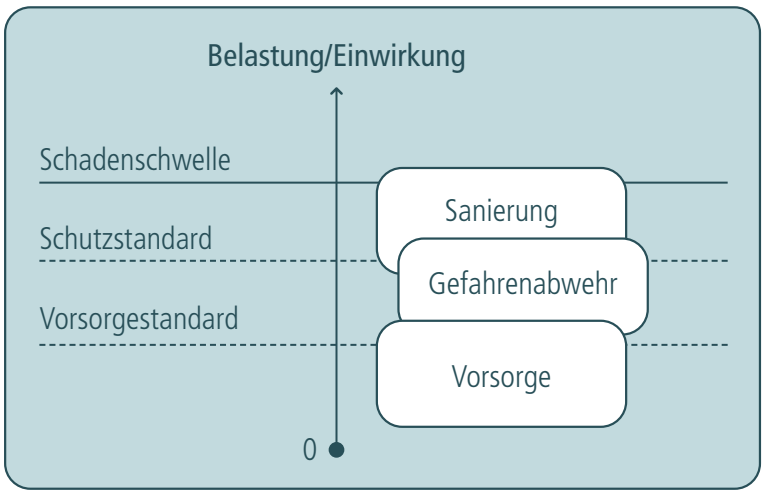
Das Vorsorgeprinzip ist ein zentraler Grundsatz der räumlichen Planung. Vorsorge bezeichnet „das Handlungsprinzip des Zuvorkommens", zur Vermeidung oder zumindest zur Eingrenzung von Schaden im Ereignisfall (Felgentreff et al. 2012: 58). Das Vorsorgeprinzip wird angesichts zunehmender Risiken und Vulnerabilitäten zum Schlüsselprinzip: „If a goal of sustainable development is to eliminate risks to the most vulnerable, then this suggests that application of the precautionary principle should be central to decision processes" (Adger 2006: 276).

In § 1 Absatz 1 ROG wird formuliert, dass die Raumordnung die Aufgabe hat, unterschiedliche Anforderungen an den Raum aufeinander abzustimmen, Konflikte auszugleichen sowie Vorsorge für einzelne Nutzungen und Funktionen des Raums zu treffen. § 1 Absatz 5 BauGB besagt, dass Bauleitpläne einer nachhaltigen städtebaulichen Entwicklung dienen, welche die sozialen, wirtschaftlichen und umweltschützenden Anforderungen, auch in Verantwortung gegenüber künftigen Generationen, miteinander in Einklang bringt, und diese insofern Vorsorge für künftige Generationen treffen sollen. Vor allem die Leitvorstellung einer nachhaltigen Entwicklung, die Eingang in das ROG und das BauGB gefunden hat (vgl. Kap. 9.1), trägt dem Vorsorgegedanken Rechnung.

Räumliche Planung umfasst die Gestaltung des (zukünftigen) Raums, seiner Nutzungen, Funktionen und Qualitäten. Die räumliche Entwicklung erfolgt dabei nicht linear, sondern oft genug unvorhersehbar – in vielerlei Hinsicht. Der Umgang mit Prognosen und Unsicherheiten ist eine Kernaufgabe räumlicher Planung, wenn auch eine schwierige, vor allem vor dem Hintergrund einer zunehmenden Komplexität von Risiken. Grundsätzlich gilt, dass in der Anwendung der Instrumente des ROG beziehungsweise BauGB der plangebenden Institution eine Einschätzungsprärogative zugestanden wird. Das bedeutet, dass Planaussagen unter Unsicherheit im Sinne des Vorsorgeprinzips auch dann getroffen werden können, „wenn zu den ermittelten und bewerteten generellen Besorgnispotentialen oder potentiellen Gefahren in Bezug auf die jeweiligen Schutzgüter in Verbindung mit dem Erkenntnisstand über den Wahrscheinlichkeitsgrad des Eintritts eines Ereignisses oder Schadens keine ausreichenden oder unklare Beweise vorliegen oder wenn die Ermittlungen und Bewertungen keine eindeutigen Schlussfolgerungen zulassen" (BMVI 2017b: 29). Die Einschätzungsprärogative wird gewährt, „wenn und soweit normkonkretisierende Maßstäbe wie Durchführungsverordnungen und Verwaltungsvorschriften nicht vorhanden sind sowie wenn und soweit (noch) kein allgemein anerkannter Stand der Wissenschaft vorliegt" (ebd.). Die Einschätzungen und Bewertungen, die den Planaussagen zugrunde liegen, können dann unter ausschließlich wissenschaftlichen Kriterien erfolgen (ebd.). Dabei sind bestimmte Voraussetzungen zu erfüllen, um Rechtssicherheit herstellen zu können:

1. Es ist die beste verfügbare Wissensgrundlage heranzuziehen,
2. es dürfen keine fachlich unzulänglichen oder ungeeigneten Bewertungsverfahren verwendet werden,

Abbildung 25: Gefahrenabwehr und Vorsorge
Quelle: Kühling 2014b: 27; grafische Darstellung angepasst



3. die Bewertung der Belange muss fachlich vertretbar und widerspruchsfrei sein, und
4. im Falle einer Planfortschreibung sind – sofern dann vorliegend – aktuelle wissenschaftlich eindeutige Erkenntnisse anzuwenden (ebd.).

Die Einordnung räumlicher Risiken als generelles Besorgnispotenzial erleichtert es, das Vorsorgeprinzip im Kontext der räumlichen Planung auszuüben.

Ein weiteres wichtiges Instrument sind die Umweltprüfungen, die nach § 3 UVPG einer wirksamen Umweltvorsorge nach Maßgabe der geltenden Gesetze dienen. Dabei kann sich die Vorsorge nicht in einer alleinigen Anwendung gesetzlicher Gefahrenabwehrstandards erschöpfen. Vielmehr gilt nach einem Urteil des Bundesverwaltungsgerichts von 1985, dass auch Schadenspotenziale, die sich aus einem Gefahrenverdacht oder Besorgnispotenzial ergeben, einbezogen werden müssen (Kühling 2014b: 26). Vorsorge zielt demnach nicht nur darauf ab, den „Sicherheitsabstand“ zur Schadensschwelle gegenüber einer reinen Gefahrenabwehr zu vergrößern, sondern auch darauf, Belastungen aktiv zu minimieren (vgl. Abb. 25). Zudem stellt KÜHLING die berechtigte Frage, worin der Sinn von Umweltprüfungen liege, wenn nicht in der Herleitung eigener Bewertungsmaßstäbe, da die Einhaltung gesetzlich normierter Grenzwerte selbstverständlich sei (Kühling 2014c: 29 f.). Es sei davon auszugehen, dass fachgesetzliche Grenzwerte „nicht primär vorsorgeorientiert aufgestellt wurden“ und die Bewertungsmaßstäbe der Fachgesetze oftmals sehr unbestimmt blieben (ebd.: 30).

Hinzu kommt, dass in der Regel ein Zusammenwirken unterschiedlichster Gefahren oder beeinträchtigender Vorhaben vorliegt, sodass auch kumulative Wirkungen zu berücksichtigen sind. Darauf nimmt unter anderem § 10 UVPG Bezug. Mehrfachbelastungen stellen aus der Vorsorgeperspektive eine besondere Herausforderung dar, da sich komplexe Kausalzusammenhänge zumeist einer methodischen Erfassung ebenso entziehen wie einer belastbaren Bewertung. Dennoch prägen sie die Realitäten in den Städten: Hier finden sich vielfach multiple Gefährdungssituationen, oftmals in Quartieren mit sozial benachteiligten Bevölkerungsgruppen (Baumgart/Rüdiger 2022: 65). Gerade für Mehrfachbelastungen ist es entscheidend, den planerischen Ermessens- und Abwägungsspielraum zu nutzen. Raumordnung und Bauleitplanung kommt hierbei eine besondere Rolle zu, da vorsorgeorientierte Wertmaßstäbe in der Regel „ohne Weiteres im Rahmen von gesamträumlichen Planungsprozessen und Planfeststellungsverfahren herangezogen werden [können], da der verfahrensführenden Behörde aufgrund der komplexen Aufgabenstellung ein umfassendes Abwägungs- oder Versagungsermessen zukommt“ (Hartlik 2014: 32). Das bedeutet auch, dass „aufgrund des gemeindlichen Planungsermessens ein eigenes Schutzniveau der Kommune in Form der Selbstbindung (z. B. über Instrumente der informellen Planung) definiert werden kann“, um unter anderem gesundheitliche Belange im Rahmen der Abwägung zu stärken (Kühling/Kawe 2018: 274). Vorsorge geht über den Schutz vor Gefahren hinaus (ebd.: 278). Den plangebenden Institutionen kommt hier eine besondere Verantwortung zu, den oftmals großen Abwägungsspielraum in Ermessensentscheidungen zu nutzen (ebd.), um die vielfältigen Gefahren wie auch die Gesundheitsbelange, vor allem vulnerabler Gruppen, besser zu berücksichtigen.

Die planerische Abwägung als zentraler Mechanismus

Ein zentrales Prinzip der räumlichen Planung stellt die Abwägung dar, die als Abwägungsklausel in § 7 Absatz 2 ROG und § 1 Absatz 7 BauGB normiert ist. Die Abwägung schafft ein Gegengewicht zur planerischen Gestaltungsfreiheit, da hierüber private und öffentliche Belange, sofern für den betreffenden planerischen Kontext von Relevanz, gegeneinander und untereinander abzuwägen sind: „Das Abwägungsgebot hat nun die Aufgabe, die planerische Gestaltungsfreiheit im Interesse insgesamt ausgewogener und damit rechtsstaatlich verhältnismäßiger Konfliktlösungen zu begrenzen“ (Schoen 2018: 21). Der „innere“ Prozess der Abwägung strukturiert die Entscheidungsfindung; schlussendlich ist Planung stets das Ergebnis einer Abwägung unterschiedlichster Belange (ebd.: 22). Differenziert wird dieses „innere“ Verfahren vom „äußeren“ Verfahren der (formellen) Beteiligung der Öffentlichkeit sowie der Träger öffentlicher Belange; gleichwohl sind beide Verfahren miteinander verschränkt (ebd.).

Als öffentliche Belange gelten die Interessen der Allgemeinheit, nicht abschließend aufgeführt in § 2 Absatz 2 ROG und § 1 Absatz 5 und 6 BauGB. Im BauGB werden explizit diejenigen Belange aufgerufen, die für die Gesundheit und das Wohlergehen des Menschen im Kontext der räumlichen Planung von hoher Relevanz sind, unter anderem gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse, umweltbezogene Auswirkungen von Planungen auf den Menschen und seine Gesundheit oder die Vermeidung von Emissionen. Über die Rechtsprechung wurde die im Gesetz weit gefasste Abwägungsklausel konkretisiert, insofern gilt es, „alle Belange in die Abwägung einzustellen, die nach Lage der Dinge in sie einzustellen sind“ (Schoen 2018: 23). Nicht alle Belange sind der planerischen Abwägung zugänglich: So können raumordnerische Ziele oder auch fachgesetzliche Sachverhalte, zum Beispiel im Zusammenhang mit Natur- oder Hochwasserschutz, unüberwindbare Vorgaben darstellen. Viele Belange sind jedoch nicht als rechtlich bindende Vorgaben formuliert, sondern in einen komplexen Abwägungsprozess einzustellen.

Am Beispiel der BauGB-Klimanovelle lässt sich gut aufzeigen, dass Klimaschutz und Klimaanpassung als Belange in der planerischen Abwägung gestärkt worden sind und darüber zudem die Vulnerabilitätsperspektive eröffnet wird. Mitte 2011 ist das Gesetz zur Förderung des Klimaschutzes bei der Entwicklung in den Städten und Gemeinden in Kraft getreten, kurz Klimaschutznovelle. Eine zentrale Intention des Gesetzgebers war es, die Energiewende auch über den Rechtsrahmen des BauGB zu beschleunigen (Schlicht 2015: 127). Dies betrifft in erster Linie die Bauleitplanung, worin über eine Klimaschutzklausel und neue Möglichkeiten der Festsetzungen die Belange des Klimaschutzes gestärkt worden sind, aber auch das besondere Städtebaurecht (ebd.). Die Klimaschutzklausel in § 1 Absatz 5 Satz 2 BauGB führt die Unterscheidung zwischen Klimaschutz und Klimafolgenanpassung ein; die Regelung wird über § 1a Absatz 5 BauGB mit dem Umweltschutz und verfahrensrechtlich mit der Umweltprüfung in § 2 Absatz 4 BauGB verknüpft (ebd.: 128).

Die Klimaschutznovelle wertet Klimaschutz und Klimaanpassung zu zentralen Belangen im Rahmen des planerischen und politischen Abwägungsprozesses auf. Allerdings bedeutet dies auch, dass sich Planerinnen und Planer mit den Unsicherheiten von Klimawandel und Klimawandelfolgen explizit auseinandersetzen müssen. Dabei stellt die „Wissensgenerierung“ einen ersten wichtigen Schritt für die Entscheidungsfindung im Rahmen der Abwägung dar (ebd.: 129). Mit der Analyse der Klimawandelfolgen richtet sich der Blick zugleich auf die Vulnerabilität(en) von Schutzgütern: Die Ergebnisse sind in die planerische Abwägung einzustellen (Greiving et al. 2016: 86). Dies darf nicht pauschal erfolgen, sondern muss „unter Heranziehen des jeweils gebotenen empirischen Materials plausibel sein“ und transparent dargelegt werden: „Der Ermittlung der Tatsachenbasis und der Konsistenz der methodischen Herangehensweise kommt dabei große Bedeutung für die Rechtssicherheit der planerischen Abwägung zu, die sich auf diese Methodik stützt“ (ebd.: 93).

8.1.2 Instrumente auf Ebene der Stadtplanung

Die räumliche Planung auf der örtlichen sowie überörtlichen Ebene muss sich im Zuge vielfältiger Transformationsprozesse und wachsender Dynamik damit auseinandersetzen, welche planerischen Strategien und Maßnahmen bestehende und zukünftige Gefahren, Vulnerabilitäten und Risiken erfolgreich reduzieren können. Diese Anpassungs- und Lernprozesse – aktuell oftmals mit dem Begriff „Resilienz" subsummiert – müssen in ein komplexes Gefüge formalrechtlicher und informeller Instrumente und Verfahren eingebettet werden. Im Zusammenhang mit dem Klimawandel wird seit Längerem intensiv diskutiert und gefordert, dass die Stadtplanung ihre gesetzlichen Handlungsspielräume nutzt, um die planungsrechtlichen Voraussetzungen für die räumliche Klimafolgenanpassung zu schaffen (DStGB 2023: 6). Dies gilt im Wortsinn auch für die raumplanerische Risikovorsorge, die nicht nur klimawandelgetriebene Gefahren in den Blick nimmt.

Dass die Möglichkeiten der räumlichen Planung bislang nicht ausgeschöpft werden, um Gefahren, Vulnerabilitäten und Risiken angemessen zu adressieren, zeigen auch die Ergebnisse einer Online-Umfrage im Rahmen des ZURES-Projekts: Die Antwortenden konnten überwiegend keine Angaben bezüglich einer Integration von Klimaanpassungsaspekten – im Fokus stand hier die thermische Belastung – in die formellen und informellen Instrumente der Stadtplanung machen (Birkmann et al. 2022: 132). Die Antworten, die sich auf Instrumente beziehen, stellen gleichwohl die Bedeutung von Planungshinweiskarten (als Grundlage für alle Instrumente) sowie der formellen Bauleitplanung heraus. Auf vulnerable Gruppen wird bislang nur wenig Bezug genommen; wenn doch, dann kommt als häufigster Indikator das Alter der Bevölkerung zum Tragen, alle anderen Indikatoren hingegen nur in Einzelfällen (Birkmann et al. 2022: 127 ff.; vgl. Abb. 26).

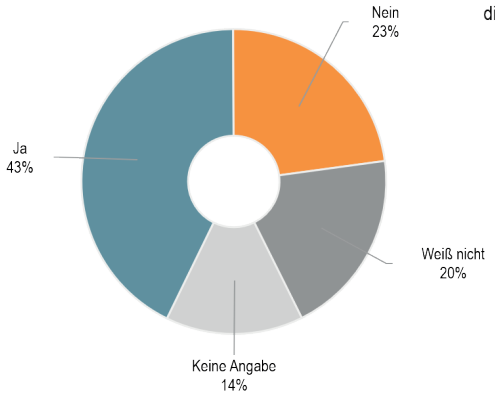
Nachfolgend wird aufgezeigt, dass sich aus den gesetzlichen Grundlagen gleichwohl eine Berücksichtigungspflicht von Vulnerabilität ableiten lässt und die formellen Instrumente der räumlichen Planung auf örtlicher Ebene zudem große Potenziale dafür besitzen, räumlich differenzierte Vulnerabilitätsmuster als Abwägungsbelang gewinnbringend in die Planverfahren einzustellen.

Bauleitplanung

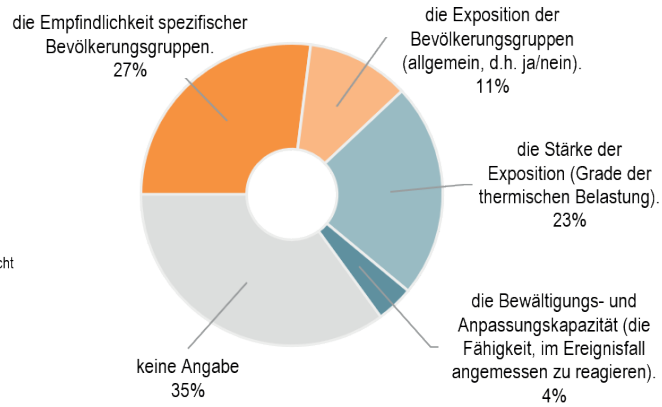
Im allgemeinen Städtebaurecht werden die zentralen formellen Instrumente der Stadtplanung eingeführt. § 1 BauGB regelt die Aufgaben und Grundsätze der Bauleitplanung: Demnach steu-

Abbildung 26: Online-Umfrage im Rahmen des BMBF-Projekts ZURES
Quelle: Birkmann et al. 2022: 127, 130

Werden bei der thermischer Belastung vulnerable Gruppen berücksichtigt? (n = 96)



Wird auf spezifische Aspekte der Vulnerabilität eingegangen? So bspw. bei der thermischen Belastung auf ... (n = 96)



ern die Bauleitpläne die bauliche und sonstige Nutzung der Grundstücke in der Gemeinde nach Maßgabe des BauGB und sind somit einer nachhaltigen städtebaulichen Entwicklung verpflichtet. Die Belange, die in die Abwägung eingestellt werden müssen, sind in § 1 Absatz 6 BauGB nicht abschließend gelistet. Wie oben bereits erwähnt spielen hierbei gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse und die Sicherheit der Wohn- und Arbeitsbevölkerung sowie die umweltbezogenen Auswirkungen der Planung auf den Menschen und seine Gesundheit eine zentrale Rolle. Diese Aspekte entfalten besonderes Gewicht bei der Berücksichtigung der räumlichen Verteilung vulnerabler Bevölkerungsgruppen.

Zu den Bauleitplänen zählen der Flächennutzungsplan als vorbereitender und der Bebauungsplan als verbindlicher Bauleitplan. Aufstellung und Genehmigung der Pläne erfolgen in einem rechtlich geregelten Verfahren, das nach § 3 BauGB eine Beteiligung der Öffentlichkeit vorsieht. Die Unterschiede zwischen der vorbereitenden und verbindlichen Bauleitplanung sind denkbar groß: Während der Flächennutzungsplan nach § 5 Absatz 1 BauGB die sich aus der beabsichtigten städtebaulichen Entwicklung ergebende Art der Bodennutzung für das gesamte Gemeindegebiet in den Grundzügen regelt, fokussieren Bebauungspläne in der Regel Teilbereiche des Gemeindegebiets und können hierbei gemäß § 9 BauGB ein durchaus umfangreiches, sehr kleinteilig anwendbares Portfolio an Festsetzungsmöglichkeiten enthalten. Flächennutzungspläne entfalten ihre Bindungswirkung lediglich behördenintern, Bebauungspläne auch gegenüber Dritten, beispielsweise gegenüber Grundstückseigentümerinnen und -eigentümern. Flächennutzungspläne sind an die Ziele der Raumordnung anzupassen, die Bebauungspläne wiederum aus dem Flächennutzungsplan zu entwickeln. Oftmals kehrt sich diese Logik aufgrund des Alters der gültigen Flächennutzungspläne um: Es wird zunächst auf konkreterer Ebene geplant und im Parallelverfahren nach § 8 Absatz 3 BauGB die Änderung des Flächennutzungsplans (nach-)vollzogen (Schmidt-Eichstaedt 2018: 150).

In § 5 BauGB werden die konkreten Inhalte des Flächennutzungsplans thematisiert, die sich unter anderem explizit auf Aspekte der Risikovorsorge, bislang insbesondere auf eine Reduktion von Gefahren und einer Vermeidung (neuer) Risiken, beziehen, wie

- Anlagen, Einrichtungen und sonstige Maßnahmen, die der Anpassung an den Klimawandel dienen,
- Flächen für Nutzungsbeschränkungen oder für Vorkehrungen zum Schutz gegen schädliche Umwelteinwirkungen im Sinne des Bundes-Immissionsschutzgesetzes,
- Flächen, die im Interesse des Hochwasserschutzes und der Regelung des Wasserabflusses freizuhalten sind und
- Flächen, bei deren Bebauung besondere bauliche Vorkehrungen gegen äußere Einwirkungen oder bei denen besondere bauliche Sicherungsmaßnahmen gegen Naturgewalten erforderlich sind.

Der Flächennutzungsplan stellt grundsätzlich die beabsichtigte städtebauliche Entwicklung dar und hat „als überfachliche Planung die Gestaltung der strukturellen Gesamtverhältnisse des Gemeindegebiets zum Gegenstand“ (Mitschang 2018: 688). Damit erfüllt er eine wichtige Steuerungs-, Entwicklungs- und Ordnungsfunktion für die Gemeinde. Allerdings variiert die Rolle des Instruments in Abhängigkeit der politischen Bedeutung, die ihm zugewiesen wird, erheblich (ebd.). Gerade im Bereich der Umweltvorsorge könnte der Flächennutzungsplan als überfachliche Gesamtplanung eine entscheidende Rolle bei der Integration unterschiedlichster Belange und (fach-)gesetzlicher Regelungen spielen (ebd.: 689). Dies ließe sich gleichermaßen auf die Belange der räumlichen Risikovorsorge übertragen, zumal sich hierzu unter anderem die Umweltprüfung als geeignetes Trägerverfahren anbietet (BBSR 2020: 55).

Die Inhalte eines Bebauungsplans sind über § 9 BauGB geregelt. Sie betreffen eine Vielfalt an Festsetzungsmöglichkeiten. Diese beziehen sich im Kern auf Art und Maß der baulichen Nutzung,

daneben aber auch explizit auf Festsetzungen, die – vergleichbar zum Flächennutzungsplan – mit der Risikovorsorge verknüpft werden können. Für die Wohnbebauung ist das Verhältnis zum Immissionsschutzgesetz relevant, da sich dessen Regelwerke – unter anderem die Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm) – mit ihren Orientierungs-, Richt- und Grenzwerten auf die Gebietstypen der Baunutzungsverordnung (BauNVO) bezieht (Schmidt-Eichstaedt 2018: 152). Gleichwohl ist festzuhalten, dass die Entwicklung der Siedlungsbestände vielfach nicht über Bebauungspläne, sondern kleinteilig auf Basis des § 34 BauGB erfolgt. Demnach sind Vorhaben im Siedlungskontext zulässig, wenn diese sich nach Art und Maß der baulichen Nutzung und der Bauweise in die Eigenart der Umgebung einfügen. Allerdings wird nach § 34 Absatz 1 BauGB zugleich klargestellt, dass die Anforderungen an gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse gewahrt bleiben müssen. Sofern Gefahrenbereiche identifiziert wurden, „sollte in Bereichen, in denen auch nach Umsetzung von Maßnahmen noch hohe Gefahren zu erwarten sind, das bestehendes Baurecht kritisch überprüft werden“ (DStGB 2023: 16). Dies betrifft sowohl bislang unbeplante Gebiete mit Baurecht nach § 34 BauGB als auch Gebiete, für die bereits ein Bebauungsplan aufgestellt worden ist (ebd.). Für den unbeplanten Innenbereich (nach § 34 BauGB) kann die Aufstellung eines Bebauungsplans (nach § 30 BauGB) auf den Weg gebracht werden, „um die Gefährdungslagen durch bauplanungsrechtliche Festsetzungen im Bebauungsplan sachgerecht lösen zu können“ (ebd.).

Die Schwerpunktaufgaben der Bauleitplanung verschieben sich „in Richtung Bestandsentwicklung, Stadtumbau und teilweisen Rückbau von Siedlungsflächen“ (Wernig et al. 2011: 90). Auch wenn diese Erkenntnis in den vergangenen Jahren Raum greift, bleibt die Bauleitplanung bislang auf die Bauflächenentwicklung ausgerichtet. Dabei könnte eine Neuorientierung Chancen zur Bewältigung räumlicher Risiken durch eine gezielte Reduktion von Vulnerabilitäten beitragen.

Das besondere Städtebaurecht

Das besondere Städtebaurecht bezieht sich explizit auf Sanierung, Umbau und Erneuerung bestehender Siedlungs- und Infrastrukturen. Hierzu zählen **städtebauliche Sanierungsmaßnahmen**, durch die gemäß § 136 Absatz 2 BauGB „ein Gebiet zur Behebung städtebaulicher Missstände wesentlich verbessert oder umgestaltet wird“. Im Vordergrund steht, „komplexe städtebauliche Probleme zu lösen, wenn in einem Gebiet ein qualifizierter städtebaulicher Handlungsbedarf besteht, der aus Gründen des öffentlichen Interesses ein planmäßiges und aufeinander abgestimmtes Vorgehen erfordert“ (Krautzberger 2018: 198). Städtebauliche Sanierungsmaßnahmen sollen gemäß § 136 Absatz 4 BauGB unter anderem dazu dienen, die bauliche Struktur den allgemeinen Anforderungen an den Klimaschutz und die Klimaanpassung entsprechend zu entwickeln sowie zu gesunden Lebens- und Arbeitsbedingungen der Bevölkerung beizutragen. Gemäß § 141 Absatz 1 BauGB sind vor der förmlichen Festlegung des Sanierungsgebiets vorbereitende Untersuchungen durchzuführen. Diese schaffen die Bewertungsgrundlagen, anhand derer die städtebaulichen Missstände und die Durchführbarkeit der Sanierung eingeschätzt sowie Gebietsumgriff und Ziele der Sanierung bestimmt werden können. Über eine Sanierungssatzung wird gemäß § 142 BauGB das Sanierungsgebiet förmlich festgelegt. Über eine Reihe sanierungsrechtlicher Vorschriften, unter anderem zur Durchführung (städtebaulicher) Vorhaben oder zum Umgang mit Bodenwertsteigerungen, können die Verfahren durch die Gemeinde gesteuert werden (ebd.: 200).

Auch die **Stadtumbaumaßnahmen** zählen zum stadtplanerischen Handlungsfeld der Bestandsentwicklung (Nelle 2018: 2538). Gemäß § 171a Absatz 2 BauGB werden Stadtumbaumaßnahmen vorgenommen, um „in von erheblichen städtebaulichen Funktionsverlusten betroffenen Gebieten“ nachhaltige städtebauliche Strukturen (wieder-)herzustellen. Gründe hierfür ergeben sich aus einem dauerhaften „Überangebot an baulichen Anlagen“ oder auch, „wenn die allgemeinen Anforderungen an den Klimaschutz und die Klimaanpassung nicht erfüllt werden“ (ebd.: 2540). Im Gegensatz zur eher „behutsamen“ Stadterneuerung ist ein Stadtumbau oftmals ein weitreichender, „radikaler“ Eingriff in die vorhandene Stadtstruktur (ebd.: 2539).

Zwischen 2002 und 2019 unterstützten Bund und Länder diese komplexen Vorhaben der Bestandsentwicklung durch das Städtebauförderungsprogramm „Stadtumbau“, wobei 2017 die Programme Stadtumbau Ost und West zusammengeführt wurden (BMWSB 2021a). Standen zunächst die Bewältigung von Schrumpfungsprozessen und Funktionsverlusten im Vordergrund, gewannen „Umweltaspekte wie Klimaschutz und Klimafolgenanpassung in den Handlungsfeldern Gebäude, Freiraum und Infrastruktur“ immer mehr an Bedeutung (ebd.). Eine Untersuchung von Stadtumbaumaßnahmen aus dem Jahr 2016 zeigt jedoch, dass, wenngleich die Belange von Klimaschutz und Klimaanpassung im Stadtumbau über die Klimaschutznovelle von 2011 deutlich gestärkt worden sind, deren Integration in die Konzepte zum Stadtumbau „noch nicht sehr ausgeprägt“ ist (BBSR 2016: 58). Maßnahmen des Klimaschutzes und insbesondere der Klimaanpassung besitzen eine eher nachgeordnete Bedeutung im Vergleich zu den klassischen städtebaulichen Maßnahmen (ebd.: 60). Um vor allem dem Erfordernis der Anpassung angemessen Rechnung tragen zu können, sollte zukünftig die „Sensitivität von Stadtumbaugebieten“ gegenüber Klimawandelfolgen differenziert betrachtet werden (ebd.: 14). 2020 wurde die Städtebauförderung umstrukturiert: Das neue Programm „Wachstum und nachhaltige Erneuerung – Lebenswerte Quartiere gestalten“ legt einen neuen Schwerpunkt auf umweltbezogene und ökologische Aspekte und hier insbesondere auf die Anpassung an die Folgen des Klimawandels (BMWSB 2021b).

Die Grundlage für den Beschluss eines Stadtumbaugebiets stellt nach § 171b Absatz 2 BauGB ein städtebauliches Entwicklungskonzept dar. Diese sind zugleich Voraussetzung für die Inanspruchnahme der Städtebauförderung, was zu einer Wiederbelebung der Stadtentwicklungsplanung und damit von integrierten, strategischen Planungsansätzen führte, die seit den 1980er-Jahren an Bedeutung verloren hatten (Nelle 2018: 2541). Städtebauliche Entwicklungskonzepte eröffnen die Möglichkeit, die teilweise tiefgreifende Restrukturierung kompletter Quartiere in die Entwicklung der Gesamtstadt einzubetten und die vielfältigen öffentlichen und privaten Belange in der Bestandsentwicklung zu koordinieren. In erster Linie geht es dabei um eine „Qualitätsoffensive“ zur Aufwertung der Stadträume und deren Anpassung an neue Anforderungen (ebd.: 2546). Dazu zählen zukünftig verstärkt Aspekte der Risikovorsorge und Klimaanpassung (BMI 2021: 13).

§ 171e Absatz 2 BauGB bezieht sich auf städtebauliche **Maßnahmen der Sozialen Stadt**, worunter „Maßnahmen zur Stabilisierung und Aufwertung von durch soziale Missstände benachteiligten Ortsteilen oder anderen Teilen des Gemeindegebiets, in denen ein besonderer Entwicklungsbedarf besteht“, gefasst werden. Dabei werden die sozialen Missstände weniger aus städtebaulicher Perspektive, sondern verstärkt aus der Perspektive der Nachbarschaften formuliert. Das bedeutet, dass „ein Gebiet auf Grund der Zusammensetzung und wirtschaftlichen Situation der darin lebenden und arbeitenden Menschen erheblich benachteiligt ist“. Grundlage zur Festlegung der Gebietskulisse bildet auch hier gemäß § 171e Absatz 4 BauGB ein Entwicklungskonzept, das in besonderem Maße auf die Beteiligung der Betroffenen auszurichten ist.

1999 startete das Städtebauförderungsprogramm „Soziale Stadt“, das insbesondere der „Stabilisierung und Aufwertung städtebaulich, wirtschaftlich und sozial benachteiligter und strukturschwacher Stadt- und Ortsteile“ diente (BMWSB 2021c). Das Programm gilt als erster bundesweiter Ansatz zu einer Stadtpolitik, „der nicht ausschließlich auf Investitionen setzt, sondern soziale Probleme als solche anerkennt und als politische Antwort darauf auch nicht-investive Maßnahmen vorsieht“ (Häußermann/Walther 2018: 2198). Ziel war, der zunehmenden Segregation und Polarisierung der Städte entgegenzuwirken, insbesondere in Zeiten, in denen die Steuerungsmöglichkeiten der öffentlichen Hand, beispielsweise über den sozialen Wohnungsbau, rapide abnahmen (ebd.: 2201). Im Jahr 2020 wurde es durch das Programm „Sozialer Zusammenhalt“ abgelöst (BMWSB 2021d). Zu den Handlungsfeldern zählen explizit die Verbesserung der Wohn- und Lebensverhältnisse, unter anderem auch durch Aufwertung und Anpassung des Wohnumfelds und des öffentlichen Raums, die Verbesserung von Angeboten für Gesundheit und Sport sowie Maßnahmen zur Verbesserung der Umweltgerechtigkeit (ebd.).

Es wird deutlich, dass gerade das besondere Städtebaurecht eine entscheidende Rolle bei der Bewältigung von Missständen und Strukturschwächen im Siedlungsbestand spielen kann, wozu unter anderem besondere Gefahren- oder kumulierte soziale Problemlagen zählen. Auch für die gesundheitsfördernde Stadtentwicklung gelten die Festlegung von Sanierungsgebieten oder Maßnahmen der Sozialen Stadt als das „schärfste rechtliche Schwert" (Köck/Fischer 2018: 163). Insofern kann die Erfassung städtischer Vulnerabilitätsmuster in der zukünftigen Ausgestaltung der Städtebauförderung dazu dienen, Quartiere zu priorisieren und Maßnahmen zu begründen.

Umweltprüfungen

Die gesetzlichen Regelungen zur Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) und zur strategischen Umweltprüfung (SUP) fußen auf Richtlinien der Europäischen Union. Das Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) wurde 1990 erlassen und nachfolgend mehrfach angepasst. Während die UVP vorhabenbezogen die Umweltauswirkungen prüft, dient die SUP dazu, die Umweltauswirkungen von Plänen und Programmen nachzuvollziehen. Beide Prüfungen sind unselbständige Teile verwaltungsbehördlicher Zulassungsverfahren beziehungsweise von Verfahren zur Aufstellung oder Änderung von Plänen und Programmen.

Umweltprüfungen sind ein Instrument der Umweltvorsorge und umfassen gemäß § 3 UVPG „die Ermittlung, Beschreibung und Bewertung der erheblichen Auswirkungen eines Vorhabens oder eines Plans oder Programms auf die Schutzgüter". Die Umweltprüfungen nehmen damit nicht nur die klassischen abiotischen und biotischen Naturgüter in den Blick, sondern auch den Menschen und seine Gesundheit, das kulturelle Erbe und sonstige (schutzwürdige) Sachgüter sowie die Wechselwirkungen zwischen den unterschiedlichen Schutzgütern: „Mit der Einführung der Umweltprüfung wurde auch erstmals ein Instrument geschaffen, das die verschiedenen Anforderungen aus dem segmentierten Umweltrecht in Deutschland in einem Prüfverfahren zusammenführt, d. h. integrativ ist" (Wende 2018: 2712). Die Ergebnisse der Prüfung sind im Rahmen der Abwägung zu berücksichtigen. Sie besitzen zwar „keine strikten Rechtsfolgen", wie beispielsweise die Eingriffsregelung im Naturschutzrecht, entfalten jedoch bereits durch die Generierung von Informationen und Erkenntnissen zu (möglichen) Auswirkungen auf die Schutzgüter eine nicht zu unterschätzende Wirkung (ebd.).

Die Pflicht zur Umweltprüfung wurde für Raumordnungspläne in § 8 ROG und für Bauleitpläne in § 2 Absatz 4 BauGB integriert. Die Herausforderung besteht im Vergleich zu konkreten Vorhaben darin, vergleichsweise abstrakte Planinhalte einer angemessenen Umweltprüfung zu unterziehen und darzulegen, welche (detaillierten) Umweltauswirkungen im Rahmen der Abschichtung auf nachgeordnete Planungsebenen verlagert werden (können) (ebd.: 2718 f.). Hinzu kommt, dass es gerade bei komplexen Planwerken auch darum geht, kumulative Effekte zu ermitteln.

Für die Analyse von Risiken (und somit von Gefährdungen und Vulnerabilitäten) wird die Umweltprüfung als ein geeignetes Trägerverfahren eingeschätzt, „wenngleich diese in der Praxis bislang nicht hinreichend gewürdigt wird" (Greiving et al. 2016: 88). Die 2014 in Kraft getretene UVP-Änderungsrichtlinie (Richtlinie 2014/52/EU) wurde in Artikel 3 insofern ergänzt, als dass im Rahmen einer UVP berücksichtigt werden muss, welche Umweltauswirkungen von einem Projekt im Falle eines schweren Unfalls oder einer Katastrophe zu erwarten sind (ebd.: 89). „Damit wird die Durchführung einer Risikoabschätzung zur gesetzlichen Pflichtaufgabe innerhalb der Umweltprüfung, da diese aufgrund der sogenannten Integrationslösung sowohl den Anforderungen der UVP als auch der SUP-Richtlinie Genüge tun muss (Battis et al. 2015: 6)" (ebd.).

Für die Umweltprüfung im Rahmen des BauGB definiert die Anlage 1 zum BauGB die Inhalte des Umweltberichts: Dabei werden gemäß Nr. 2 a) eine Beschreibung und Bewertung des aktuel-

len Umweltzustands („Basisszenario“) sowie nach 2 b) eine Prognose über die Entwicklung des Umweltzustands bei Durchführung der Planung eingefordert. Besonders interessant ist, dass nach Nr. 2 b) ee) auch die Risiken für die menschliche Gesundheit, das kulturelle Erbe oder die Umwelt (z. B. durch Unfälle oder Katastrophen) Berücksichtigung finden müssen. Da sich das Risiko durch eine Verknüpfung von Gefahren beziehungsweise Gefährdungen und der Betroffenheit der exponierten Schutzgüter ergibt, lässt sich aus der Formulierung in Anlage 1 zum BauGB schlussfolgern, dass die Vulnerabilitätsperspektive – zumindest im Kontext der Umweltprüfung – Berücksichtigung in der Bauleitplanung finden muss (Greiving 2019b).

Die planerische Herausforderung besteht darin, für jedes Schutzgut, so auch für den Menschen und seine Gesundheit, plausible Schutzziele festzulegen, die es abzuprüfen gilt (Greiving et al. 2016: 88). Diese müssen sowohl das Ausmaß bestehender und erwartbarer Gefährdungen als auch die spezifische Empfindlichkeit und Schutzwürdigkeit der einzelnen Schutzgüter gegenüber unterschiedlichen Gefahrenarten berücksichtigen (ebd.). Mit direktem Bezug zum Schutzgut Mensch bietet die Umweltprüfung zudem „ein hohes Potenzial für die strategische Instrumentierung zur Stärkung der Gesundheitsbelange im Planungsprozess“, wenngleich es eine Herausforderung bleibt, „sie in diesem Sinne in der Praxis zu nutzen“ (Baumgart/Rüdiger 2022: 259). Allerdings sind in Bezug auf eine integrierte räumliche Risikovorsorge „noch erhebliche methodische und fachliche Lücken zu schließen, um zu operablen und allgemein akzeptierten Vorgehensweisen in der Umweltprüfung zu kommen“ (Wernig et al. 2011: 91).

Informelle Instrumente der Stadtentwicklung

Aufgrund der begrenzten Reichweite formeller Instrumente hat sich in den vergangenen Jahrzehnten eine Vielfalt an informellen Instrumenten und Verfahren in der Stadtplanung und Stadtentwicklung etabliert. Ausgangspunkt war laut DANIELZYK et al. unter anderem die „Kritik an klassischen Formen hierarchischer Planung, deren Inflexibilität, Umsetzungs- und Legitimationsdefiziten“ (Danielzyk et al. 2011: 475). Informelle Instrumente und Verfahren sind zwar nicht oder nur vage rechtlich normiert und nicht rechtsverbindlich, besitzen dafür jedoch eine hohe Flexibilität, um komplexen Planungsaufgaben mit innovativen Ansätzen besser gerecht werden zu können. Sie ergänzen die formalrechtlichen Instrumente vor allem dort, wo vielschichtige Sachverhalte analysiert und für Abwägungs- und Entscheidungsprozesse vorstrukturiert oder über kooperative beziehungsweise partizipative Verfahren mit weiteren Akteuren beziehungsweise der Zivilgesellschaft erörtert werden sollen.

Die Inhalte informeller Konzepte sind zunächst nicht rechtsverbindlich, allerdings kann über eine Integration von Inhalten in formelle Pläne oder über politische Selbstbindung, beispielsweise über einen Stadtratsbeschluss, Verbindlichkeit hergestellt beziehungsweise eine Berücksichtigung eingefordert werden. Teilweise ist die Berücksichtigung informeller Instrumente gesetzlich vorgeschrieben, beispielsweise die Aussagen städtebaulicher Entwicklungskonzepte im Rahmen der Bauleitplanung gemäß § 1 Absatz 6 BauGB (Danielzyk/Sondermann 2018: 964).

Der Kanon informeller Planungsverfahren und -instrumente wird weder gesetzlich noch in der Planungsliteratur einheitlich definiert und befindet sich in steter Weiterentwicklung. DANIELZYK und SONDERMANN differenzieren zwischen

- Informationsgrundlagen der Raumplanung, worunter Ansätze des Monitorings, der Raumbeobachtung und der Evaluierung oder auch Prognosen und Szenarien fallen,
- Leitbildern und Konzepten, die für unterschiedliche Bezugsräume (Region, Stadt, Quartier), aus integrativer Perspektive (z. B. Regionale oder Stadtentwicklungskonzepte) oder auch für spezifische Themen- beziehungsweise Aufgabenstellungen erstellt werden können, beispielsweise Verkehrs- oder Freiraumentwicklungskonzepte,
- kommunikativen und kooperativen Ansätzen, mit deren Hilfe die Suche nach guten

Lösungen und Aushandlungsprozesse in konfliktreichen Situationen strukturiert werden können und die möglichst auch diejenigen Bevölkerungsgruppen, die in formalen Verfahren kaum beteiligt sind, adressieren sowie
- Formate der Aktivierung zivilgesellschaftlicher, privatwirtschaftlicher und öffentlicher Institutionen und Organisationen, die mittlerweile eine kaum überschaubare Vielfalt erreicht haben – von Modellvorhaben bis hin zu Reallaboren (Danielzyk/Sondermann 2018: 965 f.).

Insbesondere die Integrierten Stadtentwicklungskonzepte (ISEKs) spielen eine wachsende Rolle bei der Bewältigung von Transformationsaufgaben im Siedlungsbestand, da sie eine gesetzlich verankerte Grundlage für die Instrumente des besonderen Städtebaurechts darstellen. Sie sind zugleich Voraussetzung für die Inanspruchnahme von Mitteln der Städtebauförderung – „der zentrale Beweggrund" für die Kommunen zur Erarbeitung oder Fortschreibung eines ISEKs (BBSR 2023: 58). ISEKs sind wichtige strategische Instrumente, um für die Gesamtstadt oder Teilräume integrative Leitvorstellungen zur räumlichen Entwicklung in zumeist kooperativ und partizipativ angelegten Verfahren zu entwickeln: „Das ISEK fungiert entsprechend als abgestimmtes Navigationssystem für zukünftiges Handeln" (ebd.).

Das Memorandum Urbane Resilienz empfiehlt, vor allem die integrierten Konzepte und Pläne um Aspekte der urbanen Resilienz zu ergänzen, „insbesondere um
- das Zusammenwirken mit Katastrophenschutz, Katastrophenvorsorge und Gesundheit,
- sozialräumliches Monitoring und Risikostudien als Regelfall,
- Funktionsfähigkeit, Flächenreserven für Resilienz und kritische Infrastrukturen,
- temporäre Lösungen und Experimentierräume,
- Maßnahmen zur Vermeidung, Reduzierung und Anpassung an bestehende und künftige Risiken" (BMI 2021: 13).

Plädiert wird dafür, neben der stadtweiten und regionalen Perspektive die Quartiersebene stärker in den Blick zu nehmen und differenzierter zu betrachten (ebd.).

Nur über räumlich differenzierte Vulnerabilitäts- und Risikoanalysen kann die Stadtplanung einen wesentlichen Beitrag zu einem integrierten Risiko- und Krisenmanagement leisten. ISEKs bieten hierfür den geeigneten Rahmen. Zudem können Fachkonzepte wie Klimaanpassungs- oder Hitzeaktionspläne wichtige Grundlagen beisteuern, um vulnerable Bevölkerungsgruppen in der Stadtentwicklung stärker zu berücksichtigen.

8.2 Kommunikation und Partizipation in der Planung

Die Befassung mit (sozialer) Vulnerabilität und Risiko fordert kommunikative und partizipative Verfahren in der Raumplanung neu heraus. Hierfür können zwei Argumentationslinien aufgerufen werden: Zum einen gilt, dass es sich sowohl bei (sozialer) Vulnerabilität als auch bei Risiko nicht um „reale Objekte" handelt, sondern um Konstruktionen beziehungsweise eine Zuschreibung zu Subjekten, Objekten oder Systemen – als Resultate individueller und sozialer Wahrnehmungs-, Lern- und Bewertungsprozesse (vgl. u. a. Jungermann/Slovic 1997: 171; Bürkner 2010: 22). So stellt BECHMANN fest, „daß der formale Risikobegriff vollkommen an der Risikobewertung der Öffentlichkeit vorbeiging" und im Falle der Einführung der vermeintlich sicheren Kernenergie zu einer anhaltenden öffentlichen Kontroverse geführt habe (Bechmann 1997a: XII). Zum anderen bringen „neue" und „multiple" Risiken ein hohes Maß an Unsicherheit mit sich:

> „Die Komplexität der Probleme und Krisendynamiken führt tendenziell zu einer Überforderung. Das ist nicht nur in der Öffentlichkeit und bei ‚normalen Menschen' der Fall, sondern auch bei politischen und ökonomischen EntscheidungsträgerInnen" (Brand 2009: 1).

Beide Argumentationslinien führen zur berechtigten Frage, inwieweit sich der Umgang mit unterschiedlichen Wahrnehmungsmustern und Wertehaltungen sowie mit Unsicherheit, Komplexität und Dynamik in der räumlichen Planung und insbesondere in den Beteiligungsverfahren stärker abbilden muss. Für die Planungsprozesse bedeutet dies eine intensivere Auseinandersetzung mit den Mechanismen von Wahrnehmungs-, Kommunikations- und Aushandlungsprozessen. KASPERSON et al. formulieren hierzu treffend:

> „***Futures are not given**, **they must be negotiated.*** Enormous scope exists for channelling the energies of imagination, expectation, fear, and hope into participatory forms of creating global futures that are more equitable, less vulnerable, and less intolerably uncertain. This will mean not only emancipating the creative force of choice but also empowering people for their own safer and more fulfilling worlds" (Kasperson et al. 2001a: 5).

Kommunikation und Partizipation sind zwar seit Langem essenzielle Elemente von Planverfahren, allerdings entstehen im Umgang mit (multiplen) Risiken, vulnerablen Systemen und zunehmenden Unsicherheiten zukünftiger Entwicklungen neue Beteiligungsaufgaben. Bereits seit 1960 besteht im Rahmen der Offenlage von Plänen gemäß BauGB die Möglichkeit für Bürgerinnen und Bürger, diese einzusehen und Anregungen wie Bedenken vorzubringen; seit 1976 ist die „vorgezogene Bürgerbeteiligung" als formelles Verfahren im BauGB verankert (Sinning 2018: 1657). Seit 2005 findet der Begriff „Öffentlichkeitsbeteiligung" Verwendung, als Angleichung an das Verständnis von Beteiligung auf Ebene der Europäischen Union: Nicht nur die unmittelbar von Plänen und Projekten Betroffenen, sondern die breite Öffentlichkeit soll adressiert werden (ebd.: 1654). Gemäß § 3 Absatz 1 BauGB ist demnach die Öffentlichkeit „möglichst frühzeitig über die allgemeinen Ziele und Zwecke der Planung, sich wesentlich unterscheidende Lösungen, die für die Neugestaltung oder Entwicklung eines Gebiets in Betracht kommen, und die voraussichtlichen Auswirkungen der Planung öffentlich zu unterrichten; ihr ist Gelegenheit zur Äußerung und Erörterung zu geben." Eine vergleichbare Regelung wird in § 9 ROG zur Beteiligung bei der Aufstellung von Raumordnungsplänen vorgesehen.

Neben den formalrechtlichen Beteiligungsverfahren wurde in den vergangenen Jahrzehnten eine Vielfalt an informellen Beteiligungsformaten entwickelt und erprobt (vgl. Selle 2017). Insbesondere die Einführung des Städtebauförderungsprogramms „Soziale Stadt" Ende der 1990er-Jahre hat positive Impulse gesetzt (Sinning 2018: 1661). In den formellen wie informellen Verfahren der Stadtplanung und Stadtentwicklung gehört die Öffentlichkeitsbeteiligung zu den etablierten Ansätzen der Planungspraxis. Das Erleben von Selbstwirksamkeit und die gemeinsame Aneignung und Gestaltung urbaner Räume im Rahmen von Beteiligungsprozessen stärkt die Resilienz der städtischen Bevölkerung und wird heute als Voraussetzung für die Implementierung und Umsetzung einer erfolgreichen Stadtentwicklungspolitik verstanden (Baumgart/Rüdiger 2022: 107).

Beteiligungsansätze entwickelten sich über unterschiedliche Phasen, die zunächst eher konfliktbezogen waren und von Bottom-up-Prozessen geprägt wurden (Selle 2017: 14 f.). Mit der Modernisierung der öffentlichen Verwaltung in den 1990er-Jahren wurden im Zuge einer stärkeren „Bürgerorientierung" Partizipationsprozesse erstmals als ganzheitliche Verfahren angelegt (ebd.). Seither hat sich die Mitwirkung von Bürgerinnen und Bürgern in der Stadtentwicklung konsolidiert und in vielen Formaten ausdifferenziert.

Die strukturellen Fragestellungen und Kritikpunkte, die sich mit Bürgerbeteiligung verbinden, werden seit Langem diskutiert (Christmann et al. 2016: 50 ff.). Hierzu zählt unter anderem die Frage nach der Repräsentativität der Beteiligten, da gerade die soziökonomisch schwächeren Milieus in den Prozessen, die (politische) Entscheidungen in gewisser Weise mitbestimmen, zumeist nicht angemessen vertreten sind: „Vulnerable people and places are often excluded from decisionmaking and from access to power and resources" (Adger 2006: 276; vgl. Voss 2008). Partizipationsprozesse führen oftmals zur Überforderung aller Beteiligten – sowohl in Bezug auf die Zeitressour-

cen bei Bürgerinnen und Bürgern sowie personelle und finanzielle Ressourcen der Verwaltungen als auch hinsichtlich der komplexen Thematiken, die vor allem mit den „neuen“ Beteiligungsaufgaben einhergehen.

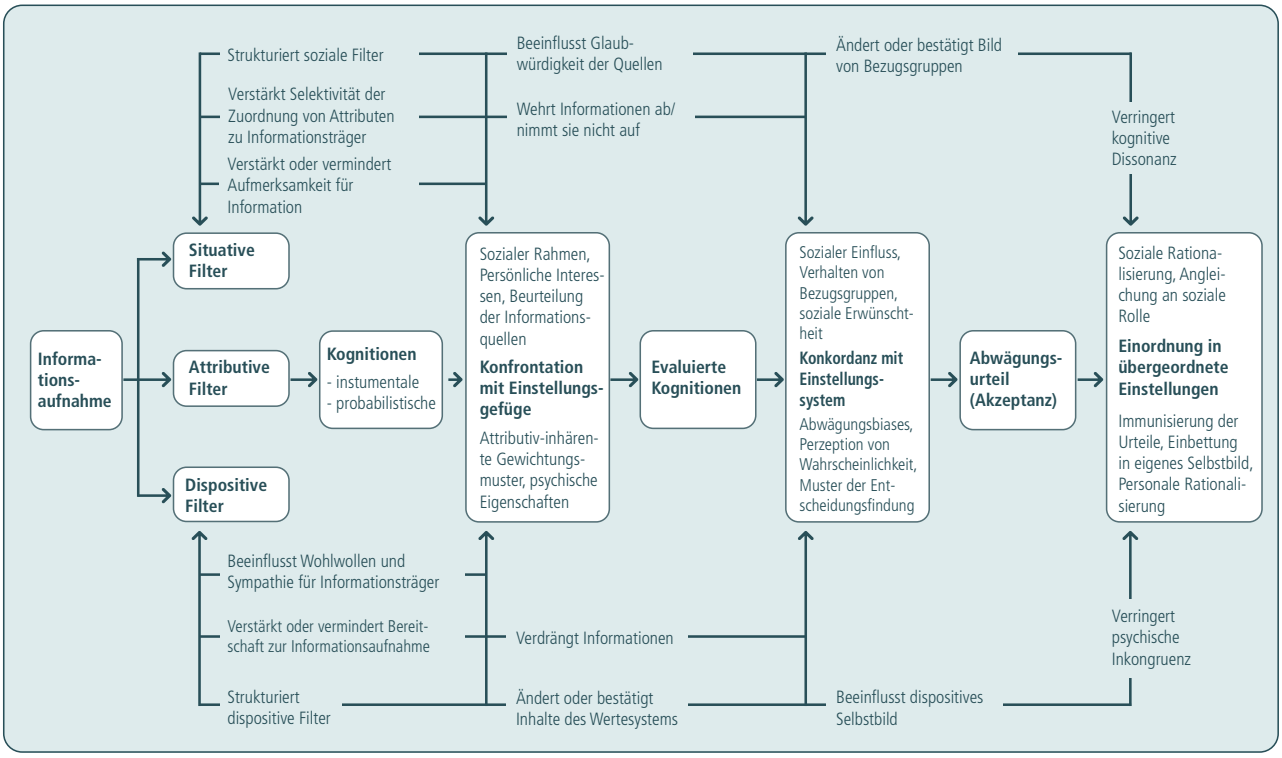
Gerade in Bezug auf vulnerable Bevölkerungsgruppen gilt, dass diese in die Verfahren offensiver einbezogen und deren „partizipative Kapazitäten“ gestärkt werden müssen (Voss 2008: 40 f.): „Es geht dabei um sprachliche Ausdrucksfähigkeiten, aber auch und vor allem um die Kenntnisse der jeweiligen Regeln des Feldes und um die Verteilung und Positionierung innerhalb von Machtprozessen“ (Voss et al. 2018: 32).

Da Vulnerabilität unmittelbar mit dem Verständnis von Risiko assoziiert ist und die Kommunikation von und über Vulnerabilität als Teil der Risikokommunikation gelten kann, wird in den nachfolgenden Kapiteln explizit auf die Wahrnehmung und Bewertung von Risiken, die Risikokommunikation und anschließend auf die Verknüpfung mit der Beteiligung in Planverfahren eingegangen.

Wahrnehmung und Bewertung von Risiko und Vulnerabilität

Einen Meilenstein in der wissenschaftlichen Auseinandersetzung mit dem Thema der Risikowahrnehmung stellte sicherlich die Dissertation von RENN aus dem Jahr 1981 dar (Renn 1981). In Bezug auf die Wahrnehmung von Risiken differenziert er verschiedene „Perzeptions-Verfahren“: die observative, dokumentative, kommunikative, assoziative und intuitive Perzeption, wobei sich aus seiner Sicht die Perzeption „von Laien und Wissenschaftlern“ nur im Grad der Anwendung dieser verschiedenen Verfahren unterscheiden (ebd.: 79). Individuen unterziehen die wahrgenommenen Risiken einem Bewertungsprozess, der über „Filter“ strukturiert wird, die sich auf situationsbezogene Bewertungsmuster, attributive Fehleinschätzungen und individuelle Eigenschaften be-

Abbildung 27: Modell des individuellen Abwägungsprozesses bei der Bewertung von Risiken
Quelle: Renn 1981: 111; grafische Darstellung angepasst, geringfügig verändert



ziehungsweise Wertehaltungen beziehen (ebd.: 110, vgl. Abb. 27). Den so gefilterten Kognitionen werden Wahrscheinlichkeiten zugeordnet und auf Kongruenz mit relevanten sozialen Bezugssystemen hin überprüft. Deutlich wird, dass die individuellen Bewertungsmechanismen ein hochkomplexes Verfahren darstellen und sich in erster Linie auf qualitative Risikomerkmale beziehen (vgl. Slovic 1987: 283; Plapp 2003: 28; vgl. Tab. 4).

Dabei lassen sich die Fallstricke der individuellen Risikobewertung – „attributive Fehleinschätzungen" – über zahlreiche Untersuchungen, insbesondere in der Psychologie, gut belegen (Renn 1981: 102 f.; Bechmann 1997a: XIII; Schütz/Peters 2002: 43 f.): So werden die Risiken, die sich potenziell mit neuen Technologien verbinden, als höher eingeschätzt als solche, die mit Naturgefahren zusammenhängen. Hierfür stehen stellvertretend die Diskussionen um die Kernenergie seit den 1960er-Jahren, später der Einsatz der Gentechnik in der Landwirtschaft oder auch die aktuelle Kontroverse um die Einbettung von künstlicher Intelligenz in allen Bereichen des menschlichen Lebens. Sind Risiken vermeintlich besser kontrollierbar, werden sie intuitiv als geringer eingeschätzt. Auf individueller Ebene zeigt sich dies am Beispiel des Autos als Verkehrsmittel im Verhältnis zum Flugzeug: Es macht einen Unterschied im Sicherheitsgefühl, ob die Person selbst am Steuer sitzt, obwohl insbesondere der Flugverkehr mit sehr hohen Sicherheitsstandards einhergeht. Technologien mit komplexen Sicherheitsstandards werden oftmals als unsicherer eingeschätzt als solche mit einfachen Sicherheitssystemen. In Bezug auf das Schadensausmaß ist insbesondere die Höhe der im Ereignisfall entstehenden Schäden relevant: Seltene Ereignisse mit sehr hohem Schadenspotenzial werden in ihrem Risikopotenzial höher bewertet als häufigere Ereignisse mit in Bezug auf das Einzelereignis geringerem, aber über vergleichbare Zeitspannen summiertem, ähnlichem Schadenspotenzial. Entscheidend ist auch, ob es sich um reparable oder irreversible Schäden handelt sowie ob diese unmittelbar oder zeitverzögert auftreten. Die Informationen über Risikoquellen spielen gleichfalls eine zentrale Rolle, allerdings oftmals nicht als „objektive" Aufklärung über Merkmale der Risikoquelle, sondern eher im Sinne einer Beunruhigung angesichts des (erhöhten) Bedarfs an Risikoanalysen oder deren medialer Aufbereitung.

Diese nicht abschließend angeführten „attributiven Fehleinschätzungen" im Wahrnehmungsprozess folgen gewissen Systematiken oder auch Heuristiken, die Menschen nutzen, um die Komplexität in Einschätzungs- und Entscheidungsvorgängen unter Unsicherheit zu reduzieren (Plapp 2003: 16 mit Bezugnahme auf Kahnemann et al. 1982). Tabelle 5 gibt dazu eine Auswahl an Heuristiken, deren Brisanz in Bezug auf eine verlässliche Risikoeinschätzung sowohl für das Individu-

Tabelle 4: Übersicht über Risikomerkmale
Quelle: Plapp 2003: 27 in Anlehnung an Renn 1989: 181 und Tobian/Montz 1997: 293;
grafische Darstellung angepasst; geringfügig verändert

Eigenschaften zum Umgang mit Risiken	Eigenschaften möglicher Folgen	Individuelle und soziale Relation zur Risikoquelle
• Persönliche Kontrollmöglichkeiten • Sicherheit vor fatalen Folgen bei Gefahreneintritt • Eindruck einer gerechten Verteilung von Nutzen und Risiko • Vertrauen in die öffentliche Kontrolle und Beherrschung von Risiken • Wahrgenommener Schwierigkeitsgrad der Risikominderung	• Möglichkeit weitreichender Folgen • Unmittelbarkeit der Folgen • Schwere der Folgen • Größe der exponierten Personengruppe • Eindruck der Reversibilität der Risikofolgen • Folgen für zukünftige Generationen	• Gewöhnung an Risikoquelle • Bekanntheitsgrad • Grad der wissenschaftlichen Erforschung • Sinnliche Wahrnehmbarkeit von Gefahren • Kongruenz zwischen Nutznießenden und Risikotragenden • Freiwilligkeit der Risikoübernahme • Grad der persönlichen Betroffenheit

um als auch für soziale Gruppen auf der Hand liegt. Dies gilt insbesondere für die Einschätzung von Wahrscheinlichkeiten vor dem Hintergrund persönlicher Erfahrungen, für die Vermeidungsstrategie, konsolidierte Meinungen und Haltungen zu hinterfragen, oder auch für die Suche nach Regelmäßigkeiten in Prozessen, die dem Zufallsprinzip unterliegen.

Individuelle Risikobewertungen sind sozial und kulturell geprägt, denn sie sind in gesellschaftliche Diskurse eingebunden. Insofern besitzt die öffentliche Meinung eine normative wie kognitive Funktion (Bechmann 1997a: XV): Das heißt, über die öffentliche Meinung bilden sich mehrheitlich getragene Argumentationslinien heraus, denen Individuen gerne folgen, um keine abweichenden Meinungen vertreten zu müssen. Zudem fehlen laut BECHMANN oftmals individuelle Erfahrungen zu Risiken, sodass die öffentliche Meinung eine kognitive Hilfestellung zur Bewertung der Risiken liefert (ebd.).

Hier kommen die Medien ins Spiel, die Informationen über Risiken für die öffentliche Rezeption durchaus selektiv aufbereiten und über die mediale Präsenz von Risiken Wahrnehmung beeinflussen (Lorenz 2010: 21). Die Medienberichterstattung folgt vergleichbaren Heuristiken wie Individuen und stützt sich gerne auf spektakuläre Erzählungen (Schütz/Peters 2002: 44), sodass auch hieraus Schieflagen in der Einschätzung von Risiken resultieren können. Erzählungen bilden das „Framing" von Informationen zu Risiken; sie beeinflussen Bewertungs- und Entscheidungsprozesse maßgeblich (Plapp 2003: 17).

Tabelle 5: Heuristiken und ihre Effekte auf die individuelle Risikowahrnehmung
Quelle: Plapp 2003: 16, leicht verändert von Renn 1995: 33; grafische Darstellung angepasst; geringfügig verändert

Heuristik	Beschreibung ihres Effekts
Availability (Verfügbarkeit)	Ereignisse, die Personen unmittelbar im Gedächtnis sind und kognitiv verfügbar sind, werden als wahrscheinlicher eingeschätzt als solche Ereignisse, die nicht kognitiv verfügbar sind.
Anchoring Effect (Verankerungseffekt)	Wahrscheinlichkeiten für Ereignisse werden der verfügbaren Information oder der wahrgenommenen Bedeutung der Information angepasst.
Effekt der Repräsentativität (Gesetz der kleinen Zahlen)	Von kleinen Stichproben, das heißt hier von einer kurzen Reihe von Erfahrungen, wird mit entsprechender Fehlergröße auf die Grundgesamtheit geschlossen (vgl. Slovic et al. 1974: 191 f.). Hierbei werden einzelne persönlich erfahrene Ereignisse und deren Eigenschaften als typischer angesehen als Informationen, die auf Häufigkeiten beruhen.
Vermeidung kognitiver Dissonanz	Informationen, die geschätzte Wahrscheinlichkeiten von Ereignissen oder erfahrungsbasiertes Wissen infrage stellen, die bereits Teil eines Glaubenssystems sind, werden einfach ignoriert oder heruntergespielt.
„Gambler's Fallacy"	Bei der Verarbeitung der Zufälligkeit unabhängiger Ereignisse werden Regelmäßigkeiten gesucht bzw. konstruiert, um Unsicherheit zur reduzieren (vgl. Slovic et al. 1974: 192 f.). Beispiele: „Spielerregeln" („auf drei Mal Pik folgt Karo"; stochastisch betrachtet ändert sich die Wahrscheinlichkeit für ein viertes Mal Pik jedoch nicht).
Gewöhnungseffekt	Je kontinuierlicher und gleichförmiger Verluste auftreten und je eher katastrophale Auswirkungen ausgeschlossen sind, desto eher wird das Ausmaß der durchschnittlichen Verluste unterschätzt (Renn 1989: 180 f., nach von Winterfeldt et al. 19815).

Letztlich hängt von diesen Wahrnehmungsprozessen auch die Einschätzung der eigenen Vulnerabilität ab. Die Ergebnisse einer Befragung in Pflegeheimen in Reutlingen verdeutlicht die sehr subjektiv geprägte Bewertung der eigenen Situation: Der Großteil der befragten Bewohnerinnen und Bewohner – in der Mehrheit im Alter zwischen 86 und 95 Jahren – schätzten Temperaturen über 30°C in Innenräumen (selbst in den Schlafräumen) nicht als belastend ein (Hartz et al. 2020d: 97 f.). Dem stehen die Aussagen des befragten Fachpersonals von Altenheimen und Altenpflegeeinrichtungen gegenüber, die hitzebedingte gesundheitliche Beschwerden wie Austrocknung oder Kraftlosigkeit bei Hochaltrigen häufig beobachteten (ebd.: 96).

Evidenzbasierte Vulnerabilitätsanalysen können deshalb in partizipativen Prozessen dazu beitragen, individuelle (Fehl-)Einschätzungen und Heuristiken herauszufordern und potenziellen „Verzerrungen“ in Planungsverfahren proaktiv zu begegnen.

Risikokommunikation und Partizipation

Angesichts dieser Komplexität von Wahrnehmungs- und Bewertungsprozessen auf individueller wie kollektiver Ebene wäre es von Vorteil, wenn sich zumindest in Wissenschaft und fachlicher Praxis über objektivierte Einschätzungen eine Art konsensualer Einschätzung von Risiken herstellen ließe. Aber auch für diese Sphäre muss gelten, dass sich Einflussfaktoren wie der disziplinäre Kontext oder die politischen Einstellungen ebenso im Ergebnis zeigen wie die spezifische Konzeptionalisierung der Begriffe und die Kontextualisierung der Analysen (Schütz/Peters 2002: 40). Oftmals bleiben die Grundlagen der Analysen Stückwerk, da für viele Risiken beziehungsweise für die entscheidenden Komponenten „Gefahr“ und „Vulnerabilität“ die erforderlichen Datengrundlagen fehlen (vgl. BBSR 2020: 8). Dennoch ist auch heute davon auszugehen, „daß die Wahrnehmung von Risiken unter den Bedingungen der modernen Gesellschaft weitestgehend informationsvermittelt ist“ (Bechmann 1997a: XVI).

Der Aufbau einer möglichst umfassenden Informationsbasis bleibt damit ein Schlüsselfaktor für die Kommunikation über Risiken, Gefahren und Vulnerabilität. So bestätigen die Untersuchungen von PLAPP zur Wahrnehmung von Risiken aus Naturkatastrophen, dass die wissenschaftlichen Erkenntnisse zu den Gefahren Sturm, Hochwasser und Erdbeben in der Öffentlichkeit kaum bekannt sind oder nicht wahrgenommen werden (Plapp 2003: 241). Aus ihrer Sicht erwächst hieraus eine Kommunikationsaufgabe: In gefährdeten Gebieten sollte eine aktive Informationspolitik betrieben werden (ebd.). Über das Erkennen und Einschätzen von Gefährdungen kann sich zudem erst das Verständnis in Bezug auf die eigene (gefahrenabhängige) Vulnerabilität herausbilden.

Wenngleich Informationen als Schlüsselfaktor der Risikokommunikation gelten, ist damit keine Rückkehr zu „monologisch konzeptionierten“ Kommunikationsformaten gemeint (Lorenz 2010: 25). Zumal sich über die Forschung zur Wahrnehmung von Risiken ein Konsens dazu abzeichnet, dass „eine Engführung des Umgangs mit Risiken allein auf Wahrscheinlichkeiten und Konsequenzen eine arg vereinfachende Komplexitätsreduktion“ darstellt: „Risiken sind kompliziert und vielschichtig und vor allem abhängig von ihrer Rahmung“ (Felgentreff et al. 2012: 47). Die Auseinandersetzung wird auch – wie bereits erwähnt – nicht dichotom zwischen Wissenschaft und Laien geführt, sondern in einem komplexen gesellschaftlichen Setting mit „vielfältigen und widersprüchlichen Sichtweisen und Interpretationen von Risiko“ (ebd.: 48). SLOVIC resümiert hierzu im Jahr 1987 auf Basis seiner Forschungsergebnisse:

> „Perhaps the most important message from this research is that there is wisdom as well as error in public attitudes and perceptions. Lay people sometimes lack certain information about hazards. However, their basic conceptualization of risk is much richer than that of the experts and reflects legitimate concerns that are typically omitted from expert risk assessments. As a result, risk communication and risk management efforts are destined to fail unless they are structured as a two-way process. Each side, expert

> and public, has something valid to contribute. Each side must respect the insights and intelligence of the other" (Slovic 1987: 285).

Für die räumliche Planung in Deutschland steht die Etablierung intermediärer und kontextualisierter Risiko- und Vulnerabilitätsdiskurse, die die Zivilgesellschaft auf breiter Basis einbinden, bislang weitgehend aus (vgl. Christmann et al. 2016; Voss et al. 2018; Saad/Hartz 2019). Das Verständnis von Risikokommunikation geht schon mit Blick auf die notwendige beziehungsweise sinnvolle Transparenz zu Risiken auseinander, was unter anderem die Diskussionen zu Veröffentlichungen kommunaler Starkregenkarten zeigen: Behördliche Stellen befürchten, dass es zu Fehlinterpretationen kommen beziehungsweise der Datenschutz nicht gewährleistet werden kann und dadurch reale Wertverluste bei betroffenen Immobilien entstehen (Saad/Hartz 2019: 80). Ein weiteres, besonders schwieriges Kommunikationsfeld ist der Umgang mit kritischen Infrastrukturen (Lorenz 2010: 25): Vertiefte Informationen zu kritischen Infrastrukturen sowie deren Beobachtung und Kontrolle verbleiben weitgehend in Fachkreisen; damit wächst angesichts steigender Komplexität auch „das Risiko zur ‚postdemokratischen' sukzessiven Einschränkung der Agenda, die dem (basis-)demokratischen Entscheidungsprozess überhaupt zugeführt wird" (ebd.). Vertrauen in Kommunikationsprozesse lässt sich jedoch nicht über das Zurückhalten von Informationen aufbauen. Und gerade Vertrauen (in Institutionen) ist Grundvoraussetzung dafür, die Bevölkerung in Krisensituationen erfolgreich adressieren und unterstützen zu können (ebd.: 26).

Neue Beteiligungsaufgaben und Herausforderungen im Kontext von Vulnerabilität und Risiken

Möglichkeiten für Beteiligung, Mitwirkung und Teilhabe der Zivilgesellschaft konnten somit in der Praxis der Stadtentwicklung zwar auf breiter Basis etabliert werden, vor allem im Bereich des Quartiersmanagements. Allerdings lässt sich mit SELLE feststellen: „Der 50-jährige Prozess der Entwicklung des Partizipationsverständnisses ist durchaus nicht nur als stetes Voranschreiten zu verstehen. Vielmehr gab es abrupte Brüche, schleichende Erosionen und immer wieder ambivalente Entwicklungsschritte" (Selle 2017: 16). Vor allem bei neueren Beteiligungsaufgaben „fehlt es häufig an einer ausgeprägten Beteiligungskultur, die ein entsprechendes Selbstverständnis bei allen beteiligten und beteiligenden Akteuren voraussetzt" (Sinning 2018: 1661). Diese „neuen" Beteiligungsaufgaben erfordern durch ihre Komplexität und Kontextabhängigkeit eine explizite Co-Produktion von Wissen. Risiko- und Vulnerabilitätskonzepte als „relative Konzepte" verweisen stets auf deren Kontextabhängigkeit:

> „[…] vulnerability is a ***relative*** concept as it depends on what a society defines as a risk and how people construct everyday-life-normality. On the other hand, in most cases vulnerability itself is a ***consequence***, meaning it is first of all an indicator for deficits in the societal organisation of everyday life which led to vulnerability" (Voss 2008: 41).

Daraus ergibt sich nicht nur der Bedarf, sondern auch die Notwendigkeit, Risiken und Vulnerabilitäten in den Prozessen der räumlichen Planung mit der Zivilgesellschaft und insbesondere mit (potenziell) Betroffenen auszuloten.

Planungsprozesse erfordern zumeist ein enges Wechselspiel aus analytischen, normativen und partizipativen Elementen. Partizipationsverfahren dienen einer Strukturierung der Sichtweisen und Perspektiven von Bürgerinnen und Bürgern sowie der Zivilgesellschaft; sie legen auch Dissense offen und sorgen so für Transparenz in der differenzierten Bewertung von Entscheidungsfolgen (Greiving 2002: 85). Bei der Einschätzung von Risiken und Vulnerabilitäten ist eine Einbindung von Betroffenen essentiell – einerseits, um vor allem besonders vulnerablen Bevölkerungsgruppen Gehör zu verschaffen, andererseits, um Analyseergebnisse einzuordnen, zu bewerten und daraus Schlussfolgerungen für die Stadt- und Quartiersentwicklung zu ziehen. Ein zentrales Problem stellt die Legitimation von Beteiligungsprozessen und ihren Ergebnissen dar. Entscheidungen im Bereich

hoheitlicher Aufgaben treffen letztlich die demokratisch legitimierten Institutionen, beispielsweise der Stadtrat. Damit bleiben die Entscheidungsmöglichkeiten von Beteiligungsprozessen stark limitiert, was sich negativ auf die Motivation aller Beteiligten auswirken kann (Christmann et al. 2016: 51). Beteiligungsprozesse sollten deshalb stets in informelle und formelle legitimierte Verfahren eingebunden sein und eine politische Selbstverpflichtung hinsichtlich dessen offenlegen, wann und warum eine Abweichung vom Ergebnis des Beteiligungsprozesses im Rahmen der Abwägung und Entscheidungsfindung erfolgt (Greiving 2002: 84). Gleichwohl gilt: „Abweichungen müssen allerdings grundsätzlich möglich sein, weil ansonsten eine unzulässige Vorwegbindung von Abwägung vorliegen würde“ (ebd.).

8.3 Zwischenfazit: Mehrwert von Vulnerabilität für eine „risikoinformierte“ Stadtplanung

Vulnerabilität lässt sich als Konzept, Analyseperspektive und Informationsgrundlage in die Verfahren der Raum- und Stadtplanung gewinnbringend einbetten. Vulnerabilitätsanalysen und -bewertungen erhärten und differenzieren den Belang Mensch und menschliche Gesundheit; sie legen somit entscheidende Grundlagen für eine risikoinformierte Abwägung im Rahmen der Raum- und Stadtplanung. Vulnerabilitätsanalysen und -bewertungen stärken das Vorsorgeprinzip dahingehend, als dass die Bevölkerung nicht nur in ihrer Gesamtheit adressiert wird, sondern entlang spezifischer Vulnerabilitäten und bezogen auf unterschiedliche Gefahrenarten und Stressoren.

Das Memorandum Urbane Resilienz fordert eine „risikoinformierte Stadtentwicklung“, in deren Rahmen das urbane Muster von Gefahren, Vulnerabilitäten und Risiken regelmäßig analysiert und bewertet werden soll (BMI 2021: 13). Auch wenn postuliert wird, dass die Ziele für eine urbane Resilienz weitgehend mit dem bestehenden Planungsrecht umsetzbar sind (ebd.), bleibt die Reichweite der formalen und rechtsverbindlichen räumlichen Planung begrenzt. Dies hängt unter anderem mit der Komplexität der Planungsaufgaben und begrenzten Ressourcen der verantwortlichen Institutionen zusammen, aber auch mit dem Umstand, dass „das Instrumentarium der verbindlichen Raumplanung in Zeiten des Wachstums entwickelt wurde“ und somit auf die Gestaltung neuer Entwicklungen ausgerichtet war (Danielzyk/Münter 2018: 1940). Bauleitplanung ist demnach „nur sehr begrenzt in der Lage, auf den baulichen Bestand einzuwirken. Dieser genießt gemäß Art. 14 GG Bestandsschutz“ (Greiving 2011: 26).

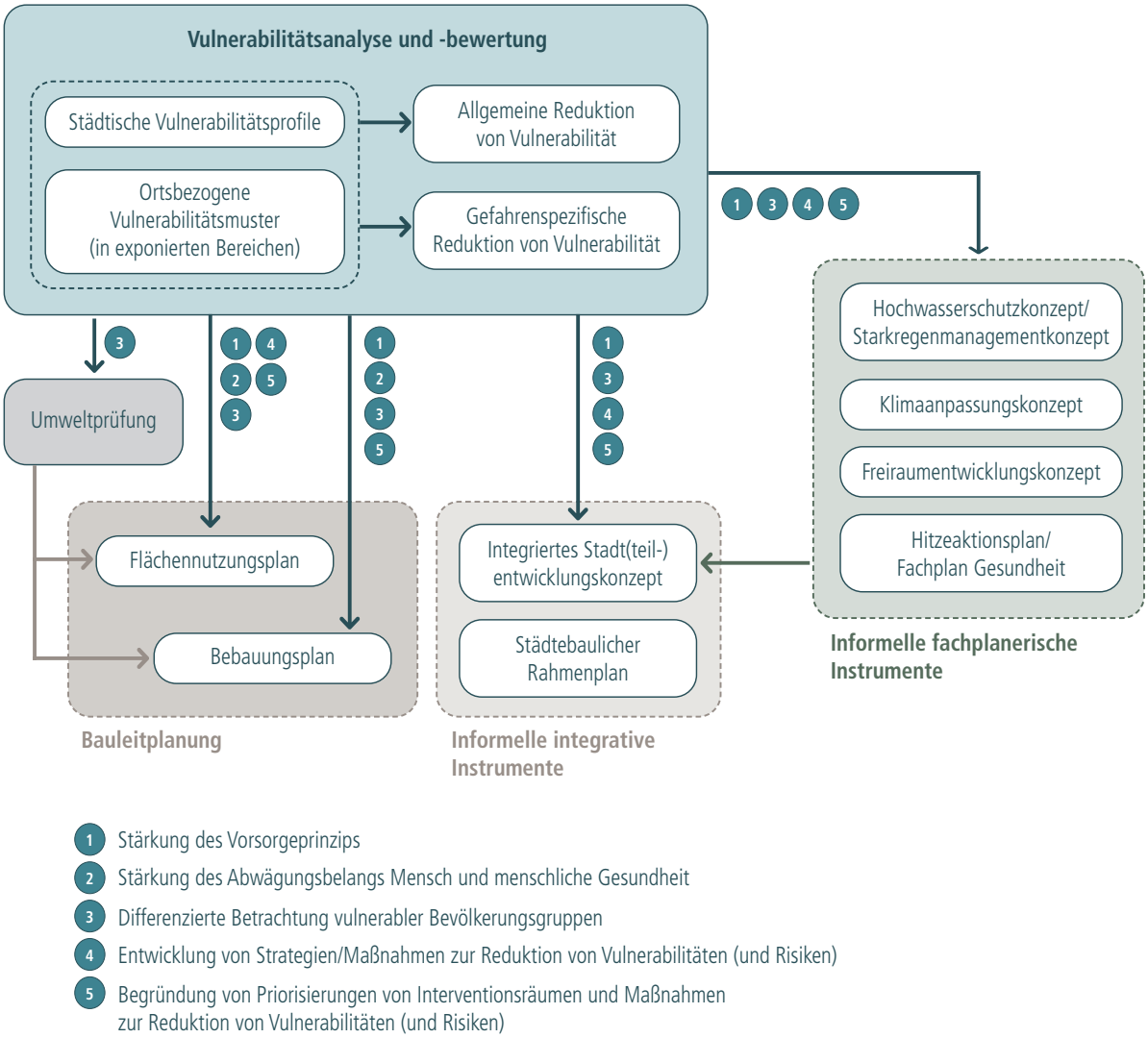
Insofern führt die Grundkonstruktion des raumplanerischen Instrumentariums dazu, dass viele aktuelle Herausforderungen, wie die Anpassung bestehender Siedlungs- und Infrastrukturen an eine sich demographisch verändernde Gesellschaft oder an die Auswirkungen des Klimawandels, nicht angemessen bewältigt werden können. Eine Ausnahme bildet hierbei das besondere Städtebaurecht, das sich explizit auf Sanierung, Umbau und Erneuerung bestehender Siedlungs- und Infrastrukturen auf Ebene der Kommunen bezieht.

Die kleinräumige Erfassung städtischer Vulnerabilitätsmuster qualifiziert die Instrumente der Stadtplanung wie auch fachplanerische Instrumente. Auf Ebene der Gesamtstadt, der Quartiere oder sogar der Baublöcke können Maßnahmen priorisiert werden, um vorhandene Vulnerabilitäten und Risiken zu reduzieren beziehungsweise deren Zunahme oder Entstehung zu verhindern. Die Optionen, die sich für eine Integration des Vulnerabilitätsansatzes bieten wie auch den Mehrwert, der dadurch generiert wird, zeigt Abbildung 28 im Überblick.

Abschließend lässt sich feststellen, dass das Vulnerabilitätskonzept, wenn es systematisch in die Stadt- und Raumplanung integriert wird, das Potenzial hat, die Komplexität urbaner Herausforde-

rungen umfassender zu erfassen und zu bewältigen. Durch die Einbindung von Vulnerabilitätsanalysen in Planungs- und Beteiligungsprozesse wird es möglich, evidenzbasierte und zielgerichtete Strategien zu entwickeln, die sowohl die Bedürfnisse spezifischer vulnerabler Bevölkerungsgruppen berücksichtigen als auch grundsätzlich die Resilienz und Nachhaltigkeit städtischer Systeme stärken. Dies erfordert einen adaptiven und mehrstufigen Verfahrensansatz, der sowohl analytisch fundiert als auch normativ ausgerichtet ist und durch eine aktive Beteiligung der Bevölkerung unterstützt wird, um letztlich eine inklusive, gerechte und zukunftsfähige Stadtentwicklung zu gewährleisten (vgl. Kap. 7.2.2).

Abbildung 28: Mehrwert des Vulnerabilitätskonzepts für eine „risikoinformierte" Stadtplanung und Stadtentwicklung
Quelle: eigene Darstellung



9. Anschlussfähigkeit an zentrale Leitvorstellungen der Raum- und Stadtplanung

Seit 2007 leben mehr Menschen in Städten als in ländlichen Räumen: Diese „urbane Wende“ betont die Bedeutung der städtischen Räume weltweit – „als kulturelle Zentren, kreative Entfaltungsräume, politische Steuerungszentralen und ökonomische Motoren“ (WBGU 2016: 43). Städte übernehmen in Deutschland als raumordnerisch festgelegte Zentrale Orte wichtige Funktionen der Daseinsvorsorge auf unterschiedlichen Hierarchieebenen (MKRO 2016: 16). Deutschland zählt zu den am dichtest besiedelten europäischen Staaten (BBR 2000: 45) und zeichnet sich durch seine im internationalen wie europäischen Vergleich stark polyzentrische Siedlungsstruktur mit Städten unterschiedlicher Größenordnung aus, deren intensive Verflechtungen untereinander die Ausbildung großräumiger Siedlungs- und Verkehrskorridore befördert haben (ebd.: 43). In den Stadtregionen und Ballungsräumen führen das Bevölkerungswachstum, der anhaltende Ausbau von Siedlungs- und Infrastrukturen sowie immer komplexere technische Systeme gleichzeitig zu einer Erhöhung der Vulnerabilität von Stadtgesellschaft, einer verstärkten Akkumulation potenzieller Schadenswerte und damit zu einer Zunahme von Risiken (vgl. BBSR 2020). Unter diesen Vorzeichen stehen tradierte Leitvorstellungen von Stadtentwicklung auf dem Prüfstand.

In Städten organisiert sich Stadtgesellschaft – auf Ebene der Gesamtstadt, der Stadtteile und der Nachbarschaften. Dies sind zugleich Ebenen möglicher Interventionen der Stadtentwicklung und Stadtplanung als hoheitliches wie zivilgesellschaftliches Aufgaben- und Handlungsfeld. Die Planbarkeit der Städte hat sich zwar mit dem expansiven Wachstum im Zuge der industriellen Revolution und allen damit verbundenen Folgeerscheinungen wie Armut, Segregation und Umweltverschmutzung als Vorhaben mit begrenzter Reichweite erwiesen (WBGU 2016: 63 f.). Dennoch dienen Leitvorstellungen und Leitbilder der Stadtentwicklung seit Jahrzehnten dazu, die vielfältigen planerischen Strategien auf gemeinsame gesamtgesellschaftliche Ziele auszurichten. Leitbilder stellen dabei „normative gesamtheitliche Vorstellungen“ zur Zukunft der Städte dar (Jessen 2018: 1400).

Wandel der Leitvorstellungen in der Stadt- und Raumentwicklung

Moderne Leitbildkonzepte entstanden Mitte des 19. Jahrhunderts im Zuge der Industrialisierung; sie zielten in erster Linie auf eine Trennung von Wohnen und industriellen Produktionsstätten ab, um den negativen gesundheitlichen und hygienischen Bedingungen der Gemengelagen zu begegnen (Fürst et al. 1999: 11). Im 20. Jahrhundert wechselten die Leitbilder in rascher Folge (ebd.: 75), um die Auswirkungen unter anderem der Industrialisierung, der Umweltverschmutzung und der Kriegsschäden zu bewältigen, aber auch, um neuere Ideen der Stadt- und Raumentwicklung zu integrieren. Die zunächst eher städtebaulich ausgerichteten Leitbilder wurden zunehmend von Leitbildern der Stadt- und Raumentwicklung abgelöst, die dem programmatischen Gedanken der Nachhaltigkeit verpflichtet sind und über Nachhaltigkeitsziele unterschiedliche Handlungsfelder der Stadtentwicklung adressieren.

Ein Meilenstein war die „LEIPZIG CHARTA zur nachhaltigen europäischen Stadt“ aus dem Jahr 2007 – als Ergebnis eines informellen Ministertreffens zur Stadtentwicklung und zum territorialen Zusammenhalt auf europäischer Ebene (BMUB 2007; vgl. Kap. 9.1). So betont der Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung (WBGU) in seinem Bericht von 2016: „Die Große Transformation zur Nachhaltigkeit ist ohne einen substanziellen Beitrag der Städte zum Scheitern verurteilt“ (WBGU 2016: 140).

Ein zentrales aktuelles Politikdokument ist die sogenannte Neue Leipzig Charta, verabschiedet beim Informellen Ministertreffen Stadtentwicklung am 30. November 2020 (BMI 2020). Mit Bezugnahme auf relevante internationale und europäische Programmatiken wird die maßgebliche Verantwortung der Städte, Beiträge zu einer nachhaltigen Transformation zu leisten und dabei die Gemeinwohlorientierung in den Fokus zu rücken, betont (ebd.: 1). Die Neue Leipzig Charta adressiert nicht nur die Ebene der Gesamtstadt, sondern explizit zugleich größere, funktional zusammenhängende Räume sowie die Quartiersebene (ebd.: 2 f.). Die Dimensionen, die mit der europäischen Stadt der Zukunft verbunden werden, beschreiben die programmatische Ausrichtung: Die Stadt der Zukunft ist gerecht, grün und produktiv. Die „grüne Stadt" orientiert sich dabei an Klimaneutralität und unterstützt Anpassungsstrategien an den Klimawandel (ebd.: 5 f.). Die „gerechte Stadt" gewährleistet Chancengleichheit und Umweltgerechtigkeit: „Alle gesellschaftlichen Gruppen, einschließlich der besonders vulnerablen, sollten einen gleichberechtigten Zugang zu Dienstleistungen der Daseinsvorsorge haben […]" (ebd.: 5). Den daran anknüpfenden Gedanken einer resilienten Raumentwicklung greift das Memorandum „Urbane Resilienz – Wege zur robusten, adaptiven und zukunftsfähigen Stadt" im Rahmen der nationalen Stadtentwicklungspolitik auf (BMI 2021, vgl. Kap. 9.2).

Sowohl die Neue Leipzig Charta als auch das Memorandum Urbane Resilienz schlagen die Brücke zu den zentralen Leitvorstellungen der Stadt- und Raumentwicklung, in deren Kontext das Konzept der Vulnerabilität seinen Mehrwert entfaltet. Diese Zusammenhänge wie auch der Mehrwert von Vulnerabilität werden in den folgenden Kapiteln vertieft und in Kapitel 9.5 zusammengefasst.

9.1 Nachhaltige Raum- und Stadtentwicklung

Die Novellierung des BauGB und des ROG von 1997 (in Kraft getreten 1998) verankerte den Nachhaltigkeitsgedanken in der Raumplanung. In § 1 Absatz 5 BauGB ist damals aufgenommen worden, dass die Bauleitpläne eine nachhaltige städtebauliche Entwicklung gewährleisten sollen. In § 1 Absatz 2 ROG wird seitdem eine nachhaltige Raumentwicklung, welche die sozialen und wirtschaftlichen Ansprüche an den Raum mit seinen ökologischen Funktionen in Einklang bringt, als Leitvorstellung der Raumordnung benannt. Dieser gesetzliche Auftrag an die räumliche Planung sorgt in Bezug auf die konkrete Umsetzung bis heute für durchaus kontroverse Diskussionen und wird aufgrund vielfältiger Krisen und neuer Konzepte wie Vulnerabilität, Risikovorsorge und Resilienz auch auf theoretischer Ebene herausgefordert.

Die Neuausrichtung und Ausformung des Nachhaltigkeitsprinzips

Das Nachhaltigkeitsprinzip entstand zunächst als „ein ökonomisches Konzept, dessen Kern die Naturproduktivität und dessen Ziel die Erneuerung derselben durch Vorsorge ist" (Hofmeister 2018: 1588). Es hielt zu Beginn des 18. Jahrhunderts angesichts einer anhaltenden Übernutzung der Wälder Einzug in die Forstwirtschaft (BMEL 2023). Diese Ausrichtung veränderte sich im Zuge der internationalen Diskussionen zu Nachhaltigkeit im Rahmen der ersten Weltumweltkonferenz 1972 in Stockholm (Drexhage/Murphy 2010: 7). Im selben Jahr erschien „The Limits to Growth" als Bericht des Club of Rome zu den Grenzen des Wachstums (Meadows et al. 1972). 1987 legte die UN den sogenannten Brundtland-Bericht – benannt nach der Vorsitzenden der Konferenz Gro Harlem Brundtland – „Our Common Future" vor (UN 1987): „The Brundtland report provided the momentum for the landmark 1992 Rio Summit that laid the foundations for the global institutionalization of sustainable development" (Drexhage/Murphy 2010: 8). Auf dieser UN-Konferenz für Umwelt und Entwicklung 1992 in Rio de Janeiro erkannten 178 Länder das Konzept der nachhaltigen Entwicklung als internationales Leitbild an (BMZ 2023). Zu den zentralen Ergebnissen zählen die Rio-Deklaration, die dieses Leitbild über gemeinsame Grundsätze skizziert (UN 1992a), sowie

die Agenda 21, die bereits Wege der Umsetzung aufzeigt (UN 1992b). Über diese Meilensteine konnte das Leitbild einer nachhaltigen Entwicklung konsolidiert werden und der Nachhaltigkeitsgedanke schließlich eine globale Verbreitung erreichen. Die Bestrebungen, das Leitbild in konkrete Ziele zu fassen, mündeten in die 17 „Sustainable Development Goals (SDGs)" der Agenda 2030 der Vereinten Nationen aus dem Jahr 2015 (UN 2015a).

Auf nationaler Ebene verabschiedete die Bundesregierung 2002 ihre Strategie für eine nachhaltige Entwicklung unter dem Titel „Perspektiven für Deutschland“ und legte bereits 2004 einen ersten Fortschrittsbericht vor (Die Bundesregierung 2002, 2004). Diese Strategie wurde kontinuierlich weiterentwickelt. Auf Basis der Agenda 2030 und unter Bezugnahme auf die SDGs erfolgte 2016 eine Neuauflage (Die Bundesregierung 2016). Die bis dato neueste Auflage stammt aus dem Jahr 2021 (Die Bundesregierung 2021). Von den 17 SDGs adressiert insbesondere das Ziel 11 „Make cities and human settlements inclusive, safe, resilient and sustainable“ die nachhaltige (Weiter-) Entwicklung der Städte (UN 2015a: 21 f.). Die Bundesregierung sieht vor allem beim Ziel 11 die Raumordnung (bzw. Raumplanung) – unter anderem zur Integration der vielfältigen Stadt-(Um-) Land-Bezüge – in besonderer Verantwortung (Die Bundesregierung 2021: 266).

Im Kern beruht das Leitbild einer nachhaltigen Entwicklung „auf zwei grundlegenden Prämissen: auf Gerechtigkeit – zwischen den heute lebenden Menschen und zwischen diesen und künftig lebenden Menschen – und auf dem Gebot der Integration ökonomischer, sozial-kultureller und ökologischer Entwicklungsziele“ (Hofmeister et al. 2021: 9). Die Ausrichtung des Leitbilds spiegelt dessen normativen Charakter wider (Christmann et al. 2011: 10).

Der eher pragmatisch-normative Ansatz des Nachhaltigkeitskonzepts gab ebenso Anlass zur Kontroverse wie die Herausforderung, das Konzept analytisch zu fassen und über Indikatoren zu operationalisieren (ebd.: 11; vgl. hierzu Masson 2011; Hofmeister 2018). JAKUBOWSKI schließt sich nachdrücklich der Kritik Karl Homanns (1996) an, „dass es weder eine ausreichende Definition noch eine politiktaugliche Operationalisierung dieses Begriffs geben könne, da Nachhaltigkeit allein als Heuristik oder als regulative Idee aufzufassen sei“ (Jakubowski 2013: 371). Demnach geht es um eine Richtschnur für Forschen und Handeln sowie um das Eröffnen neuer gesellschaftlicher Ziel- und Handlungsfelder (ebd.). Eine weitere grundsätzliche Fragestellung betrifft die Gewichtung der drei Dimensionen von Nachhaltigkeit: Gibt es ein Primat der ökologischen Dimension oder sind alle Dimensionen gleichgewichtig? (Hofmeister 2018: 1590). Kritisiert wird vielfach auch eine zu geringe systemische Verknüpfung der drei Nachhaltigkeitsdimensionen und „dass die soziale Dimension in aller Regel zu kurz komme und der umfassende Anspruch des Nachhaltigkeitskonzeptes in dieser Hinsicht nicht erfüllt werde“ (Christmann et al. 2011: 11).

So bleiben die Ansätze einer nachhaltigen integrativen Stadt- und Regionalentwicklung laut HOFMEISTER eher vage, Nachhaltigkeit werde heute sektoral(er) gedacht und in neue Konzepte eingebunden (Hofmeister 2018: 1598 f.). Nachhaltigkeit ist demnach kein statisches Konzept, eher ein „concept in progress“, das stets weiterentwickelt und an neue Herausforderungen angepasst wird. Trotz aller Kritik hat es die nationalen und globalen Politiken jedoch positiv beeinflusst: „Der Begriff Nachhaltigkeit und der weltweite Diskurs hierzu hat die Welt zum Guten verändert – auch wenn er sie nicht gerettet hat“ (Jakubowski 2013: 371). Gleichwohl lässt sich feststellen, dass die akuten Krisen der vergangenen Jahre, allen voran die SARS-CoV-2-Pandemie, die Umsetzung von Nachhaltigkeitszielen zumindest ausgebremst haben und sich der Handlungsdruck weiter erhöht hat (UN 2021: 3; vgl. Koch/Krellenberg 2021: 15 ff.).

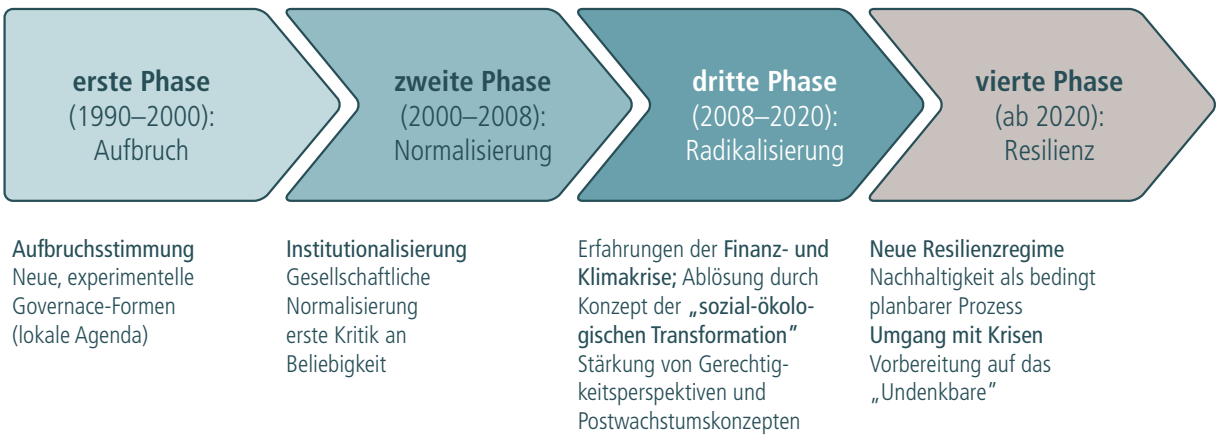
Nachhaltigkeit und Resilienz

In den vergangenen Jahren wurde Nachhaltigkeit deshalb verstärkt in Zusammenhang mit beziehungsweise in Abgrenzung zu Resilienz diskutiert (vgl. Kap. 9.2). Die Katastrophenvorsorge im

engeren Sinne wurde bereits im Rahmen der UN-Konferenz für Umwelt und Entwicklung 1992 in Rio de Janeiro thematisiert (Felgentreff et al. 2012: 59). In der Agenda 21 werden im Kontext einer nachhaltigen Siedlungsentwicklung die Siedlungsplanung in katastrophengefährdeten Gebieten, die Abschätzung und Minderung von Risiken, die Katastrophenvorsorge und -abwehr sowie Wiederaufbaumaßnahmen benannt (UN 1992a: 47 ff.). Die Agenda 2030 bezieht sich im (eher allgemeinen) Sinne eines „no one will be left behind" auf Vulnerabilität. Angestrebt wird eine Welt, in der die Bedürfnisse der vulnerabelsten Bevölkerungsgruppen Maßstäbe setzen: „A just, equitable, tolerant, open and socially inclusive world in which the needs of the most vulnerable are met" (UN 2015a: 1, 4). Resilienz wurde erst in den vergangenen Jahren explizit in programmatische Dokumente zu Nachhaltigkeit integriert. Bei der Weiterentwicklung der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung wird Resilienz zwar nicht direkt im Zielbild für ein nachhaltiges Deutschland verankert, allerdings neben „***dem Vorsorgeprinzip, der demokratischen Teilhabe, der Anerkennung von ökologischen Grenzen und Menschenrechten […] als ein wichtiges, jetzt prominenter werdendes Element des Leitprinzips nachhaltiger Entwicklung gewertet***" (Die Bundesregierung 2021: 29). Für die Städte und Gemeinden wird die Umsetzung einer „gemeinwohlorientierte[n], partnerschaftliche[n] und resiliente[n] Stadtentwicklung" angestrebt (ebd.: 265).

Doch welche Bezüge existieren zwischen der Leitvorstellung der Nachhaltigkeit und dem Resilienzgedanken? Hierzu gibt es unterschiedliche Einlassungen und Auffassungen (vgl. u. a. Greiving 2002; Birkmann 2006; Bohle 2008; Christmann et al. 2011; Jakubowski 2013; Schaffer et al. 2014; Vogt 2015; Fekkak et al. 2016; Folke 2016; BBSR 2018; Schulwitz 2020; Brand 2020; Siedentop 2021a). Es steht sogar die Frage im Raum, inwieweit das „Resilienzdenken eine Abkehr vom Leitbild einer nachhaltigen Stadtentwicklung" erfordert (Jakubowski 2013: 371) oder ob es sich gerade nicht um ein stadtplanerisches Leitbild handeln könne, da Resilienz eher die Fähigkeit eines Systems im Umgang mit spezifischen Stressoren beschreibt (BBSR 2018: 16). Neuen Schub bekam diese grundlegende Frage mit der SARS-CoV-2-Pandemie, die einmal mehr das Momentum des Unsicheren, Ungewissen und Prekären betonte: „Je weniger akute Gefährdungen aber als singuläre Ereignisse, sondern als Teil einer unsicheren, von multiplen Krisen und Katastrophen bedrohten Welt wahrgenommen werden, desto zentraler wird eine am ***Leitbild der Resilienz*** orientierte Krisen- und Katastrophenvorsorge" (Brand 2020: 17). BRAND stellt heraus, dass in dieser Welt die Machbarkeit, Steuer- und Planbarkeit auf dem Prüfstand stehe (ebd.: 18), die durch die Pandemie eingeläutete „vierte Phase des Nachhaltigkeitsprozesses durch das Resilienzschema geprägt" werde und die Nachhaltigkeitsziele im Kontext des „resilience thinking" eine Neugewichtung erfahren müssten (ebd.: 19; vgl. Abb. 29). SIEDENTOP (2021b) greift diesen Gedanken auf und sieht in der

Abbildung 29: Durch das Resilienzschema geprägte vierte Phase des Nachhaltigkeitsprozesses
Quelle: Siedentop 2021b basierend auf Brand 2020; grafische Darstellung angepasst, geringfügig verändert



Verknüpfung von Nachhaltigkeit und Resilienz die Möglichkeit einer Verständigung auf Langfristziele bei flexibler und adaptiver Zielerreichung.

Das Verhältnis zwischen Nachhaltigkeit und Resilienz wird sicherlich Gegenstand weiterer, durchaus kontroverser Debatten sein. Wie komplex sich die wechselseitigen Bezüge von Resilienz und Nachhaltigkeit darstellen (können), erläutern SCHAFFER et al. am (vereinfachten) Beispiel unterschiedlicher Systemzustände (Schaffer et al. 2014: 63 f.; vgl. Abb. 30). Sie unterscheiden dabei vier Regime (R1 bis R4), wobei

1. sich hohe Resilienz unterstützend auf bereits nachhaltige Systeme auswirkt (R1),
2. geringe Resilienz hingegen eine politische Steuerung und Stabilisierung erfordert (R2),
3. bei nicht-nachhaltigen Systemen durch eine hohe Resilienz sozusagen ein Lock-in-Effekt erzeugt und Transformation zu mehr Nachhaltigkeit erschwert wird (R3)
4. und schließlich eine geringe Resilienz bei diesen Systemen jedoch Transformation ermöglichen kann (R4).

Grundsätzlich lässt sich mit VOGT schlussfolgern, dass sich die Konzepte von Nachhaltigkeit und Resilienz (zumindest) wechselseitig ergänzen können (Vogt 2015: 22). VOGT sieht Nachhaltigkeit als das umfassendere, stark normativ geprägte Konzept, wohingegen Resilienz das Prozesshafte und Systemische in den Vordergrund rückt: „Sie denkt Nachhaltigkeit gewissermaßen vom anderen Ende her, nicht von wünschenswerten Zielen, sondern von möglichen Gefährdungen und unvorhergesehenen Schwierigkeiten“ (ebd.). Resilienz fokussiert damit den Umgang mit Transformation, adaptivem Risikomanagement und sozialem Lernen – Kernkompetenzen im Umgang mit Risikowelten (Bohle 2008: 440). Insofern scheint „ein Nachhaltigkeitsbegriff ohne den Resilienzgedanken der Vergangenheit anzugehören“ (Christmann et al. 2011: 12). Auch der Beirat für Raumentwicklung schätzt das Resilienzkonzept als eine „zeitgemäße Ergänzung und Weiterentwicklung des Nachhaltigkeitsprinzips“ für die Raumentwicklung und Raumordnung ein (Kilper et al. 2017: 3).

Es ist davon auszugehen, dass mit dem Resilienzparadigma die Notwendigkeit dafür erkannt wird, die Reduktion von Risiken und Vulnerabilitäten in Strategien einer nachhaltigen Entwicklung zu integrieren (Birkmann 2006: 43) und mit dem Risikofokus zugleich der Handlungsdruck in Richtung Nachhaltigkeit vergrößert wird (UBA 2017b: 42).

Abbildung 30: Beziehungstypen von Resilienz und Nachhaltigkeit
Quelle: Schaffer et al. 2014: 63; grafische Darstellung angepasst

originärer Systemzustand	hohe Resilienz	geringe Resilienz
nachhaltig	unterstützend (R1)	fordernd (R2)
nicht nachhaltig	erschwerend (R3)	ermöglichend (R4)

9.2 Resiliente Raum- und Stadtentwicklung

Resilienz bedeutet gemäß UN Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR): „The ability of a system, community or society exposed to hazards to resist, absorb, accommodate to and recover from the effects of a hazard in a timely and efficient manner, including through the preservation and restoration of its essential basic structures and functions“ (UN/ISDR 2009: 24). Die Gestaltung resilienter (räumlicher) Systeme kann angesichts unwägbarer zukünftiger Entwicklungen als angemessene Form des Umgangs mit Unsicherheit betrachtet werden (von Gleich et al. 2010: 13). Resilienz lässt sich dabei zum einen als Systemeigenschaft verstehen (BBSR 2018: 16), zum anderen durchaus als Konzept mit einer verstärkt normativen Ausrichtung (von Gleich et al. 2010: 18).

Ein früher Ansatz, das Resilienzkonzept für die räumliche Planung nutzbar zu machen – und zwar mit Fokus auf den städtischen Raum – stammt von GODSCHALK (2003: 136). Er stellte auf Basis vorliegender Erkenntnisse aus der Literatur eine Reihe von Eigenschaften zusammen, die für resiliente Systeme ausschlaggebend sind (ebd.: 139, vgl. Tab. 6). Diese Eigenschaften sind bis heute relevant bei der Operationalisierung von Resilienz für die räumliche Planung.

Der Resilienzgedanke hat im Vergleich zur internationalen und europäischen Ebene in Deutschland eher verzögert Einzug in planungspolitische Diskussionen gehalten (UBA 2017b: 32). Der Beirat für Raumentwicklung hat sich deshalb intensiv mit der Relevanz des Begriffs und seinem Potenzial für die Raumentwicklung in Deutschland auseinandergesetzt (Kilper et al. 2017). Er betont dabei den doppelten Perspektivwechsel, der sich mit dem Resilienzkonzept verbindet: Dieser liegt zum einen in der Annahme begründet, dass sich die Gesellschaft mit zunehmend multiplen und komplexen Gefährdungslagen auseinandersetzen muss (ebd.: 5). Zum anderen hängt er mit der Erkenntnis zusammen, dass „es angesichts dieser neuen Qualität gesellschaftlicher Gefährdungen nur bedingt weiterführend ist, potentiell gefährdende Ereignisse als ‚Risiko‘ zu konzeptionalisieren und in Form von Eintrittswahrscheinlichkeiten und potenziellen Folgen zu berechnen, wie es der gängige Risikobegriff verlangt“ (ebd.). Das Resilienzkonzept trage dem Vorsorgecharakter von Planung in einer unsicheren und hochvernetzten Welt eher Rechnung (ebd.: 4), vor allem durch die Schlüsselfaktoren zur Resilienzbildung von Städten und Regionen: Redundanz, Dezentralität,

Tabelle 6: Eigenschaften resilienter Systeme
Quelle: eigene Zusammenstellung nach Godschalk 2003: 139

Redundanz	Das System ist mit funktionell ähnlichen Komponenten ausgestattet, sodass es auch bei Ausfall einzelner Komponenten aufrechterhalten werden kann.
Diversität	Das System verfügt über eine Reihe funktionell unterschiedlicher Komponenten, um es vor verschiedenen Bedrohungen zu schützen.
Effizienz	Der Ressourceneinsatz steht in einem positiven Verhältnis zu Systemleistungen.
Autonomie	Das System ist in der Lage, unabhängig von anderen Systemen zu arbeiten.
Stärke (heute eher Robustheit)	Das System erweist sich als robust gegenüber externen Stressoren.
Interdependenz	Das System verfügt über Komponenten, die miteinander verbunden sind, sodass sie sich gegenseitig unterstützen.
Anpassungs-fähigkeit	Das System kann aus Erfahrungen lernen und besitzt die Flexibilität, sich zu verändern.
Kooperations-orientierung	Das System nutzt vielfältige Möglichkeiten und Anreize für eine breite Beteiligung von Interessengruppen.

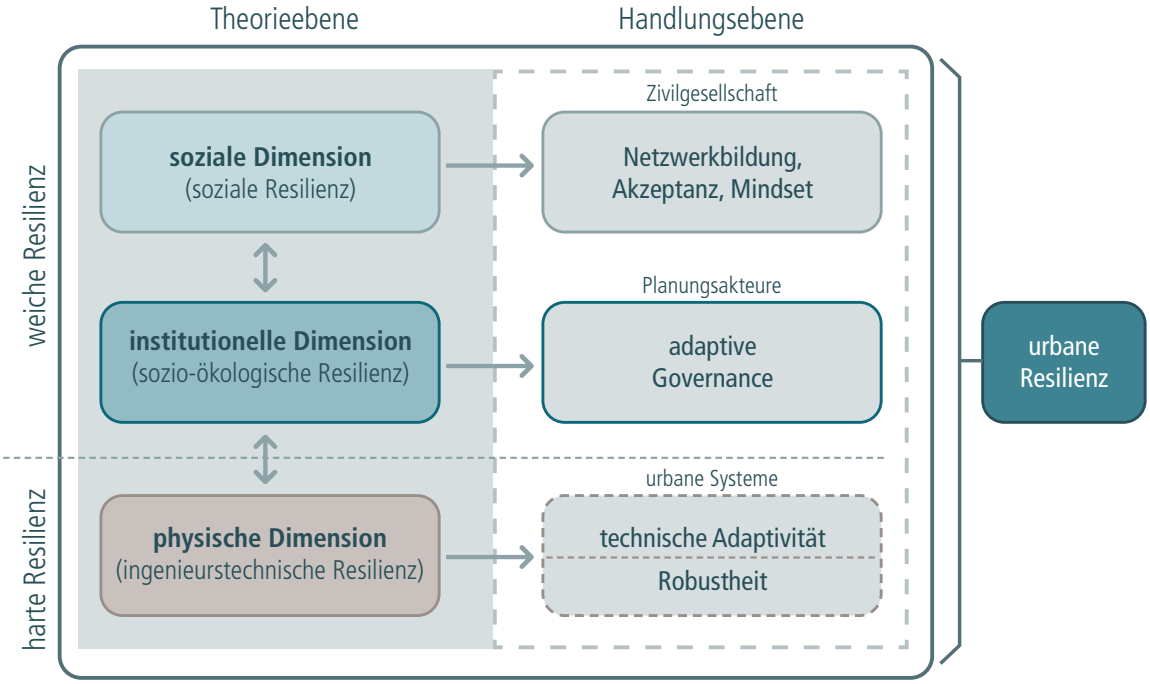
Kommunikation und „Governance of Preparedness“, Flexibilität und Anpassungsfähigkeit in den Planwerken sowie Vernetzung (ebd.: 19).

Der Umlaufbeschluss der MKRO vom November 2021 bezieht sich gleichfalls auf die Sicherstellung resilienter Raumstrukturen – als eine zentrale Lehre aus den Erfahrungen mit der SARS-CoV-2-Pandemie (MKRO 2021). Sie sieht die räumliche Planung aufgrund ihres Vorsorgeprinzips besonders in der Verantwortung dafür, einen größeren Beitrag zur Gewährleistung belastbarer und anpassungsfähiger Raumstrukturen zu leisten. Allerdings erschöpfe sich Resilienz nicht nur in raumstrukturellen Gegebenheiten, sondern werde maßgeblich durch kontinuierliche Lern- und Transformationsprozesse initiiert (ebd.). Ein zentraler Ausgangspunkt der Diskussion stellt dabei das gängige Prinzip der Konzentration und Bündelung von Siedlungs- und Infrastrukturen dar: „Concentration […] aggregates risks, and often makes them more difficult to manage“ (OECD 2003: 14; vgl. zudem Greiving et al. 2023). Dies gilt insbesondere für städtische und gefahrenexponierte Räume: „economic growth and concentration of population in threatened areas lead to an increasing vulnerability, even if hazards occur not more often than before“ (Dzurdženík et al. 2015: 1).

Urbane Resilienz als Leitvorstellung für krisenfestere Städte

Für die städtische Ebene beschreibt die UN-Habitat urbane Resilienz als „the measurable ability of any urban system, with its inhabitants, to maintain continuity through all shocks and stresses, while positively adapting and transforming toward sustainability“ (UN-Habitat 2023). FEKKAK et al. schlagen für die Stadtforschung und Planungspraxis folgendes Resilienzverständnis vor: „Eine resiliente Stadt oder eine resiliente Gesellschaft verfügt über eine hohe Anpassungskapazität und ist in der Lage, sich sowohl reaktiv als auch proaktiv an sich wandelnde Umweltbedingungen anzupassen und sich von den negativen Folgen schnell zu erholen“ (Fekkak et al. 2016: 10). Eine planungsorientierte Weiterentwicklung der Dimensionen urbaner Resilienz legt SCHULWITZ vor (Schulwitz 2020: 185 ff.; vgl. Abb. 31): Er unterscheidet „eine Dimension, die auf die technisch-

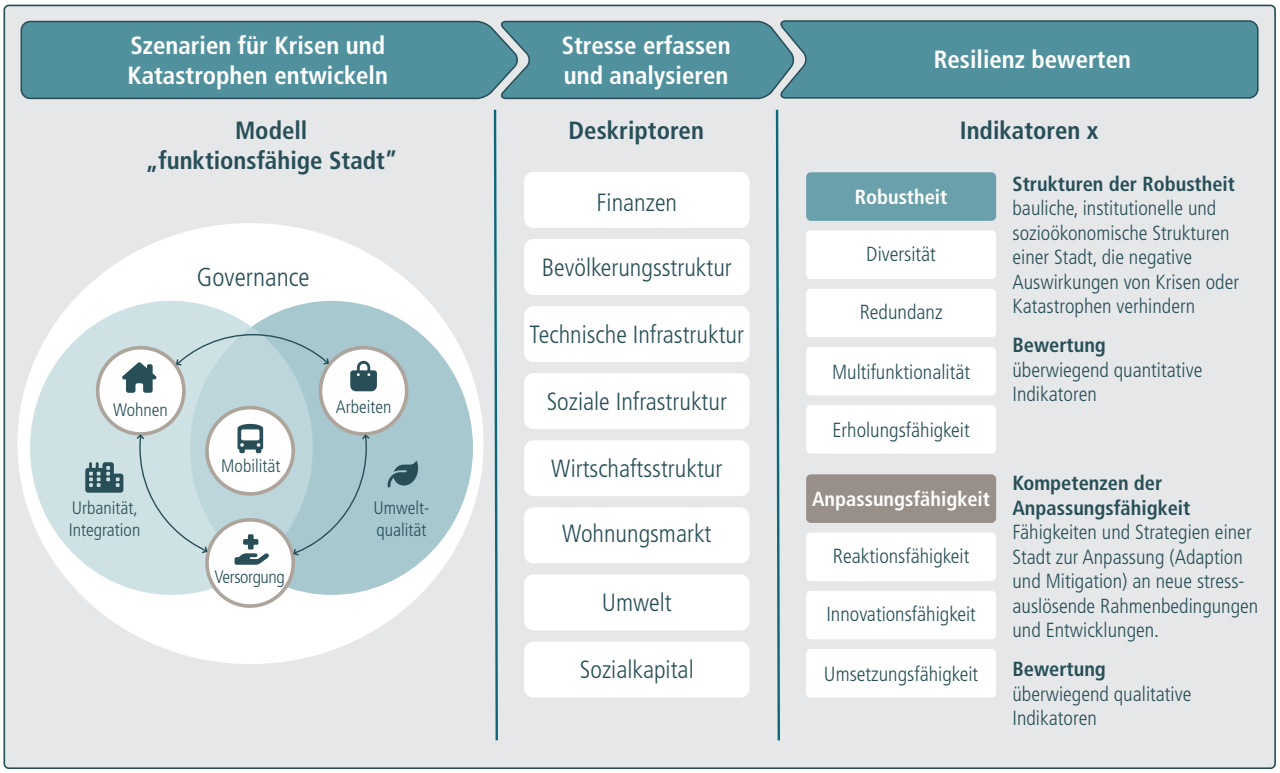
Abbildung 31: Das Dimensionen-Konzept urbaner Resilienz
Quelle: Schulwitz 2020: 189; grafische Darstellung angepasst



baulichen Elemente einer Stadt ausgerichtet ist. Eine weitere Dimension, die die Planungsakteure und -institutionen adressiert und so auf die Gestaltung des Planungsprozesses ausgerichtet ist. Die dritte Dimension sollte sich auf die soziale Komponente, also die Stadtgesellschaft und ihren möglichen Beitrag zur Steigerung der Resilienz fokussieren“ (ebd.: 188).

Der „Stresstest Stadt – wie resilient sind unsere Städte“ des BBSR versucht, neben einer Einordnung des Resilienzkonzepts zugleich Werkzeuge für eine resiliente Stadtentwicklung und krisenfeste Stadtplanung zu entwickeln (BBSR 2018; vgl. Abb. 32). Dazu soll ein Resilienzindex dienen, der sowohl auf disruptive Ereignisse wie auch auf schleichende Trends ausgerichtet und für acht ausgewählte Stress-Szenarien konzipiert ist (ebd.: 11). Er basiert auf dem Modell einer „funktionsfähigen Stadt“ und den damit verbundenen Grundfunktionen wie Wohnen, Arbeiten und Versorgung, die über sogenannte Deskriptoren abgebildet werden. Zur Einschätzung der Resilienz städtischer Systeme werden zwei übergeordnete Charakteristika benannt und diesen weitere Resilienzmerkmale zugeordnet: die Robustheit der städtischen Strukturen sowie die Anpassungsfähigkeit städtischer Systeme (ebd.: 17). Es handelt sich um einen multikriteriellen Ansatz, der über mehrere Aggregationsstufen in einer Indexbildung mündet. Höhere Indexwerte bedeuten dabei eine höhere Resilienz im Vergleich zu anderen Städten mit niedrigeren Werten: „Mit dem Stresstest kann daher keine absolute Aussage zur Resilienz einer Stadt abgeleitet werden. Dies ist schon deshalb nicht möglich, weil bislang weder absolute Skalen zur Resilienz noch belastbare Kenntnisse zu den Kipppunkten der Stadtentwicklung vorliegen“ (ebd.: 12). Inwieweit dieser durchaus anspruchsvolle Operationalisierungsansatz seinen Weg in die Planungspraxis findet, wird sich zeigen müssen. Allerdings wird an diesem Beispiel deutlich, dass es ernsthafte und weitreichende Bemühungen gibt, die räumliche Planung über das Resilienzkonzept zu qualifizieren. Dies ist aus Perspektive der vorliegenden Arbeit bedeutsam, da das Resilienzkonzept eng mit dem Vulnerabilitätskonzept verknüpft ist (vgl. Kap. 4.2.5).

Abbildung 32: Das methodische Konzept für den Stresstest Stadt
Quelle: vereinfachte Darstellung nach BBSR 2020: 16, 25 auf Basis von empirica/gaiac/Universität Bonn



Vor dem Hintergrund der zunehmenden Bedeutung von Resilienz gerade für den städtischen Raum hat das BMI im Rahmen der Nationalen Stadtentwicklungspolitik ein „Memorandum Urbane Resilienz – Wege zur robusten, adaptiven und zukunftsfähigen Stadt“ herausgebracht (BMI 2021). Das Memorandum fordert einen Perspektivwechsel in der Stadtentwicklung ein: Urbane Resilienz steht demnach „für eine umfassende Kultur, die geprägt ist durch einen gemeinsamen Perspektivwechsel, der kontinuierliches Lernen, bewährte Erfahrungen und Zukunftsvisionen ganzheitlich zusammenbringt“ und bedeutet, „neben der All-Akteurs- und All-Sektoren-Perspektive auch stärker einen All-Gefahren-Ansatz zu berücksichtigen“ (ebd.: 6). Das Memorandum integriert darüber hinaus zusätzliche Aspekte, um „Städte und Gemeinden robuster, flexibler und anpassungsfähiger zu gestalten“ (ebd.: 3), unter anderem Aspekte des Risikomanagements, der Umweltgerechtigkeit, der Gesundheitsvorsorge und der Klimafolgenanpassung (ebd.: 5).

Verknüpfung mit der räumlichen Risikovorsorge

Ein weiterer Meilenstein in der politisch-programmatischen Integration des Resilienzkonzepts ist die Resilienzstrategie der Bundesregierung als Beitrag Deutschlands zur Umsetzung des Sendai Rahmenwerks für Katastrophenvorsorge (2015–2030) (BMI 2022). Im Kern geht es darum, den All-Gefahren-Ansatz und Ansätze des Risikomanagements in allen Sektorpolitiken sowie sektorübergreifend zu etablieren (ebd.: 20). Dabei kommt den Bereichen „Bauwesen, Kulturerbe, Stadtentwicklung, Dorf- bzw. Regionalentwicklung beziehungsweise ländliche Entwicklung und Raumplanung“ eine besondere Rolle zur Stärkung der Resilienz zu (ebd.: 43). Die Resilienzstrategie bezieht sich unter anderem auf die Ergebnisse des MORO „Vorsorgendes Risikomanagement in der Regionalplanung“ (BBSR 2020) und fordert ein risikobasiertes Vorgehen in der Raumordnung, das eine Abschätzung von raumrelevanten Risiken auf der Basis einer differenzierten Bewertung sowohl der Gefahren- als auch der Schutzgutseite ermöglicht (BMI 2022: 44).

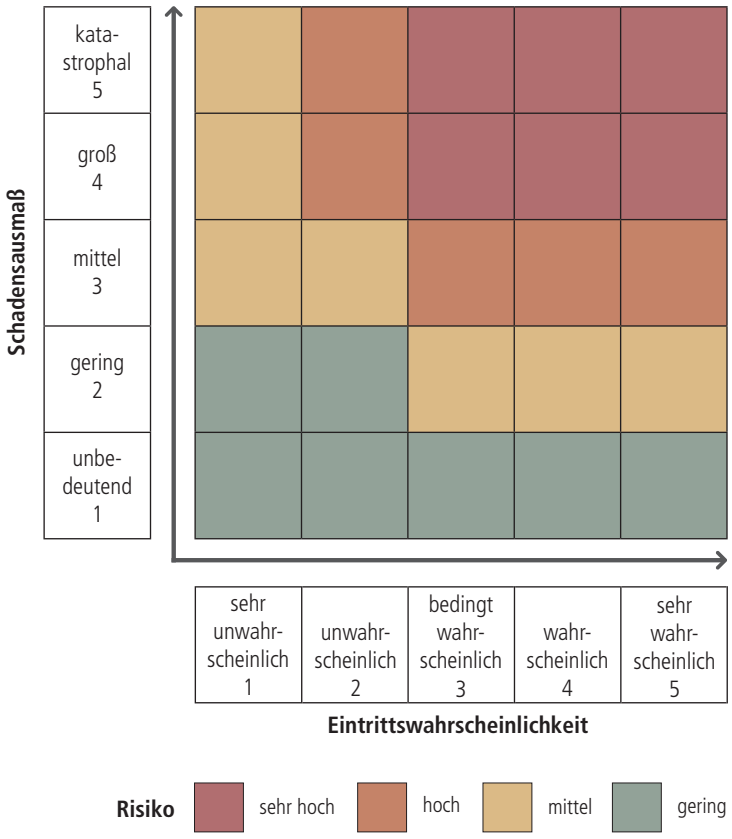
9.3 Räumliche Risikovorsorge

Die räumliche Risikovorsorge gilt als wesentlicher Beitrag für eine resiliente und nachhaltige Raumentwicklung (BMI 2022: 44; BBSR 2020). Sie ist Teil eines integrierten Risikomanagements, dessen Etablierung in Deutschland für die Praxis der Raumplanung noch am Anfang steht (vgl. Kap. 2.4). In Deutschland steht die Gefahrenabwehr (noch) im Vordergrund; im Gegensatz zur Gefahr ist Risiko kein traditioneller Rechtsbegriff (vgl. Greiving 2002; Greiving et al. 2016). Allerdings ist „[s]pätestens seit der Umsetzung der UVP-Änderungsrichtlinie in deutsches Recht (Richtlinie 2014/52/EU) […] eine sorgfältige Auseinandersetzung mit raumplanungsrelevanten Risiken in Planungsprozessen erforderlich“ (Greiving 2019a: 64). Sowohl im ROG als auch im BauGB besteht die Pflicht zur Umweltprüfung und damit zur Berücksichtigung von Risiken (vgl. Kap. 2.4 und 8.1). Ein Bezug zur Risikovorsoge wird im ROG zudem über § 2 Absatz 2 ROG in Bezug auf den vorbeugenden Hochwasserschutz, den Klimaschutz oder den Schutz kritischer Infrastrukturen hergestellt.

Mit dem Transfer der Grundprinzipien eines integrierten Risikomanagements in die Raumplanung beschäftigte sich in Deutschland vertieft zunächst ein Arbeitskreis der ARL (Pohl/Zehetmair 2011), im Anschluss das BBSR mit einer Reihe von Modellvorhaben der Raumordnung, sowohl im Kontext der Hochwasservorsorge (Hartz et al. 2017, BMVI 2017a) als auch des vorsorgenden Risikomanagement in der Regionalplanung (Hartz et al. 2015; Greiving et al. 2016; BBSR 2020; vgl. Kap. 2.4).

Insbesondere das MORO zum vorsorgenden Risikomanagement in der Regionalplanung knüpft an die konzeptionellen Arbeiten des BBK an (vgl. u. a. BBK 2005, 2009, 2010, 2011, 2013, 2019b). Das BBK befasst sich seit seiner Gründung 2004 mit neuen Herausforderungen und Strategien

Abbildung 33: Methodik des Bundesamts für Bevölkerungsschutz (BBK) zur Risikoeinstufung
Quelle: eigene Darstellung nach BBK 2010: 22

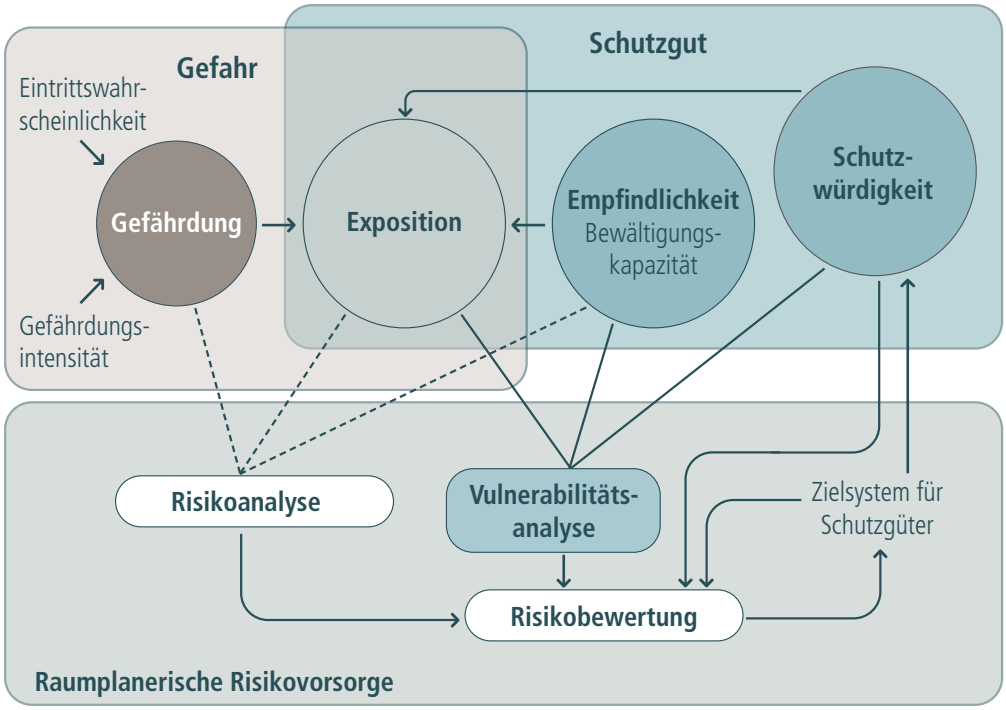


des Bevölkerungsschutzes (BBK 2023a). 2010 entwickelte das BBK eine Methode zur Risikoanalyse als Grundlage für den Bevölkerungsschutz und Kernelement des Risikomanagements (BBK 2010: 15; vgl. Abb. 33): Durch die Einführung einer Risko-Matrix, welche die Eintrittswahrscheinlichkeit mit dem Schadensausmaß verknüpft, lässt sich das Risiko in einer fünfstufigen Klassifizierung einschätzen (ebd.: 21 f.). Diese Risko-Matrix wurde im Rahmen des MORO für die Raumplanung adaptiert (BBSR 2020: 27; Hartz et al. 2020c: 31 ff.): Die differenzierte Betrachtung der Gefahrenseite beruht dabei auf einer räumlich konkreten Beschreibung von Art, Ausdehnung, Intensität und Häufigkeit der Gefährdung. Eine Bestimmung des Schadensausmaßes gemäß BBK ist im Kontext der Raumplanung wenig sinnvoll, da das Schadensausmaß die Empfindlichkeit von raumplanerisch relevanten Schutzgütern nicht angemessen abbildet, weshalb die Empfindlichkeit von Schutzgütern gegenüber den jeweiligen Gefahrenarten als Parameter genommen wurde. Das Risiko ergibt sich dann über eine Verknüpfung der Gefährdung mit der Empfindlichkeit der exponierten Schutzgüter über die Risiko-Matrix. Dieser Ansatz wurde in drei Modellregionen erfolgreich erprobt (Hartz et al. 2020c: 17 ff.) und zeigte, dass eine räumlich differenzierte Risikoanalyse einen zentralen Schritt hin zur Operationalisierung von Risiken für die Raumplanung darstellt (vgl. Abb. 34). Auf dieser Grundlage kann eine flächenkonkrete Risikovorsorge erfolgen (ebd.: 31), denn: „Ohne eine Evidenzgrundlage kann der Belang ‚Risiko' nicht sachgerecht in die planerische Abwägung eingestellt werden" (Hartz et al. 2015: 31).

Diese Erfahrungen fanden Eingang in die MOROs zur Vorbereitung des BRPH (Hartz et al. 2019; Hartz et al. 2020a). Damit wurden zum einen methodische Grundlagen für die Umsetzung des risikobasierten Ansatzes in der Raumplanung gelegt, zum anderen wurde mit dem Bundesraumordnungsplan Hochwasserschutz erstmals ein raumordnungsrechtlicher Rahmen hierzu geschaffen. Somit muss – zumindest für den Bereich der raumplanerischen Hochwasservorsorge – der risikobasierte Ansatz für (alle) Ebenen der Raumplanung umgesetzt werden.

Zugleich ist davon auszugehen, dass sich die Umsetzung in der Planungspraxis allein schon mit Blick auf die methodischen Herausforderungen und die zur Verfügung stehenden Basisdaten als schwierig erweisen wird (Hartz et al. 2020c: 49 ff.). Hinzu kommt, dass im Umgang mit Risiken sehr unterschiedliche Ansätze existieren: So steht bei deterministischen Ansätzen ein gesetzter Bemessungsfall, wie beispielsweise bei nach WHG festgesetzten Überschwemmungsgebieten, oder ein normierter Sicherheitsstandard, zum Beispiel im Kontext der Anlagengenehmigungen nach BImSchG, im Vordergrund – ganz im Sinne der Gefahrenabwehr (Greiving 2019a: 66). Demgegenüber basieren probabilistische Ansätze auf einer Einschätzung des Risikos durch die Verknüpfung von Eintrittswahrscheinlichkeiten und dem Maß der Auswirkungen, woraus sich „Schadenserwar-

Abbildung 34: Risikokonzept in der Raumplanung
Quelle: vereinfachte und veränderte Darstellung nach BBSR 2020: 24 f.



tungswerte“ ableiten lassen (ebd.: 67). Hier kann zwischen quantitativen Risikoanalysen, wie sie unter anderem in der Versicherungswirtschaft zum Einsatz kommen, und qualitativen Risikoanalysen – beispielsweise die Risko-Matrix des BBK oder indikatorenbasierte Risiko-Indizes – unterschieden werden (ebd.: 68). GREIVING plädiert zwar grundsätzlich für eine Nutzung probabilistischer Ansätze beim raumplanerischen Umgang mit Risiken, da deterministische Ansätze aufgrund eines einheitlich einzuhaltenden Schutzniveaus keine raumstrukturelle Differenzierung, insbesondere auf Basis unterschiedlicher Vulnerabilitäten, zulassen (ebd.: 70). Gleichwohl benennt er als grundlegende Schwierigkeit die Bestimmung von Risiken bei ungewissen Entwicklungen, beispielsweise im Zusammenhang mit dem Klimawandel, oder bei seltenen Ereignissen wie Erdbeben, und plädiert deshalb für ein szenariobasiertes Vorgehen (ebd.: 71 f.; vgl. Kap. 7.2.3).

Wachsende Unsicherheiten in Abhängigkeit vom Risikotyp

„Risiko macht die Kontingenz des sozialen Lebens bewußt - alles könnte auch anders möglich sein und verweist gleichzeitig in der Gegenwart auf die Zukunft -, jede Entscheidung kann sowohl gute als auch schlechte Folgen haben“ (Bechmann 1997b: 269). BECHMANN schlussfolgert angesichts (neuer) Risiken der Moderne, dass sowohl die gesellschaftliche Dimension von Risiko als auch die mit der Risikofrage verbundenen Unsicherheiten in den Fokus rücken müssen: „Nicht um die Verbannung der Unsicherheit kann es gehen, sondern der Umgang mit Unsicherheit muß zu einem gesellschaftlichen Lernprozeß werden“ (ebd.). LUHMANN benennt als zentrale Herausforderung die „Diskrepanz von Vergangenheit und Zukunft“: Zukunft könne über die Interpretation von Vergangenem und Erinnertem nicht ohne Weiteres antizipiert werden, damit bleibe „die Einschätzung von Risiken gegenwartsabhängig“ (Luhmann 2003: 49 f.). Zumal sich die Bewertung von Risiken mit dem Eintreten oder Nichteintreten eines Schadens rückblickend verändere: „Die Zeit selbst erzeugt diese Einschätzungsdifferenz, und dagegen kann keine stets gegenwärtige Kalkulation etwas ausrichten“ (ebd.: 51). Um für die Gegenwart konsensfähige Entscheidungsgrundlagen zu finden, seien bisherige Routinen der Entscheidungsvorbereitung zu hinterfragen (ebd.: 57).

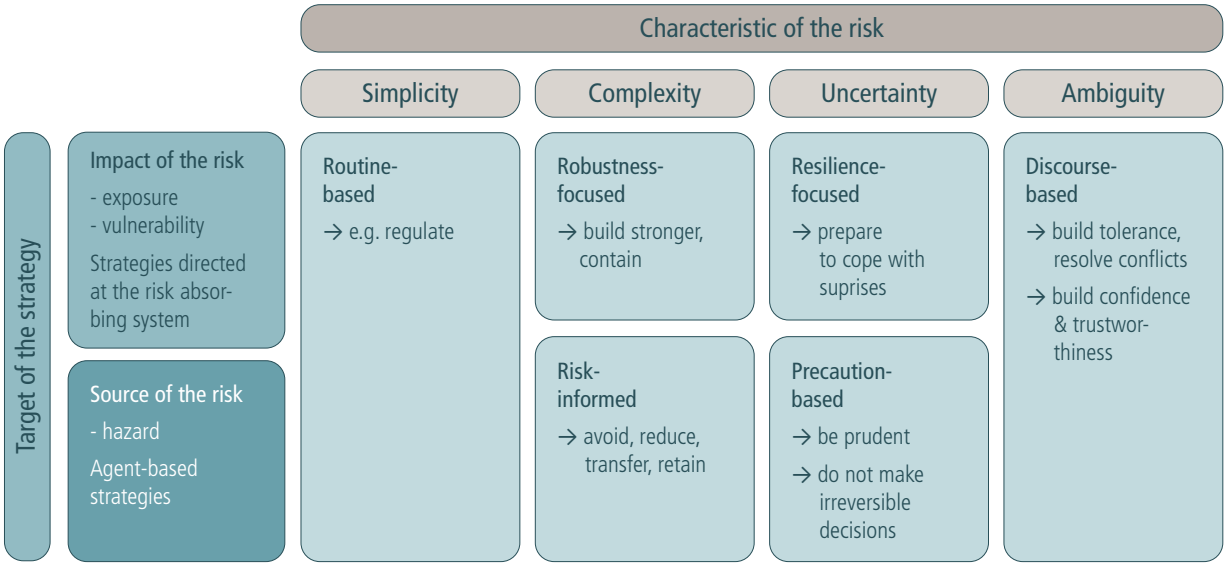
Der Umgang mit Unsicherheiten betrifft die Raumplanung unmittelbar, da sie über ihre Instrumente und Verfahren die zukünftige Entwicklung von Städten und Regionen beeinflusst. Allerdings ist vor allem die formelle Raumplanung in erster Linie darauf ausgelegt, einen anzustrebenden, definierten Endzustand aufzuzeigen. Die Dynamik der Transformationsprozesse auf allen Ebenen stellt diese Vorgehensweise immer stärker infrage. Hinzu kommt, dass die Befassung mit räumlicher Risikovorsorge in besonderer Weise die Unsicherheiten offenlegt, die sich mit Risiken verbinden. Risiken sind dabei nicht gleich Risiken. Auch wenn die Übergänge sicherlich fließend sind, zeigt die Differenzierung von Risikotypen die damit verbundenen Bedarfe in Bezug auf eine Verarbeitung in der Raumplanung (IRGC 2017: 24 f.; Dzurdženík et al. 2015: 34 f.; vgl. Abb. 35):

- **„Einfache" Risiken**, die sich auf ein überschaubares Zusammenspiel zwischen (örtlich begrenzten) Gefährdungen und exponierten Schutzgütern beziehen, können über vorhandene Daten gut eingeschätzt werden. Darüber können angemessene Grundlagen für eine Entscheidungsfindung erstellt werden, zum Beispiel über geeignete Maßnahmen der Risikovorsorge. Als Beispiel können lokal starkregengefährdete bauliche Situationen dienen, die über geeignete Maßnahmen der Retention oder der Bauvorsorge entschärft werden.

- **„Komplexe" oder „systemische" Risiken** lassen eine umfassende Aufbereitung über vorhandene Daten nicht mehr zu: Die Risikoanalysen können das komplexe, in den Kausalzusammenhängen meist nicht mehr nachvollziehbare räumliche Risikosetting nur näherungsweise darstellen. Hierunter zählen unter anderem Situationen, an denen unterschiedliche Gefahrenarten oder Stressoren auf verschiedene Schutzgüter treffen, sodass zugleich Wechselwirkungen entstehen (können). Wichtig ist es, die Analyse der Gefährdungen beziehungsweise Stressoren sowie der Vulnerabilität von Schutzgütern möglichst transparent, konsistent und auf Basis aktueller Daten nachzuvollziehen, um eine qualifizierte Einschätzung der Risiken und eine Entscheidung über den Umgang damit zu ermöglichen.

- **Risken mit einem hohen Grad an Unsicherheit**: Viele Risiken, die sich mit dem Klimawandel und seinen Auswirkungen verbinden, bedeuten ein hohes Maß an Unsicherheit, da über die Projektionen zum Klimawandel lediglich ein Korridor möglicher zukünftiger Entwicklungen aufgespannt wird. Wie sich der Klimawandel, auch in Verbindung mit sozioökonomischen

Abbildung 35: Risikotypen des International Risk Governance Council
Quelle: IRGC 2017: 25; grafische Darstellung angepasst



Transformationsprozessen, letztlich konkret auswirkt, lässt sich ebenfalls nur in Bandbreiten ausdrücken. Diesen Unsicherheiten muss im Rahmen von Risikoanalysen und -bewertungen begegnet werden, beispielsweise durch die Arbeit mit Szenarien und über eine aktive Beteiligung von Schlüsselakteuren. Darüber hinaus ist es Aufgabe der Raumplanungsakteure, mit der Ausgestaltung ihrer Instrumente angemessen auf diese Unsicherheiten zu reagieren (s.u.).

- **Risiken mit einem hohen Grad an Mehrdeutigkeit („ambiguity"):** Diese Mehrdeutigkeit von Risiken resultiert aus unterschiedlichen gesellschaftlichen Zuschreibungen und Bewertungen, die sowohl die Gefahren- als auch die Schutzgutseite betreffen können. Das heißt, es liegt hier keine Eindeutigkeit vor; vielmehr spiegelt sich in der Gesellschaft eine Vielfalt an konkurrierenden Einschätzungen dieser Risiken und des Umgangs mit ihnen. Hierin zeigt sich in besonderem Maße die Kontingenz von Risiken und der gesellschaftlichen Antworten darauf. Die räumliche Planung sollte diese Vielfalt über eine breite Beteiligung der Zivilgesellschaft in ihre Verfahren integrieren und die Konsequenzen unterschiedlicher Perspektiven transparent darlegen. Diese Art von Wissensproduktion und (gemeinsamem) sozialem Lernen schlägt die Brücke zur Leitvorstellung einer auf Resilienz ausgerichteten Raumentwicklung (vgl. Kap. 8.2).

Unsicherheiten bei der Risikoeinschätzung resultieren aus unterschiedlichen Quellen: So lassen sich Gefährdungen und Vulnerabilitäten von Schutzgütern in Mensch-Umwelt-Systemen nur auf Basis ausgewählter Indikatoren beschreiben, wodurch sie in ihrer Komplexität nie gänzlich erfassbar sind. Die Modelle zur Beschreibung des Status quo gehen von Annahmen zu Art und Umfang von Wirkungszusammenhängen aus; die Eingangsgrößen dieser Modelle sind stets mit Unsicherheiten verbunden. Kombinations- und Wechselwirkungen, Domino- und kaskadierende Effekte sind für den Ereignisfall nur schwer abzuschätzen. Hinzu kommt, dass Schutzziele und Schwellenwerte zur Bewertung von Risiken oftmals fehlen. Der Grad der Unsicherheit erhöht sich zudem unweigerlich mit einer Einschätzung zukünftiger Entwicklungen, insbesondere hinsichtlich eines längeren Zeitraums wie beispielsweise bei globalen Klimamodellen. Insofern ist dem zeitlichen Aspekt ein besonderes Augenmerk zu widmen und die Analysen sind stärker auf eine Trennung der Zeitebenen und auf das Arbeiten mit Szenariokorridoren auszurichten (vgl. Kap. 7.2.3).

Strategien zum Umgang mit Unsicherheit in der räumlichen Planung

Der Umgang mit Unsicherheiten erfordert eine Neuorientierung der räumlichen Planung, deren formelles Instrumentarium traditionell eher auf eine „lineare" Verfahrenspraxis ausgerichtet ist (Lamker 2016: 11, 18). Dazu gibt es bereits vielfältige Überlegungen: „Mit Begriffen wie Trendbeobachtung, Wandelmanagement, adaptiver Planung oder strategischer Navigation wird in verschiedenen Formen ein Weg aufgezeigt, Planung anders als in linearer Form von Analyse, Planung, Umsetzung und Monitoring/Evaluation zu sehen" (ebd.: 11). Planung wird so zum adaptiven Prozess mit (kooperativen) Rückkopplungsschleifen und zum raumbezogenen Management (ebd.: 18, 39, grundlegend dazu Wiechmann 2008), das auch Beiträge zu einem integrierten Risikomanagement leisten kann (BBSR 2020: 69 ff.). SCHULWITZ verbindet den Gedanken der adaptiven Steuerung mit dem kontinuierlichen Wandel komplexer Mensch-Umwelt-Systeme: So „sollte kontinuierlich evaluiert werden, ob veränderte Rahmenbedingungen die Vulnerabilität einzelner Teilsysteme erhöht haben oder ob sich ein Handlungsfenster zur Weiterentwicklung des Systems ergibt, auch wenn mitunter noch kein akuter Handlungsdruck besteht" (Schulwitz 2020: 195).

Damit rücken neben der räumlichen Risikovorsorge die Unterstützung von Transformationsprozessen und die Erhöhung der systemischen Resilienz in den Fokus. Die Umsetzung Letzterer steht im Kontext der räumlichen Planung sicherlich noch am Anfang. Gleichwohl gibt es auch innerhalb des aktuellen formalrechtlichen Rahmens Möglichkeiten, den Umgang mit Unsicherheiten über geeignete strategische Ansätze zu adressieren (vgl. Tab. 7). Die verschiedenen Strategien zeigen,

Tabelle 7: Strategische Ansätze zur Bewältigung von Unsicherheit in der räumlichen Planung
Quelle: eigene Darstellung auf Basis von Hallegate 2009: 244 ff.; BMVBS 2013a: 23 ff., 50 f.; BMVBS 2013b: 14 f.; BBSR 2020: 52 f.; Birkmann et al. 2023: 57 ff.

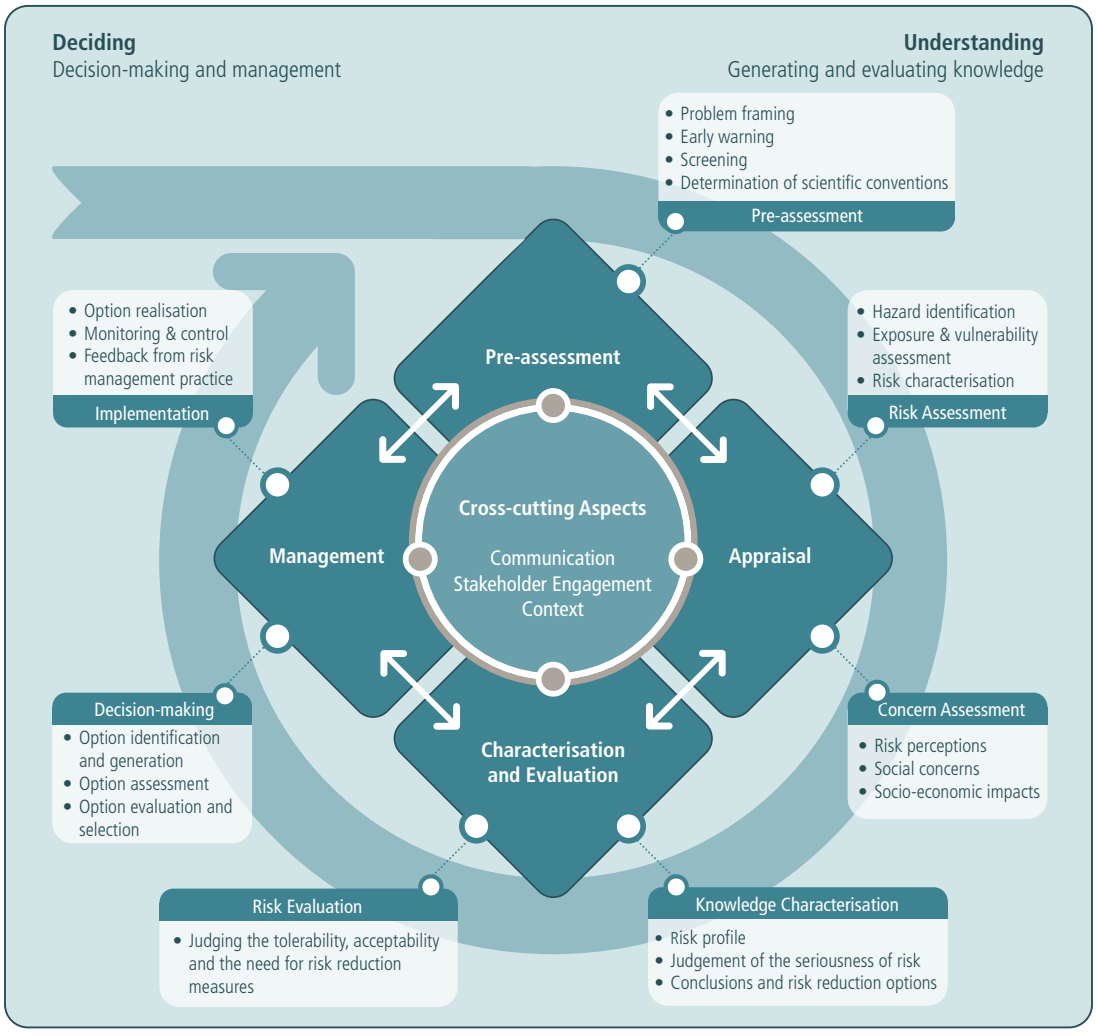
Strategischer Ansatz	Erläuterung	Anknüpfungspunkte zu Risiko und Vulnerabilität
No-regret-Strategien	Als zentraler Ansatz zur Bewältigung von Unsicherheit in Planungs- und Entscheidungsprozessen gelten No-regret-Strategien, die – unabhängig von sich ändernden Rahmenbedingungen – aller Voraussicht nach positive Effekte erzielen und keine negativen Folgen erwarten lassen. Oftmals wird die Implementierung grün-blauer Infrastrukturen in Städten als Beispiel angeführt: Diese können vielfältige Ökosystemleistungen erbringen, ohne auf eine spezifische Ausgleichsfunktion ausgerichtet zu sein, und erzielen damit in der Regel einen generellen Mehrwert für eine nachhaltige und resiliente Stadtentwicklung.	Dieser Ansatz lässt sich gut auf Vulnerabilitätsmuster übertragen: Die Reduktion (sozialer) Vulnerabilitäten in Städten kann grundsätzlich dazu beitragen, das Risikoniveau abzusenken. Sie leistet zugleich einen sinnvollen Beitrag zu tradierten wie aktuellen Leitvorstellungen der Raum- und Stadtentwicklung und erscheint vor diesem Hintergrund als eine No-regret-Strategie, insbesondere in Risiko-Hotspots.
Sequenzielle und reversible Strategien	Hierunter werden Optionen zusammengefasst, die auf eine Flexibilisierung von Planung vor dem Hintergrund sich ändernder Rahmenbedingungen abzielen. Die planerischen Entscheidungen werden über „Wenn-dann-Relationen" in Abhängigkeit des Eintretens bestimmter Entwicklungen zeitlich und räumlich priorisiert. Dies lässt sich im Flächennutzungsplan beispielsweise für geplante Bauflächen darstellen: Diese werden auf Basis der „Wenn-dann-Relationen" in abgestufter Folge in Anspruch genommen (ggfs. auch zurückgenommen).	Die „Wenn-dann-Relationen" können sich explizit auf Gefahrenlagen beziehen: Das heißt, dass Bauflächen, die in gefahrenexponierter Lage realisiert und damit neue Risiken schaffen würden, nachrangig umgesetzt oder – in Abhängigkeit der Entwicklungen – sogar zurückgenommen werden. So bleiben Planungsoptionen reversibel, wenn sich projizierte oder auch unerwartete Entwicklungen einstellen, die eine Realisierung aufgrund sich verschärfender Gefahrenlagen nicht sinnvoll erscheinen lassen. Auch für die Innenentwicklung bieten sich Möglichkeiten, die Mobilisierung von Baulandreserven an einen risikovorsorgenden Regelungsmechanismus zu koppeln, um beispielsweise thermisch hoch belastete Quartiere mit einem hohen Anteil vulnerabler Bevölkerungsgruppen nicht durch weitere Versiegelung zu belasten.
Safety-Margin-Strategien	Dieser Ansatz umfasst einerseits Maßnahmenplanungen, die über Sicherheitszuschläge einen Puffer für eine noch nicht absehbare Entwicklung der Gefahrenlage aufbauen. Sicherheitszuschläge werden beispielsweise beim technischen Hochwasserschutz, insbesondere beim Bau von Deichen, gegen eine potenziell steigende Intensität von Extremhochwasserereignissen vorgesehen.	Diese Strategie eignet sich dazu, die Risikobewertung eher auf stärkere zukünftige Wandlungsprozesse auszulegen, zum Beispiel für einen stark zunehmenden Hitzestress in Innenstadtlagen oder eine erhöhte Zunahme vulnerabler Gruppen in bestimmten Quartieren. Damit beruhen die Entscheidungen, welche Maßnahmen konkret umgesetzt werden, nicht auf dem Best-Case-, sondern eher auf dem Worst-Case-Szenario.
Kooperative Strategien	Ein hoher Grad an Unsicherheit wie auch an Vielstimmigkeit in der Interpretation und Bewertung von Risiken (ambiguity) legen nahe, kooperative und partizipative Ansätze in der Raumplanung – vor allem im Vorfeld einer rechtlichen Normierung – zu verstärken.	Kooperative beziehungsweise partizipativ ausgerichtete Planungsprozesse können bereits im Rahmen der Analyse von Vulnerabilitäten und Risiken zum Einsatz gebracht werden, um deren Ausrichtung an den jeweiligen Kontexten zu gewährleisten sowie deren (Zwischen-)Ergebnisse zu qualifizieren und plausibilisieren. Hierunter lassen sich auch kooperative Ansätze einer parametrischen Steuerung von Raum- und Stadtentwicklung fassen, und zwar dann, wenn gemeinsam Ziele vereinbart werden, um Vulnerabilität und Risiken im städtischen Kontext zu reduzieren.

dass sich der Umgang mit Unsicherheiten bereits heute durchaus erfolgversprechend in die Planungspraxis einbetten lässt und Anknüpfungspunkte zum Vulnerabilitätskonzept bietet.

Das Risiko-Governance-Modell

Einen integrierten Ansatz bietet das Risiko-Governance-Modell des Internationalen Risikorats (International Risk Governance Council, IRGC) aus dem Jahr 2005, weiterentwickelt in der Veröffentlichung des IRGC von 2017 (IRGC 2017: 10; vgl. Abb. 36). Die unterschiedlichen Bausteine des Risiko-Governance-Ansatzes werden über Strategien der Risikokommunikation verknüpft (vgl. Kap. 8.2). Die Bedeutung von Kommunikationsprozessen lässt sich auch aus sozialwissenschaftlicher Perspektive gut begründen: Die Risikobewertung wird als Ergebnis von sozialer Kommunikation und Aushandlungsprozessen aufgefasst; Kommunikation wird so zum entscheidenden Operations- und Konstruktionsmodus von Risiko als auch von sozialer Vulnerabilität (Zehetmair 2012: 275; Norf 2020: 39 f.). Demnach gilt: Trotz der „Entwicklung des Risikoverständnisses von einem im wesentlichen technischen Fokus über eine Analyse öffentlicher Wahrnehmungsmuster zu einer Frage gesamtgesellschaftlicher Auseinandersetzung“ haben die unterschiedlichen Zugänge nicht an Relevanz verloren: Es bedarf also einer „Integration dieser verschiedenen Zugänge“ (Norf 2020: 48). Diese Integrationsleistung kann im Rahmen einer Risiko-Governance erbracht werden.

Abbildung 36: Risk Governance Framework des International Risk Governance Council
Quelle: IRGC 2017: 10, aktualisierte Fassung von IRGC 2005; grafische Darstellung angepasst



Das Informationsmanagement wird zu einer zentralen Aufgabe: „Es geht darum, wie der Informationsstand und mögliche Defizite geklärt, wie Grundlagendaten harmonisiert und aufbereitet, wie Informationen transparent und verständlich dargeboten werden“ (Saad/Hartz 2019: 80). Dialogorientierte Prozesse zielen darauf ab, den Wissensstand und die Verfahrenskompetenzen aller am Kommunikationsprozess Beteiligten zu fördern. Diese Aufgabe lässt sich bei zunehmender Komplexität von Risiken und Planverfahren nicht mehr „en passant“ erledigen (ebd.: 82) und muss in ein umfassenderes Informationsmanagement eingebunden werden.

Die Akteure der räumlichen Planung können mit ihren Instrumenten, Verfahren und Kompetenzen wichtige Beiträge zum Risikomanagement liefern beziehungsweise die Bausteine des Risiko-Governance-Ansatzes in eigene risikobezogene Planungsprozesse einbetten (Hartz et al. 2015: 30, BBSR 2020: 71). Letztlich dient das integrierte Risikomanagement dem Aufbau resilienter(er) (sozialer und institutioneller) Strukturen, um proaktiv mit Risiken umgehen zu können und nicht im Krisenmanagement zu verharren – im Sinne einer „governance of preparedness“ (Medd/Marvin 2005). Insbesondere der systemische und kommunikationsorientierte Ansatz kann dabei helfen, die Resilienz urbaner Systeme und Gesellschaften zu stärken: „A city without resilient communities will be extremely vulnerable to disasters“ (Godschalk 2003: 137).

Die Rolle der räumlichen Planung wird zudem durch den Einfluss distributiver Faktoren offenkundig: Es ist von Bedeutung, wie sich Chancen und Risiken in der Gesellschaft und im Raum verteilen, beziehungsweise wie diese Verteilung wahrgenommen wird. RENN unterscheidet mehrere Kategorien von Verteilungseffekten (Renn 1981: 95; vgl. Abb. 37), mit denen sich – wenn Nutzen und Schaden auseinanderfallen – auch Gerechtigkeitsfragen verbinden. Dieser Fragestellung wird im folgenden Kapitel nachgegangen.

Abbildung 37: Typen der Schaden-Nutzen-Verteilung von Risikoquellen
Quelle: Renn 1981: 96; grafische Darstellung angepasst, geringfügig verändert

9.4 (Umwelt-)Gerechte und gesundheitsfördernde Raum- und Stadtentwicklung

Eine resiliente Stadtentwicklung ist nicht nur mit der raumplanerischen Risikovorsorge verknüpft, sondern wird zudem zunehmend im Zusammenhang mit Leitvorstellungen zu Umweltgerechtigkeit und Gesundheit in der Raumplanung diskutiert. Nachfolgend wird auf beide Themenbereiche näher eingegangen; dabei werden die Bezüge zu Vulnerabilität herausgearbeitet.

9.4.1 Umweltgerechtigkeit und Stadtentwicklung

Die ursächlichen Zusammenhänge zwischen sozialer Ungleichheit und benachteiligenden Lebensbedingungen beziehungsweise Segregationstendenzen in den Städten wurden zunächst kaum diskutiert (Dangschat 2007: 22). Jedoch führte der Umstand, dass sich „Armut territorial zunehmend konzentriert", seit Anfang der 1990er-Jahre zu einem allmählichen Umdenken in der Stadtentwicklungspolitik (ebd.: 36). Die gesellschaftliche und wissenschaftliche Auseinandersetzung mit Umweltproblemen in den Städten konzentrierte sich jedoch zu Beginn „auf Problemdiagnose, gesellschaftliche Mobilisierung, Ursachenfeststellung und Bewältigungsstrategien", weniger auf „Verteilungsprobleme, also die Frage, wie Umweltbelastungen auf unterschiedliche Bevölkerungsgruppen verteilt sind" (Preisendörfer 2014: 26). Ausdruck dieser Sicht auf die zunehmenden Umweltprobleme war unter anderem das Konzept der „Risikogesellschaft", die nach BECK (1986) zuvörderst ökologische Fragen aufwerfe und damit „die klassische ‚soziale Frage' in den Hintergrund drängen" würde (Preisendörfer 2014: 26; zudem Köck/Fischer 2018: 147). Allerdings zeigten Untersuchungen in Deutschland bereits seit Mitte der 1970er-Jahre, dass ein Zusammenhang zwischen Wohngebieten, die erhöhten Staubkonzentrationen ausgesetzt sind, und dem Sozialstatus der dort lebenden Bevölkerung vermutet werden kann (Kolahgar 2006: 102).

Environmental-Justice-Bewegung als politischer Impuls

Das Konzept der Umweltgerechtigkeit wird in seiner Entstehung eng mit der Environmental-Justice-Bewegung in Nordamerika verknüpft (Elvers 2005: 3 ff.; Brulle/Pellow 2006: 110 ff; Hornberg et al. 2011: 21 f.): Diese zivilgesellschaftliche Bewegung entstand in den 1970er-Jahren in den USA und setzte sich in erster Linie mit der Standortwahl von Mülldeponien zur Entsorgung gefährdender Stoffe auseinander. Die Mülldeponien entstanden bevorzugt in der Nachbarschaft von Wohngebieten sozial benachteiligter Bevölkerungsgruppen. Diese ungleiche Verteilung von Umweltbelastungen wurde in den 1990er-Jahren vonseiten der öffentlichen Verwaltung als Thema aufgegriffen und führte schlussendlich zur Verabschiedung der „Executive Order 12898 – Actions to Address Environmental Justice in Minority Populations and Low-Income Populations" auf nationaler Ebene (Hornberg et al. 2011: 21).

Die Idee der Umweltgerechtigkeit fand früh Eingang in die Nachhaltigkeitsdebatte: Bereits der Brundtland-Bericht von 1987 betont, dass Umweltprobleme eng mit Armut verknüpft sind (Maschewsky 2008: 200). Die politischen Diskussionen zum globalen Klimawandel brachten international eine Climate-Justice-Bewegung hervor, die sich insbesondere der ungerechten Verteilung von Klimarisiken zwischen den die Treibhausgasemissionen im Wesentlichen verursachenden Industrieländern und den Ländern des globalen Südens widmete (Hornberg et al. 2011: 22). Bis heute ist dies ein zentrales politisches Thema der globalen Klimaschutzpolitik (Markkanen/Anger-Kraavi 2019).

Die Bewegung und auch deren politische Rezeption lösten ein breites wissenschaftliches Interesse an den Wechselwirkungen zwischen sozialen Ungleichheiten und Umweltbelastungen aus (Tittor 2020: 388). In diesem Zuge wurde der Begriff in Deutschland Anfang der 2000er-Jahre erstmals

aufgegriffen (Hornberg et al. 2011: 25) und wird seither in Forschung, Politik und Planungspraxis intensiv diskutiert und weiterentwickelt – insbesondere durch das Deutsche Institut für Urbanistik (DIfU) und das Umweltbundesamt (vgl. u. a. UBA 2009, 2013, 2019c, 2022a, 2022b). Aus sozialepidemiologischer Sicht widmete sich das Robert Koch-Institut (RKI) dem Thema soziale Ungleichheit und Gesundheit in vielen Studien, teilweise mit spezifischen Schwerpunkten in Bezug auf Merkmale der sozialen Lage, einzelne Alterskohorten oder unterschiedliche Lebensphasen (vgl. u. a. RKI 2005, 2010, 2011, 2012, 2017, 2018). In den Sozial- und Gesundheitswissenschaften wurden in den vergangenen 20 Jahren wichtige Zusammenhänge in Bezug auf gesundheitliche Ungleichheit beleuchtet (vgl. u. a. Richter/Hurrelmann 2009; Lampert et al. 2007; Hornberg et al. 2011; Mielck 2012; Bolte et al. 2012; Lampert et al. 2013; Laußmann et al. 2013; Schade 2014; Maron/Mielck 2014; Rüttenauer 2018; Dreger et al. 2019). Die Ergebnisse zeigen, dass ein niedriger sozioökonomischer Status mit einem höheren Erkrankungs- und vorzeitigen Sterberisiko einhergeht (RKI 2018: 4): „Jedes Jahr belegt eine große Zahl an Studien, dass in Deutschland wie in vielen anderen Ländern erhebliche soziale Unterschiede in der Gesundheit und Lebenserwartung bestehen“ (ebd.: 17). Diese Erkenntnisse sind eine wichtige Grundlage, um sozialräumliche Muster der Ungleichheit in Städten ableiten zu können. Gleichwohl verweist das RKI im Rahmen seiner Veröffentlichungen darauf, dass die Datengrundlage zu Fragen der Umweltgerechtigkeit vielfach noch unzureichend sei (RKI 2010: 13).

Umweltgerechtigkeit als analytische Perspektive und normatives Leitbild

Eine allgemein verbindliche oder rechtlich normierte Definition des Begriffs „Umweltgerechtigkeit“ liegt in Deutschland bislang nicht vor (UBA 2019c: 45; Böhme/Köckler 2018: 88). Die Toolbox „Umweltgerechtigkeit“ des DIfU definiert den Begriff folgendermaßen:

> „Umweltgerechtigkeit zielt darauf ab, eine Konzentration gesundheitsrelevanter Umweltbelastungen wie Lärm oder Schadstoffe in der Luft in sozial benachteiligten Quartieren und Wohnlagen zu vermeiden oder abzubauen sowie ihren Bewohnerinnen und Bewohnern den Zugang zu gesundheitsbezogenen Umweltressourcen – dazu gehören Grün- und Freiflächen – zu ermöglichen“ (DIfU 2023a).

Insofern ist Umweltgerechtigkeit als ein normatives Leitbild zu verstehen (Bolte et al. 2012: 23): Es geht nicht allein um eine „analytische Betrachtung von sozialer Lage, Umwelt und Gesundheit, sondern um eine Bewertung von Zusammenhängen aus einer Gerechtigkeitsperspektive“ (Böhme/Köckler 2018: 89). BÖHME und KÖCKLER haben die Dimensionen jüngst systematisiert als

- Verteilungsgerechtigkeit, die sich über soziale Ungleichheiten in der räumlichen Verteilung von Umweltbelastungen und Umweltgütern darstellt.
- Verfahrensgerechtigkeit, die sich darauf bezieht, ob räumliche Planung und politische Entscheidungsfindungen als gerecht eingeschätzt werden, wobei unterschieden wird zwischen einem als gerecht empfundenen Verfahrensablauf, einer als gerecht empfundenen Teilhabe an Entscheidungsprozessen sowie dem Erzielen von mehr Verteilungsgerechtigkeit durch die Verfahren.
- Ergebnisgerechtigkeit, die im Zusammenhang mit möglichen Kompensationsleistungen bei Verteilungsungerechtigkeit diskutiert wird.
- Chancengerechtigkeit, nach der alle Menschen ihr Potenzial für ein gesundes und langes Leben ausschöpfen können. (ebd.: 89 ff.; vgl. hierzu Maschewsky 2008: 201)

Im Bereich der Stadtentwicklung und Stadtplanung bieten sich vielfältige „Anknüpfungspunkte für das Thema Umweltgerechtigkeit, „insbesondere Umwelt(verträglichkeits)prüfungen, Stadt(teil)entwicklungskonzepte, die Städtebauförderprogramme Soziale Stadt und Stadtumbau sowie die Bauleit-, Landschafts- und Lärmaktionsplanung“, allerdings bedarf es eines variablen und auf die Ausgangsbedingungen abgestimmten Zusammenspiels aller formellen und informellen Planungsinstrumente, um mehr Umweltgerechtigkeit zu schaffen (Böhme/Köckler 2018: 96). Vor allem

für das Städtebauförderungsprogramm „Soziale Stadt“ (heute: „Sozialer Zusammenhalt – Zusammenleben im Quartier gemeinsam gestalten“) wurde eine stärkere Integration von Umwelt- und Gesundheitsaspekten gefordert (ARL 2014; BMUB 2016; UBA 2018). Letztlich fand das Konzept der Umweltgerechtigkeit prominent Eingang in die Neue Leipzig Charta – als Dimension der „gerechten Stadt“, die „Umweltgerechtigkeit für alle“ gewährleistet (BMI 2020: 5).

Reduktion von Mehrfachbelastungen

Im Zusammenhang mit Umweltgerechtigkeit geht es um eine gezielte Reduktion von Mehrfachbelastungen: „Statt einer isolierten Risikobewertung gilt das Interesse kumulativen Wirkungen unterschiedlichster Expositionsquellen unter Berücksichtigung sozial differenzierter Lebensverhältnisse“ (Hornberg et al. 2011: 43). Hierbei lässt sich zwischen Kombinationswirkungen einzelner physikalischer, biologischer oder chemischer Komponenten untereinander und Mehrfachbelastungen im engeren Sinne, das heißt das gleichzeitige Einwirken verschiedener Stressoren wie Luftschadstoffen oder Lärm auf einen Organismus, unterscheiden (Kühling/Kawe 2018: 269 f.). Allerdings erweist sich der Anspruch, Kombinations- und Mehrfachbelastungen beispielsweise in Planungsprozessen angemessen zu berücksichtigen, als schwieriges Unterfangen, da in wenigen Fällen „eine kausale (und valide nachgewiesene) Beziehung zwischen der Wirkung einer Noxe zu einer einzelnen Ursache hergestellt werden kann“ (ebd.: 273). Hier greift für die Planungspraxis unter anderem der Aufgabenbereich der „rechtlich wirksamen Vorsorge, wo auch weniger starke Evidenzen Maßnahmen auslösen können“ (ebd.). Eine besondere Rolle kommt der gesamträumlichen Planung zu, die, auch wenn lediglich Hinweise auf Gefahren vorliegen, Schutz- oder Vorsorgemaßnahmen im Rahmen der Abwägung rechtlich verbindlich festlegen kann (ebd.).

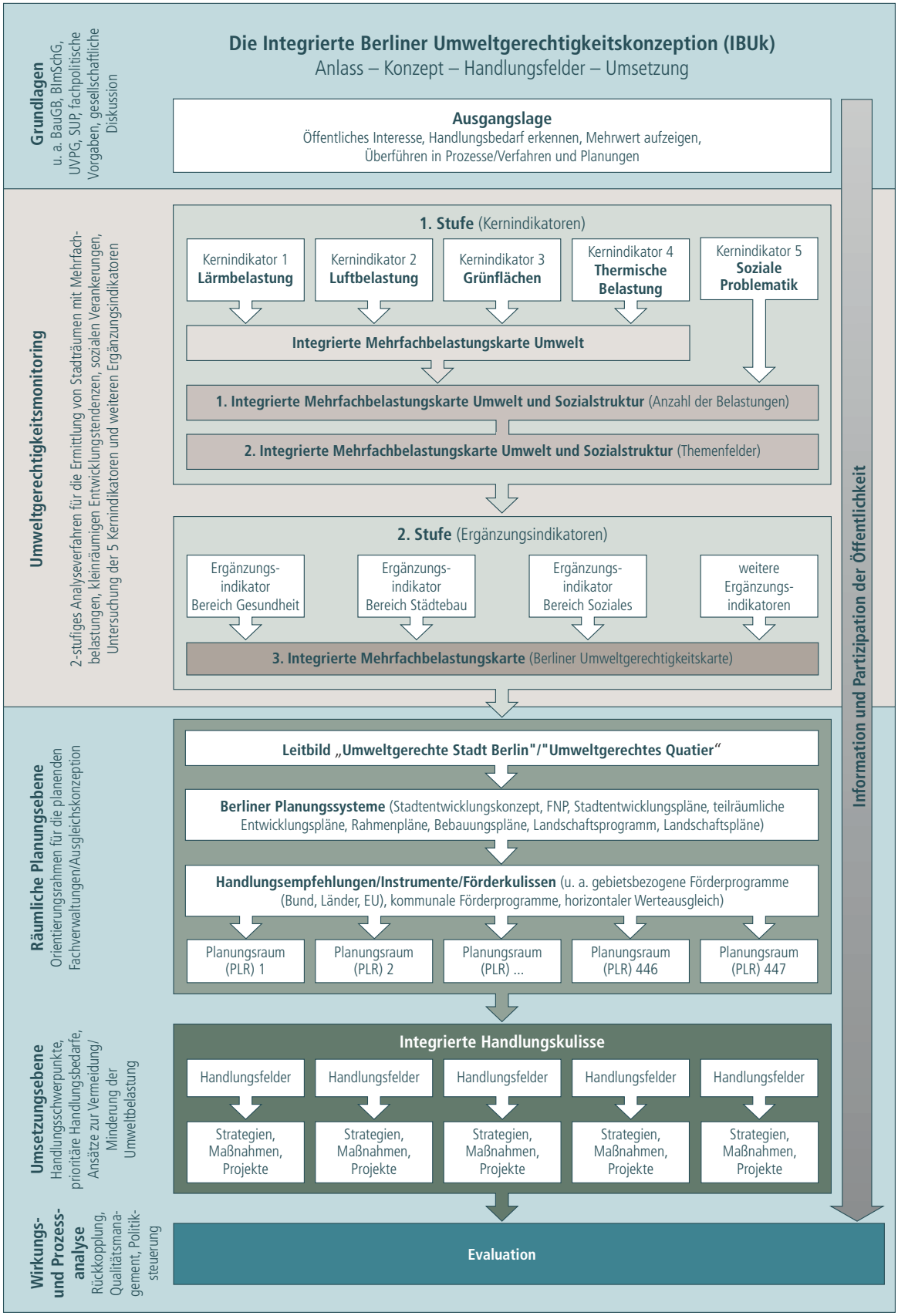
Erste Umsetzungen des Konzepts der Umweltgerechtigkeit

Zu den Städten, die eine Verräumlichung des Konzepts der Umweltgerechtigkeit auf den Weg brachten, zählen unter anderem Kassel, Berlin und Dortmund (Köckler/Katzschner 2008; Klimeczek/Luck-Bertschat 2008; Flacke et al. 2016). In Berlin verband sich damit ein intensiver Prozess, der mit einem ressortübergreifenden raumbezogenen Modellvorhaben „Umweltgerechtigkeit in Berlin“ 2008 startete und ab 2012 durch das Umweltbundesamt unterstützt wurde (SenStadtUm 2015: 1). Die Integrierte Berliner Umweltgerechtigkeitskonzeption (IBUk) umfasst eine ganzheitliche Betrachtung der umweltbezogenen Mehrfachbelastungen im Zusammenhang mit der Sozialstruktur, und zwar auf einer kleinräumigen beziehungsweise quartiersbezogenen Ebene (vgl. Abb. 38). Die Berliner Umweltgerechtigkeitskarte kann als ressortübergreifende Planungshinweiskarte betrachtet werden – sowohl als Grundlage für das räumliche Planungssystem als auch für die konkrete Umsetzung (SenStadtUm 2019: 21).

Umweltgerechtigkeit: Bezüge zu Resilienz und Vulnerabilität

Umweltgerechtigkeit wird in direktem Zusammenhang mit der Resilienz von Städten diskutiert: „for a city to be universally resilient it must address social inequity in all its forms” (Meerow et al. 2019: 794). Das gilt umso mehr, als dass sich auch die Maßnahmen zur Resilienzbildung daran orientieren sollten, dass diese gerecht verteilt werden und die vulnerabelsten Bevölkerungsgruppen Berücksichtigung finden: „much of the resilience literature (particularly that drawing on the ecological and social-ecological systems perspectives) takes a systems-based approach, there is a tendency to focus on the performance of the whole, obfuscating important inequalities and tradeoffs, or the distribution of resilience winners and losers, within a single city“ (ebd.: 795). Hier zeigt sich einmal mehr, dass es kleinräumiger Analysen bedarf, um die differenzierten sozialräumlichen Kontexte einer Stadt in Resilienzpolitiken der Stadtentwicklung einzubeziehen. Umweltgerechtigkeit kann als Analysetool und Leitbild dazu beitragen, die Resilienzbildung in Städten sozial gerechter auszugestalten.

Abbildung 38: Die Integrierte Berliner Umweltgerechtigkeitskonzeption (IBUk)
Quelle: SenStadtUm 2015: 2; grafische Darstellung angepasst, geringfügig verändert



Die konzeptionellen Ansätze von Umweltgerechtigkeit und Vulnerabilität zeigen vielfältige Schnittmengen. Auch stellt sich die Frage nach kausalen Zusammenhängen und Interdependenzen: Stellt soziale Vulnerabilität eine spezifische Form sozialer Ungleichheit im Kontext eines katastrophalen Ereignisses dar oder sind soziale Ungleichheiten bis zu einem gewissen Grad ursächlich für das Ausmaß der Vulnerabilität verschiedener gesellschaftlicher Gruppen? (Tapsell et al. 2010: 11)

Umweltgerechtigkeitsstudien identifizieren Belastungsräume in der Stadt und überlagern diese mit Daten zum Sozialstatus der Bevölkerung. Im Gegensatz dazu zielen Vulnerabilitätsanalysen – über Indikatoren zur sozialen Lage hinaus – stärker auf den Wirkzusammenhang zwischen Gefahren beziehungsweise Stressoren und dem Menschen beziehungsweise sozialen Systemen ab. Das bedeutet, dass – unabhängig vom sozioökonomischen Status – eine Person extrem vulnerabel gegenüber Hitzebelastung oder extrem gefährdet bei Hochwasserereignissen sein kann. Über Vulnerabilitätsanalysen können somit gegenüber bestimmten Gefahren und Stressoren besonders vulnerable Gruppen identifiziert und darüber Maßnahmen priorisiert werden (Lakes 2019: 62).

9.4.2 Gesundheitsfördernde Stadtentwicklung

Die menschliche Gesundheit war und ist eng mit der Entwicklung der Städte verknüpft. Mit der Industrialisierung im 19. Jahrhundert und ihren negativen Auswirkungen auf die Wohn- und Arbeitsverhältnisse in Städten wurde „die Gesundheit der Bevölkerung zum Ziel politischer Eingriffe und damit von einer privaten zu einer öffentlichen Angelegenheit“ (Intelmann 2019: 1). In England wurde bereits 1857 der Public Health Act erlassen mit Regelungen zu Bebauung, Kanalisation und Beleuchtung (Schlicht 2015: 10). Seit Mitte des 19. Jahrhunderts entstanden zugleich neue städtebauliche Leitbilder in Europa, um auf eine Verbesserung der gesundheitlichen und hygienischen Verhältnisse in den Städten hinzuwirken (Fürst et al. 1999: 11).

In Deutschland wurde der Belang der menschlichen Gesundheit bereits in der ersten Fassung des Bundesbaugesetzes von 1960 in § 1 Absatz 4 BBauG aufgegriffen: „Die Bauleitpläne haben sich nach den sozialen und kulturellen Bedürfnissen der Bevölkerung, ihrer Sicherheit und Gesundheit zu richten. Dabei sind die öffentlichen und privaten Belange gegeneinander und untereinander abzuwägen.“ Im Planungsrecht wie auch in der Städtebauförderung konsolidierte sich seit den 1970er-Jahren der Gedanke, dass die Stadtplanung maßgelblich zur Gesundheit der Bevölkerung beitragen kann (Sieber 2017: 2; vgl. Kap. 8.1).

„Gesundheit für alle“ als politisches Ziel

Auf globaler Ebene wurde das Recht auf „Gesundheit und Wohl“ zunächst im Artikel 25 der Allgemeinen Erklärung der Menschenrechte der Vereinten Nationen im Jahr 1948 verankert (DGVN o. J.). 1978 veranstaltete die WHO eine internationale Konferenz über primäre Gesundheitsversorgung in Alma-Ata, die mit einer Erklärung abschloss, in der „der Zustand völligen körperlichen, seelischen und sozialen Wohlbefindens und nicht nur das Freisein von Krankheit oder Gebrechen“ als „grundlegendes Menschenrecht“ bezeichnet wurde (WHO 1978). Die Alma-Ata-Erklärung weist zudem auf die Ungleichheiten zwischen und innerhalb von Ländern hin, die aus den unterschiedlichen Lebensverhältnissen resultieren. Auf der Folgekonferenz in Ottawa im Jahr 1986 verabschiedete die WHO die Ottawa-Charta zur Gesundheitsförderung, die – aus heutiger Sicht sehr ambitioniert – das Ziel „Gesundheit für alle“ bis zum Jahr 2000 ausgab (WHO 1986). Sie fordert: „Gesundheit muss auf allen Ebenen und in allen Politiksektoren auf die politische Tagesordnung gesetzt werden“ (ebd.). Eine Schlüsselformulierung aus Perspektive der Raumplanung ist die Forderung, „gesundheitsförderliche Lebenswelten“ zu schaffen: „Die enge Bindung zwischen

Mensch und Umwelt bildet die Grundlage für einen sozial-ökologischen Weg zur Gesundheit"; die Rolle der Stadtentwicklung findet explizit Erwähnung (ebd.).

Um den Transfer auf die kommunale Ebene zu befördern, wurde 1987 und 1988 das WHO European Healthy Cities Network gegründet, das sich in fünfjährigen Arbeitszyklen dieser Aufgabe widmet (Tsouros 2015: i3). 1989 folgte die Gründung des Gesunde Städte-Netzwerks in Deutschland (Gesunde Städte-Netzwerk 2023). Im selben Jahr wurde auf der ersten Europäischen Konferenz „Umwelt und Gesundheit" in Frankfurt die europäische Charta verabschiedet, welche die „Gesundheit für alle"-Politik auf europäischer Ebene unterstützt (WHO 1989). Der Stadtentwicklung, Stadtplanung und Stadtsanierung wurde eine besondere Priorität einräumt, da sie relevante Handlungsfelder im Zusammenhang mit Umweltproblemen integriert betrachten (ebd.: 89 f.).

Seither wurde die Leitvorstellung „Gesundheit für alle" in einer Vielzahl von Programmen und Strategien auf unterschiedlichsten Politikebenen implementiert. Dieser Prozess trägt dem Grundgedanken „Health in All Policies" (HiAP) der WHO Rechnung. Der HiAP-Ansatz wurde in den 2010er-Jahren vonseiten der WHO durch politische Erklärungen und Resolutionen gestärkt und mit einem Aktionsrahmen für die Länder unterlegt (WHO 2014). Eine Integration von Gesundheit als Thema und Belang wird auch in der Stadtplanung und -entwicklung in Deutschland vorangetrieben; wobei sich hier einmal mehr zeigt, dass das Zusammendenken sehr unterschiedlicher Sektoren der jeweiligen Eigenlogik Rechnung tragen muss (Köckler/Fehr 2018: 84 f.).

Wandel des Verständnisses von Gesundheit

Ausgehend vom Gesundheitsbegriff der WHO hat sich das Verständnis von Gesundheit in Wissenschaft und Praxis erweitert (Baumgart/Rüdiger 2018: 830). Allerdings fehlt bis heute ein einheitliches Verständnis: „Gesundheit ist kein eindeutig definierbares Konstrukt", zumal auch Gesundheitsvorstellungen soziale, sich verändernde Konstruktionen darstellen (Franzkowiak/Hurrelmann 2018: 175; vgl. Kap. 10.1.1). Wichtig aus raumplanerischer Perspektive ist, dass Gesundheit immer stärker sozial und gesellschaftlich kontextualisiert wurde: Die Ursachen von Gesundheitsbeeinträchtigungen werden nicht mehr nur dem individuellen Verhalten zugeordnet, sondern vielmehr „als Ergebnis gesellschaftlich geformter Umwelten [betrachtet], die die Individuen selbst nur bedingt (mit) bestimmen können" (Intelmann 2019: 8; vgl. hierzu auch Richter/Hurrelmann 2016: 16).

Die WHO machte deshalb nachdrücklich auf die wissenschaftlichen Erkenntnisse zur Bedeutung sozialer Determinanten von Gesundheit aufmerksam: „Je weiter unten auf der sozialen Rangskala sich jemand befindet, desto kürzer ist seine Lebenserwartung und desto größer ist seine Anfälligkeit für Krankheiten. Gesundheitspolitik muss sich daher mit den sozialen und wirtschaftlichen Determinanten von Gesundheit auseinandersetzen" (WHO 2004: 10). Der Zusammenhang zwischen einem niedrigen sozioökonomischen Status und dem gehäuften Auftreten von Krankheiten sowie einer geringeren Lebenserwartung ist vielfach nachgewiesen (Naidoo/Wills 2010: 24 ff.; RKI 2015: 149 ff.). Umgekehrt zeigt sich, dass Untersuchungen in Deutschland die Hypothese einer höheren Umweltbelastung bei sozial Benachteiligten weitgehend bestätigen (Bunge/Rehling 2020: 73; vgl. Kap. 10.1.2).

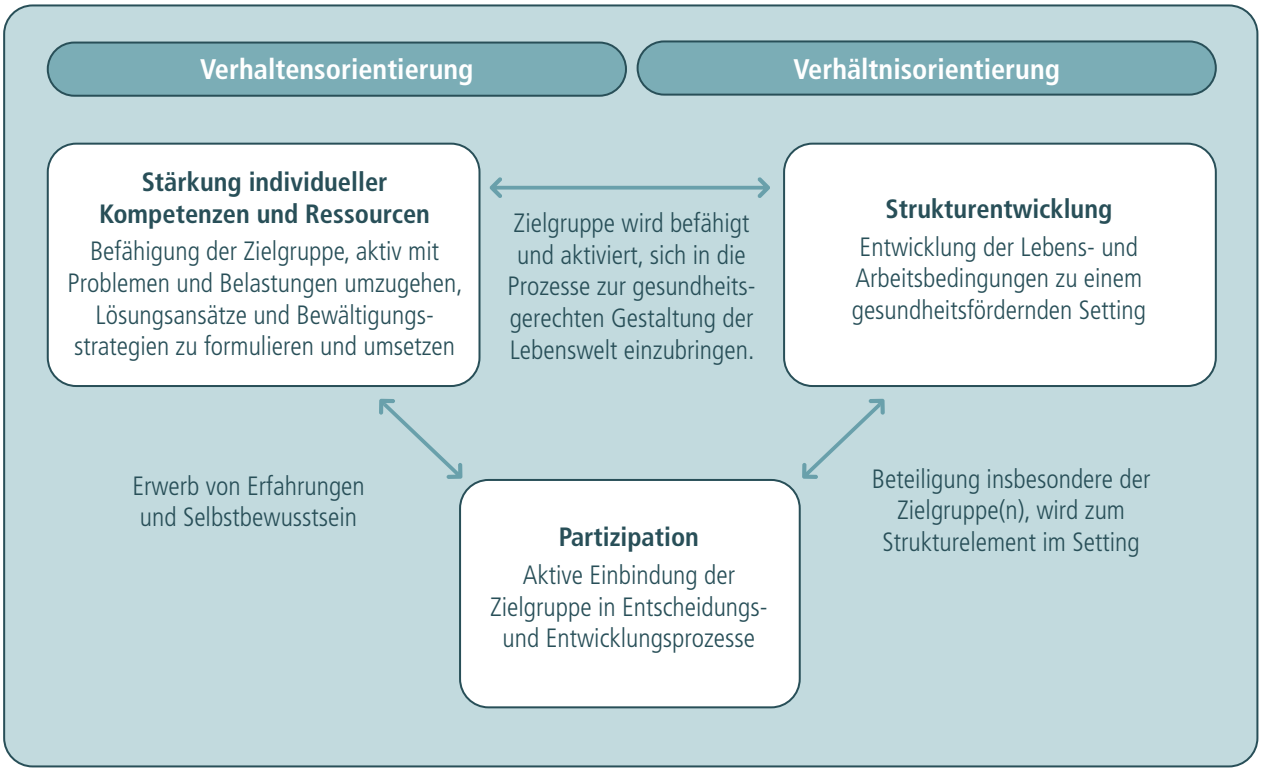
Zu den relevanten sozialen Determinanten von Gesundheit zählen das soziale Gefälle, die soziale Ausgrenzung und die soziale Unterstützung in Gesellschaften, zudem die Ausgestaltung der Arbeitswelten und die Bedingungen in der frühen Kindheit (WHO 2004). In Städten kommen verstärkt Stressoren wie Lärmbelastung und Luftverschmutzung, mangelnde Sicherheit und Kriminalität sowie klimawandelbedingte Gefahren wie Hitzestress und Hochwasser hinzu (WHO 2012: 6 f.). Eine zentrale Rolle spielen zudem die Nachbarschaften und der Zugang zu Einrichtungen der Daseinsvorsorge sowie die Qualität der Wohnbebauung und die Versorgung mit Grünräumen (ebd.).

Die Wechselwirkungen zwischen der natürlichen, sozialen und gebauten Umwelt sowie der menschlichen Gesundheit wurden in unterschiedlichen Modellen thematisiert, unter anderem in der „health map for the local human habitat" von BARTON und GRANT (2006), die sich auf das frühe Modell der Gesundheitsdeterminanten von Dahlgren und Whitehead (1991) beziehen. In Studien und Reviews wurden unterschiedliche Wirkungszusammenhänge nachvollzogen, so die Bedeutung von sozioökonomischen Kontexten in Quartieren, von nachbarschaftlichen Netzwerken und Unterstützungsstrukturen (vgl. u. a. Pickett/Pearl 2001: 120; Richter/Hurrelmann 2009: 57; Bachmann 2014: 40) oder die Relevanz von grünen und blauen Räumen sowie deren Zugänglichkeit für die Gesundheit und das Wohlbefinden der Bevölkerung (vgl. u. a. Hartig et al. 2014; BfN 2014; Hornberg et al. 2016; Kowarik et al. 2016; WHO 2016; Wüstemann et al. 2016; Claßen/Bunz 2018).

Kontextualisierung von Gesundheit

Mit dieser umfassenden Kontextualisierung von Gesundheit wird in der Gesundheitsförderung neben der Verhaltensprävention zunehmend die Bedeutung der Ausgestaltung gesundheitsfördernder Verhältnisse erkannt; als Kernstrategie gilt hier der Setting-Ansatz (Kistemann/Ritzinger 2018: 61 f.; vgl. Abb. 39). Das Konzept der Settings geht auf Initiativen der WHO zurück; „Settings for Health" wurden unter anderem beschrieben als: „The place or social context in which people engage in daily activities in which environmental, organizational and personal factors interact to affect health and wellbeing" (WHO/HPR/HEP 1998: 19). Wenngleich der Begriff „Setting" in verschiedenen Anwendungskontexten durchaus unterschiedlich definiert wird (Sieber 2017: 40), wird die Ausrichtung des Ansatzes auf die komplexen Lebenslagen und Umwelten der Menschen deutlich. Ein Setting bezeichnet somit einen „Sozialzusammenhang, in dem Menschen sich in ihrem Alltag aufhalten und der Einfluss auf ihre Gesundheit hat. […] Er drückt sich aus durch

Abbildung 39: Der Setting-Ansatz
Quelle: Kilian et al. 2008: 20; grafische Darstellung angepasst, geringfügig verändert



formale Organisation (z. B. Betrieb, Schule, Kita), regionale Situation (z. B. Kommune, Stadtteil, Quartier), gleiche Lebenslage (z. B. Rentner/Rentnerinnen), gemeinsame Werte beziehungsweise Präferenzen (z. B. Religion, sexuelle Orientierung) beziehungsweise durch eine Kombination dieser Merkmale“ (Hartung/Rosenbrock 2015: 891). Der Setting-Ansatz entfaltet gerade in der Stadtentwicklung besondere Relevanz: Er bietet die Chance, Stadtentwicklungsprozesse in Settings zu thematisieren und somit lebensweltlich zu verankern (Sieber 2017: 305; Hornberg et al. 2018: 52 f.).

Verknüpfung von Gesundheits- und Stadtentwicklungspolitik

Die Verknüpfung von Gesundheits- und Stadtentwicklungspolitik ist in Deutschland nicht selbstverständlich: Noch Anfang der 1990er-Jahre erbrachte eine Befragung von nicht direkt gesundheitsbezogenen Ämtern ausgewählter Städte in NRW, dass die überwiegende Mehrzahl der Befragten angab, dass ihrer Meinung nach die Gesundheit vorwiegend vom Verhalten des Einzelnen (73 %) und nur in geringem Umfang von den städtischen Lebensbedingungen (6 %) abhängen würden (Wohlfahrt/Zühlke 1994: 11). Dementsprechend wurde der Einfluss der städtischen Politik auf die menschliche Gesundheit als gering eingeschätzt (72 %) (ebd.).

Über das Gesunde-Städte-Netzwerk wurde in den 1990er-Jahren eine stärkere Integration des Leitbilds der gesunden Stadt in die Stadtentwicklungspolitik eingefordert (ebd.: 7 f.). 2002 gründete sich die transdisziplinäre „Arbeitsgruppe Gesundheitsfördernde Gemeinde- und Stadtentwicklung (AGGSE)“ (DIfU 2023b), die es sich zum Ziel gesetzt hat, das Thema in der Fachöffentlichkeit zu verbreiten. 2020 veröffentlichte der Arbeitskreis fünf Thesen für eine gesundheitsfördernde und nachhaltige Stadtentwicklung (AGGSE 2020), wozu auch die Forderung nach Leitbildern für eine gesundheitsfördernde Stadtentwicklung zählt (ebd.: 5). In der Neuen Leipzig Charta als Orientierung für die zukünftige Entwicklung europäischer Städte bleiben Gesundheitsbelange dennoch eher vage (BMI 2020). Erwähnung finden neben dem Erfordernis einer gemeinwohlorientierten Gesundheitsversorgung und der Notwendigkeit einer Versorgung der Bevölkerung mit gesundem Wohnraum lediglich die Funktionen grün-blauer Infrastrukturen für ein gesundes Lebensumfeld (ebd.: 6, 8, 11). Demgegenüber stellt das Memorandum urbane Resilienz unter dem Eindruck der Pandemie die wachsende Bedeutung von Gesundheitsaspekten in der Stadtentwicklung heraus: So habe sich gezeigt, „dass bei sozialräumlichen Benachteiligungen höhere Gesundheitsrisiken bestehen […]. Daher sind in allen Stadtentwicklungsinstrumenten die Gesundheitsbelange (im Sinne von Gesundheitsförderung und Prävention) als Regelaufgabe zu betrachten“ (BMI 2021: 12).

In den vergangenen zwei Jahrzehnten konnte sich die Gesundheitsförderung in der Raum- und Stadtentwicklung etablieren (vgl. u. a. Böhme et al. 2012; Köckler et al. 2014; Fehr et al. 2016; Baumgart et al. 2018; UBA 2018; Claßen 2020; UBA 2022c; Baumgart/Rüdiger 2022). Unter der Überschrift „Urban Health“ wird ein integrierender Ansatz für die Bereiche medizinische Versorgung, Gesundheitsförderung und intersektorale Stadtpolitik gefordert (Fehr et al. 2016: 498). Die Veröffentlichungen zeigen zahlreiche gute Beispiele dazu auf, wie sich Städte mit Gesundheitsbelangen befassen und diese in Prozesse der Stadtentwicklung einbetten (vgl. u. a. Baumgart/Rüdiger 2022; UBA 2022c). BAUMGART und RÜDIGER systematisieren zudem die Integrationsmöglichkeiten für gesundheitliche Belange in die Instrumente des allgemeinen und besonderen Städtebaurechts sowie in die formellen und informellen Verfahren in der Stadtplanung (Baumgart/Rüdiger 2022). Darüber hinaus bieten sich sektorale Ansätze für eine Integration an, so die Lärmaktionsplanung oder die Freiraumplanung (UBA 2022c). Eine wichtige Schnittstelle, um Gesundheitsbelange in die Planungsprozesse zu integrieren, sind Umweltprüfungen (Hartlik/Machtolf 2018: 168), wenngleich dies nur für Neuplanungen gilt und gerade eine Betrachtung belastender Bestandssituationen für die Städte eine besondere Relevanz besitzt (ARL 2014: 14).

Eine Integration kann jedoch nur gelingen, wenn entsprechende Daten vorliegen: „Erforderlich sind kleinräumig verfügbare Gesundheitsdaten, die mit den Daten zur Umweltsituation sowie der sozialen Lage räumlich überlagert werden sollten, um insbesondere mehrfach belastete Gebiete zu erkennen“ (UBA 2022c: 45). Auch wenn sich hieraus keine Kausalitäten ableiten lassen, werden auf dieser Basis umweltbezogene und sozialräumliche Belastungen im Quartier sichtbar (Baumgart/Rüdiger 2022: 407). Einschränkend gilt jedoch, dass vor allem Gesundheitsdaten auf kleinräumiger Ebene in der Regel oft nicht oder nur lückenhaft vorliegen (Bolte 2018: 125; UBA 2022c: 46; Baumgart/Rüdiger 2022: 403). VOIGTLÄNDER et al. weisen auf das enge Zusammenspiel „kompositionaler Effekte“ – zum Beispiel der Bevölkerungszusammensetzung in einem Stadtbezirk – und kleinräumig variierender „kontextueller Effekte“ – zum Beispiel der Luftverschmutzung – bei der Ausprägung von Gesundheitsmustern hin (Voigtländer et al. 2012). Insofern muss es zukünftig gelingen, auch gesundheitsbezogene Daten hochaufgelöst vorzuhalten und aufzubereiten, um Gesundheitsbelange in der Raum- und Stadtplanung zu stärken. In diesem Zusammenhang wird der Fachplan Gesundheit als Instrument diskutiert, das eine angemessene Evidenzbasis für die Raum- und Stadtplanung schaffen könnte (Baumgart/Dilger 2018).

Mit Blick auf gesundheitsrelevante Entwicklungstrends in Deutschland ist dies dringend geboten, da die Bedeutung von Gesundheitsaspekten in einer (überwiegend städtischen) Gesellschaft des langen Lebens zunehmen wird: „Vor allem zwei große Entwicklungen bestimmen das Gesundheits- und Versorgungsgeschehen in Deutschland derzeit wesentlich mit: die demografischen Veränderungen und der starke Einfluss der sozialen Lage auf die Gesundheit“ (RKI 2016: 7). BAUMGART und RÜDIGER betonen neben dem demographischen Wandel und dem Klimawandel die gesundheitliche Relevanz zunehmender soziodemografischer Segregationsprozesse (Baumgart/Rüdiger 2022: 20). Hinzu kommt der wachsende Anteil von Menschen mit Migrationshintergrund: „Eine gute Gesundheitsversorgung für diese heterogene Bevölkerungsgruppe sicherzustellen, ist eine aktuelle Herausforderung“ (RKI 2016: 9).

Bezüge zum Vulnerabilitätskonzept

Welche Bezüge ergeben sich zum Vulnerabilitätskonzept? In Veröffentlichungen zu gesundheitsfördernder Stadtentwicklung tauchen die Begriffe „vulnerable Gruppen“ oder „Vulnerabilität“ regelmäßig auf, meist jedoch ohne explizite Definition oder Konzeptionalisierung von Vulnerabilität. Die Verwendung des Begriffs lässt zunächst auf ein eher generisches Verständnis schließen, da – vor allem mit dem Fokus auf Umweltgerechtigkeit – eine Engführung von sozialer Lage, Umweltqualität, Gesundheit und Vulnerabilität erfolgt (vgl. Kap. 5.1). Gleichwohl wird die „Orientierung an der Vulnerabilität von Bevölkerung“ als „grundlegender Ansatz in den Gesundheitswissenschaften“ eingeschätzt (Baumgart et al. 2018: 424). Zudem knüpfen die Diskussionen um gesundheitsrelevante Auswirkungen des Klimawandels unmittelbar an die Vulnerabilitätskonzepte der Klimawandelforschung an (vgl. u. a. Rüdiger 2018; Berry et al. 2018). Es liegt nahe, dass – zumindest für das Schutzgut Mensch und menschliche Gesundheit – die Leitvorstellung einer gesunden oder gesundheitsfördernden Stadtentwicklung einen erheblichen Mehrwert bei der Berücksichtigung vulnerabler Bevölkerungsgruppen im Rahmen der räumlichen Risikovorsorge verspricht. Hinzu kommt, dass das Schaffen einer Evidenzbasis auch Datendefizite im Zusammenhang mit Vulnerabilitätsanalysen zumindest teilweise beheben könnte. Einen relevanten Beitrag könnte der Fachplan Gesundheit leisten: „Ein Fachplan Gesundheit verfolgt die Zielsetzung der Förderung der Gesundheit aller Menschen, insbesondere aber der Gesundheit vulnerabler Bevölkerungsschichten“ (Baumgart/Dilger 2018: 202).

9.5 Zwischenfazit: Beitrag von Vulnerabilität zu zentralen Leitvorstellungen einer zukunftsorientierten Stadtplanung

Wie in Kapitel 9 dargelegt, leistet das Vulnerabilitätskonzept auf vielfältige Weise einen Beitrag zu den tradierten und aktuellen Diskursen der Raum- und Stadtplanung. In Bezug auf eine nachhaltige Stadtentwicklung stärkt die Auseinandersetzung mit der Vulnerabilität von Bevölkerung und Gesellschaft die soziale Dimension der Nachhaltigkeitstrias. Die Verknüpfung des Nachhaltigkeitsparadigmas mit der Leitvorstellung einer resilienten Stadt fördert die Aufmerksamkeit gegenüber dem Krisenhaften in der Entwicklung von Städten. Resilienzbildung bedeutet, gezielt Fähigkeiten auf allen Ebenen auszubauen, um mit diesen Krisen umzugehen, diese zu bewältigen, gar zu antizipieren oder daraus Lehren für (zukünftige) Anpassungs- und Transformationsprozesse zu ziehen.

Das Wissen um räumliche Vulnerabilitätsmuster unterstützt diesen Prozess der Resilienzbildung durch eine Fokussierung und Priorisierung von Strategien und Maßnahmen, die die Verletzlichkeit von Bevölkerung und Stadtgesellschaft systematisch reduzieren. Vulnerabilitätsanalysen gelten als Voraussetzung für eine kontextabhängige Bewertung und Förderung von urbaner Resilienz. CHRISTMANN et al. konstatieren: „Für Resilienzbildungen in Städten erweisen sich Vulnerabilitätsanalyen somit als unerlässlich“ (Christmann et al. 2016: 29). Der Beirat für Raumentwicklung sieht deshalb die Erstellung und regelmäßige Aktualisierung von Vulnerabilitätsanalysen für die Stadt beziehungsweise Region als eine wesentliche Aufgabe der Raumplanung an (Kilper et al. 2017: 15). Auch die Resilienzstrategie der Bundesregierung fordert eine bessere Datenlage zu Exposition und Vulnerabilität gegenüber Gefahren – als Basis für eine zielgerichtete und vorsorgende Planung (BMI 2022: 30).

Die Resilienzstrategie der Bundesregierung verknüpft Resilienz zudem mit der räumlichen Risikovorsorge – im Sinne einer „risikoinformierten“ Raum- und Stadtplanung (BMI 2022: 44). Damit wird „risikoinformiertes Planen und Handeln in allen Sektoren“ gefördert (ebd.: 33). Im Memorandum Urbane Resilienz wird angeregt, „regelmäßige Risikoanalysen mit Erfassung, Analyse und Bewertung lokaler Gefahren, Exposition und Vulnerabilitäten“ auf städtischer Ebene durchzuführen (BMI 2020: 13). Wenngleich dies in der Planungspraxis bis dato noch nicht eingelöst wird, setzen diese programmatischen Politikdokumente den Rahmen für eine risikoinformierte und an den Leitvorstellungen der Resilienz ausgerichteten Raum- und Stadtplanung.

Trotz aller zu erwartenden (Umsetzungs-)Schwierigkeiten ist der risikobasierte Ansatz für die Raumplanung zielführend, wenn zukünftig Risiken vorsorgend vermieden beziehungsweise minimiert und Grundlagen für eine resiliente, nachhaltige Raumplanung geschaffen werden sollen. Nur über diese Risikoinformation lassen sich Stellschrauben erkennen – einerseits zur Reduktion von Gefahren, andererseits zur Reduktion von Vulnerabilitäten (Fleischhauer 2011: 8). KASPERSON et al. betonten diesbezüglich schon früh die Schlüsselrolle von Vulnerabilität: „What is essential is to assess vulnerability as an integral part of the causal chain of risk and to appreciate that altering vulnerability is one effective risk-management strategy“ (Kasperson et al. 2001b: 251).

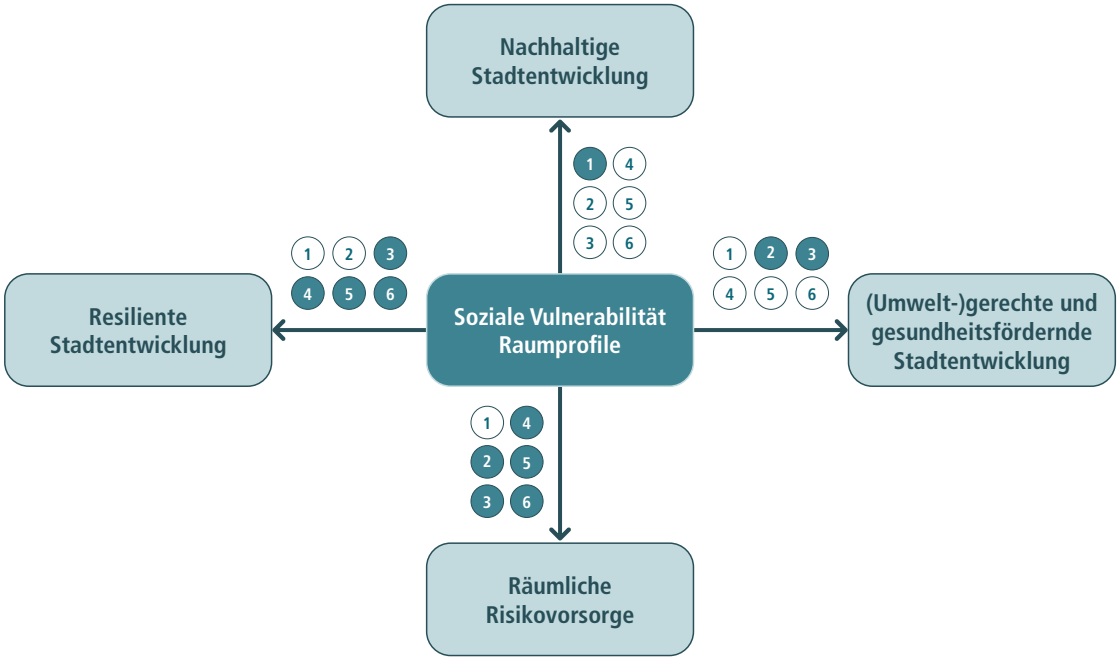
Allerdings wird für die Analyse und Bewertung von Risiken deutlich, dass diese dort an ihre Grenzen stoßen, wo keine hinreichenden Datengrundlagen für bereits bekannte Gefahren zur Verfügung stehen oder auch neue Gefahren in ihren Auswirkungen ebenso wenig eingeschätzt werden können wie Wechselwirkungen beziehungsweise Kaskadeneffekte aufgrund ihrer räumlich-zeitlichen Komplexität (vgl. BMWSB/BBSR 2013; Jakubowski/Pütz 2019; Greiving 2019a; BBSR 2020). Zudem gibt es berechtigte Kritik daran, die Handlungsoptionen der Raumplanung beim Umgang mit Risiken allein auf die räumliche Risikovorsorge zu verengen, da gerade das Resilienzkonzept die Perspektive insofern erweitert, als dass sich hier über die konkrete Risikobewältigung hinaus Fragen nach möglichen tiefgreifenden Transformationen von Systemen stellen (Schulwitz 2020:

211). Zudem bilden Risikoinformationen naturgemäß weder den Status quo noch die Zukunft vollständig ab. Im Kontext von Resilienz geht es darüber hinaus um „die nicht bestimmbaren Herausforderungen der Zukunft“ und um eine „Vorbereitung auf unbekannte Gefahren“ (ebd.: 211, 213).

Im Zusammenhang mit der räumlichen Risikovorsorge spielen distributive Faktoren eine zentrale Rolle, vor allem dann, wenn Schaden und Nutzen von Siedlungs- und Infrastrukturvorhaben auseinanderfallen. Mit diesen Verteilungseffekten verbinden sich Gerechtigkeitsfragen, die über die Diskussion um die „gerechte Stadt“ im Rahmen der Neuen Leipzig Charta in Deutschland auf programmatischer Ebene aufgegriffen wurden (BMI 2020). Vulnerabilitätsanalysen befördern eine stärkere Integration der Wirkzusammenhänge zwischen unterschiedlichen Gefahrenarten beziehungsweise Stressoren und dem Schutzgut Mensch und menschliche Gesundheit. Dies gilt gleichermaßen für das Konzept der „gesunden Stadt“. Hier können Vulnerabilitätsanalysen auf eine stärkere Ausrichtung der gesundheitsorientierten Stadtentwicklung auf die Berücksichtigung vulnerabler Gruppen hinwirken.

Abbildung 40 zeigt die Beiträge des Vulnerabilitätskonzepts zu den Leitvorstellungen der Raum- und Stadtplanung. Damit erweist sich Vulnerabilität als ein Schlüsselkonzept, um die Raum- und Stadtplanung nachhaltig, resilient, gerecht und gesund zu gestalten. Durch die Fokussierung auf Vulnerabilität wird die Bedeutung präventiver Maßnahmen in der Raum- und Stadtplanung hervorgehoben. Statt auf Krisen lediglich zu reagieren, können Städte proaktiv planen und Strategien entwickeln, um aktuelle und zukünftige Vulnerabilitäten und Risiken zu minimieren.

Abbildung 40: Beiträge von Vulnerabilität zu zentralen Leitvorstellungen einer zukunftsorientierten Stadtplanung
Quelle: eigene Darstellung



1 stärkere Integration der sozialen Dimensionen
2 stärkere Integration der Wirkungszusammenhänge zwischen Gefahr/Stressor und Mensch/Gesundheit
3 Daten- und Informationsgrundlagen zu vulnerablen Bevölkerungsgruppen und ihrer räumlichen Verteilung
4 Maßnahmenpriorisierung zur Reduktion von Vulnerabilitäten (und Risiken)
5 Monitoring der Entwicklung von Vulnerabilitätsmustern
6 Evaluation von Strategien und Maßnahmen zur Reduktion/Vermeidung von Vulnerabilitäten (und Risiken)

TEIL 4:

Operationalisierung und Erprobung des Analysekonzepts von Vulnerabilität

In Teil 4 wird der analytische Ansatz des Vulnerabilitätskonzepts für die Gefahrenarten Hitzestress sowie Hochwasser- und Starkregengefährdung im Rahmen eines Fallstudiendesigns erprobt. Zunächst erfolgt in Kapitel 10 eine grundlegende Befassung mit dem Schutzgut Mensch und menschliche Gesundheit sowie raumrelevanten Gefahrenarten beziehungsweise Stressoren auf städtischer Ebene, um Grundlagen für eine Operationalisierung zu legen. Die Operationalisierung wird für Hitzestress sowie Hochwasser- und Starkregengefährdung exemplarisch aufgezeigt und auf Basis dieser Wirkzusammenhänge werden in Kapitel 11 die empirischen Arbeiten durchgeführt.

10. Operationalisierung von sozialer Vulnerabilität für die räumliche Planung

Kapitel 10 widmet sich dem Schutzgut Mensch und menschliche Gesundheit sowie den Wirkungszusammenhängen zwischen diesem Schutzgut und raumrelevanten Gefahrenarten und Stressoren in Städten. Damit wird zum einen grundsätzlich aufgezeigt, welche Perspektiven und Fragestellungen sich mit dem Schutzgut verbinden und welche Gefahrenarten und Stressoren im Zusammenhang mit diesem Schutzgut für städtische Räume von Bedeutung sind. Zum anderen erfolgt eine exemplarische Vertiefung dieser Wirkungszusammenhänge für die Gefahrenarten Hitzestress und Überflutungen. Letztere dient der Operationalisierung von sozialer Vulnerabilität und Gefährdungen, um Informationen zu deren Ausprägung in städtischen Quartieren sowie zur Identifikation von Risikosituationen für die räumliche Planung zu generieren.

Es wird dargelegt,

- wie sich die relevanten Wirkungszusammenhänge zwischen Schutzgut und den Gefahrenarten Hitzestress und Überflutungen darstellen,
- wie sich vulnerable Bevölkerungsgruppen gefahrenspezifisch identifizieren lassen,
- welche Indikatoren und Datengrundlagen sich hierfür auf städtischer Ebene grundsätzlich eignen,
- wie sich die Verteilung dieser Bevölkerungsgruppen für städtische Quartiere abbilden lässt, beziehungsweise welche Herausforderungen damit verbunden sind,
- welche Indikatoren und Modellierungsansätze für die Gefahrenarten zielführend sind, um in der Verknüpfung mit der Ausprägung von Vulnerabilität die raumrelevanten Risiken bestimmen zu können.

Die vertiefenden Ausführungen zu den Gefahrenarten Hitzestress und Überflutungen in Kapitel 10 verdeutlichen die grundsätzliche Herangehensweise an eine raumrelevante Aufbereitung von Wirkungszusammenhängen zwischen Schutzgut und Gefahrenart zur Vorbereitung von Vulnerabilitätsanalysen. Es wird zugleich die Bedeutung der Gefahrenarten im Zuge des Klimawandels und somit deren Relevanz für die räumliche Planung aufgezeigt, vor allem im städtischen Kontext. Die dargestellten Wirkungszusammenhänge, die abgeleiteten Indikatoren und Modellierungsansätze werden in Kapitel 11 im Rahmen der Fallstudie Saarbrücken konkret erprobt und daraus Schlussfolgerungen für die räumliche Planung und die Praxistauglichkeit des Vulnerabilitätskonzept gezogen. Die Anwendung im Fallstudienkontext lässt Rückschlüsse auf die Übertragbarkeit der verwendeten Indikatorensets und Modellierungsansätze auf andere Kommunen zu.

10.1 Schutzgut Mensch und menschliche Gesundheit

10.1.1 Schutzgut Mensch und menschliche Gesundheit: eine Annäherung

Der Mensch und seine Gesundheit stehen im Mittelpunkt der folgenden Betrachtung. Aus Perspektive der räumlichen Planung befassen sich in erster Linie das Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (§ 2 Absatz 1 UVPG) und das Bundes-Immissionsschutzgesetz (§ 1 Absatz 1 BImSchG) mit dem Schutz des Menschen und der menschlichen Gesundheit. Über die Umweltprüfungen, die sowohl im ROG als auch im BauGB Teil der Plangenehmigungsverfahren sind, wird das Schutzgut Mensch als Belang in der räumlichen Planung verankert. Im BauGB werden für die

Aufstellung der Bauleitpläne in § 1 Absatz 6 BauGB zudem explizit die Berücksichtigung der allgemeinen Anforderungen an gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse oder die umweltbezogenen Auswirkungen auf den Menschen und seine Gesundheit sowie die Bevölkerung insgesamt eingefordert.

Mit menschlicher Gesundheit ist nicht nur die Abwesenheit von Krankheit gemeint, sondern gemäß WHO-Definition ein Zustand völligen physischen, mentalen und sozialen Wohlbefindens: „Health is a state of complete physical, mental and social well-being and not merely the absence of disease or infirmity" (WHO 2023a). Die Diskussionen über eine angemessene Definition und Operationalisierung des Begriffs der menschlichen Gesundheit wurden maßgeblich von Antonovsky (1987) und seinem Konzept der Salutogenese beeinflusst (Fehr/Claßen 2014: 18), das mit der Betonung von Coping-Ressourcen dem Vorsorgeanspruch der Raumplanung sehr entgegenkommt.

Daran knüpft auch ein Diskurs an, der die WHO-Definition angesichts der globalen Wandlungsprozesse zumindest aus wissenschaftlicher Perspektive herausfordert: Dies betrifft vor allem den demographischen Wandel und die damit verbundenen „Herausforderungen von Gesundheitssicherung und Versorgung der Gesellschaften des langen Lebens", in denen der Umgang mit chronischen Einschränkungen an Bedeutung gewinnt (Franzkowiak/Hurrelmann 2018: 178). Dadurch rücken Coping-Ressourcen in den Vordergrund: „Gesundheit ist in diesem Verständnis gegeben, wenn sowohl körperliche und psychische Anforderungen als auch soziale und materielle Umweltanforderungen von einem Menschen produktiv bearbeitet und bewältigt werden" (ebd.: 179).

Bei Planungsprozessen und Zulassungsverfahren geht es in erster Linie um mögliche Beeinträchtigungen von Gesundheit, die „von Funktionsstörungen über klinische Erkrankungen bis hin zur Todesfolge" reichen, wobei sich neuere Ansätze auch auf verlorene Lebensjahre bei vorzeitigem Tod oder krankheitsbedingte „Gesundheitsverluste" beziehen (Fehr/Claßen 2014: 19). Die Autoren formulieren als Richtschnur – mit Verweis auf Franke (2012: 62) – folgende Kriterien:

1. „Vorhandensein und Ausmaß objektiv feststellbarer Veränderungen oder Befunde,
2. körperlich-seelisch-soziales Wohlbefinden und seine Störungen,
3. Leistungsfähigkeit und ihre Einschränkungen,
4. Ausmaß möglicher Betreuungsbedürftigkeit" (ebd.: 21).

Über den engeren Gesundheitsbegriff hinaus betreffen die sozialen Auswirkungen, die mit externen Stressoren für den Menschen einhergehen können, zudem

- Auswirkungen auf den Lebensstil, das heißt auf den alltäglichen Umgang mit Familie, Freunden, Mitmenschen und der Umwelt allgemein,
- kulturelle Auswirkungen, das heißt auf Praktiken des kulturellen Miteinanders in der sozialen Gemeinschaft,
- Auswirkungen auf den sozialen Zusammenhalt und die soziale Infrastruktur, das heißt auf Einrichtungen und Dienstleistungen der Daseinsvorsorge, auf institutionelle Netzwerke und Nachbarschaften,
- Auswirkungen auf die Lebensqualität, das heißt auf das Wohlbefinden, die Sicherheit und das Zugehörigkeitsgefühl in einem bestimmten Umfeld (Centre for Good Governance 2006: 5).

Abbildung 41 verdeutlicht die unterschiedlichen Determinanten, die auf die menschliche Gesundheit einwirken und somit Gegenstand von Planungs-, Prüf- und Zulassungsverfahren sind (Machtolf/Heller 2014: 67). Dabei wird zwischen sozial- und naturräumlichen Determinanten sowie physikalischen, chemischen und biologischen Determinanten unterschieden.

Die Wechselwirkungen zwischen Mensch und sozialer Gemeinschaft auf der einen und den unterschiedlichen Stressoren auf der anderen Seite sind vielfältig und komplex. Nicht zuletzt gibt es enge

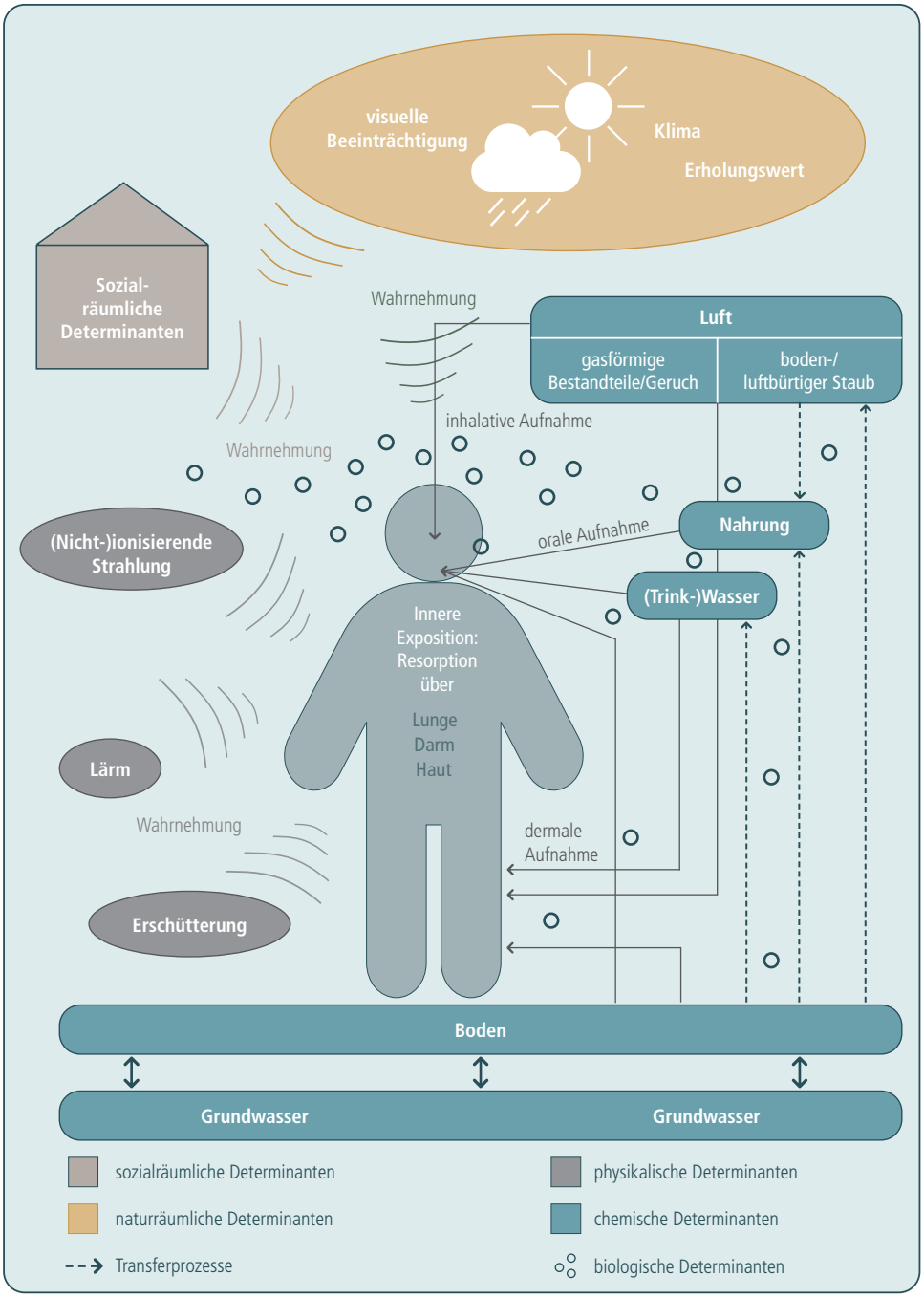


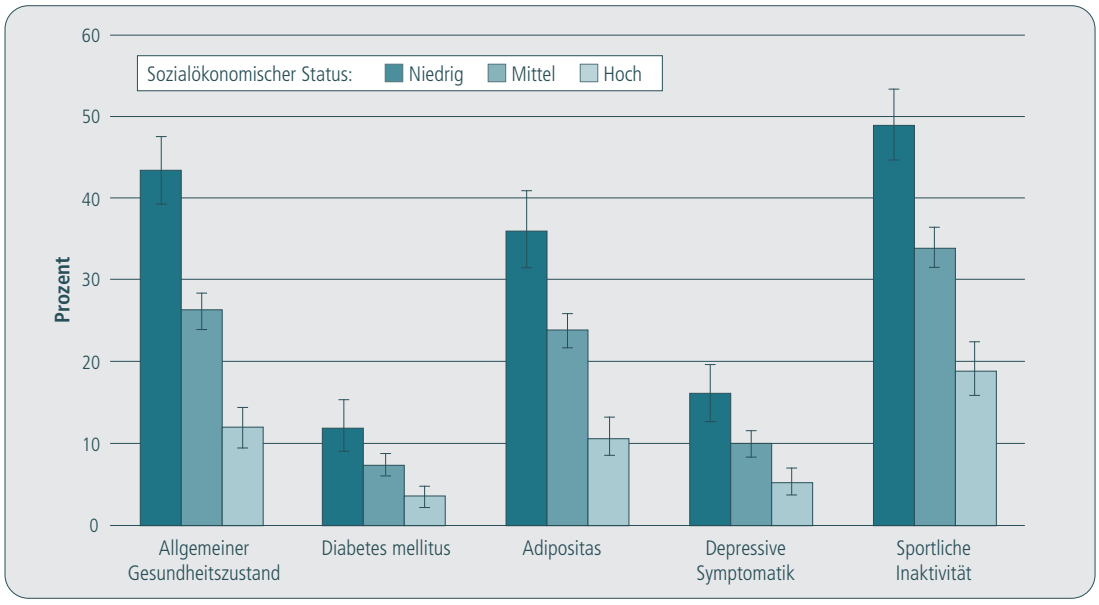
Abbildung 41: Betrachtungsmodell gesundheitsrelevanter Determinanten
Quelle: Machtolf/Heller 2014: 67; grafische Darstellung angepasst, verändert

Bezüge zwischen sozialer Lage und Gesundheit, das heißt die Lebenserwartung der Menschen korreliert mit dem sozialen Status; dies zeigt sich auf individueller wie auch auf sozialräumlicher Ebene (Bunge 2014: 21; Lampert et al. 2013: 817; vgl. Abb. 42). Ein niedriger sozialer Status geht zudem oft mit einer höheren Exposition gegenüber Umweltbeeinträchtigungen im Wohnumfeld einher. Allerdings ist die Datenlage in Deutschland „zur Einflussnahme sozialer Faktoren auf umweltbezogene Expositionen (Expositionsvariation) und die modifizierende Wirkung des Sozialstatus auf umweltbezogene Gesundheitsbeeinträchtigungen (Effektmodifikation) noch rudimentär“ (ebd.: 23).

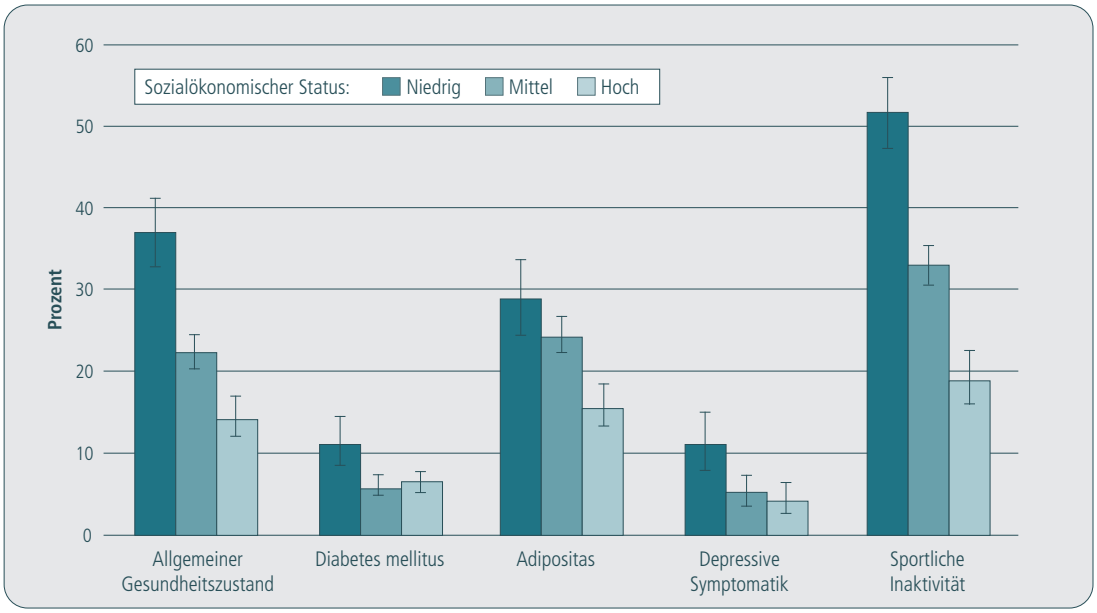
BOLTE et al. beschreiben den Zusammenhang zwischen sozialer Lage, Umwelt und Gesundheit in einem Modell, das auf die Lebensumwelt („Verhältnisse“) und die individuelle „Vulnerabilität“ rekurriert (Bolte et al. 2012; vgl. Abb. 43). Die soziale Lage wird dabei „vertikal“ über Faktoren wie

Einkommen, Bildung und Arbeitslosigkeit differenziert sowie „horizontal“ über Faktoren wie Alter, Geschlecht und Migrationshintergrund. Die Exposition in Bezug auf externe Stressoren, das individuelle Verhalten in Bezug auf zusätzliche (individuelle) Risikofaktoren sowie die zur Verfügung stehenden Ressourcen konfigurieren die Rahmenbedingungen für die Gesundheit in individueller und sozialräumlicher Perspektive. Wenngleich der hier verwendete nicht direkt mit dem auf die

Abbildung 42: Zusammenhang von sozioökonomischem Status und Gesundheit bei 18- bis 79-jährigen Frauen (oben) und bei 18- bis 79-jährigen Männern (unten)
Quelle: Lampert et al. 2013: 817; grafische Darstellung angepasst

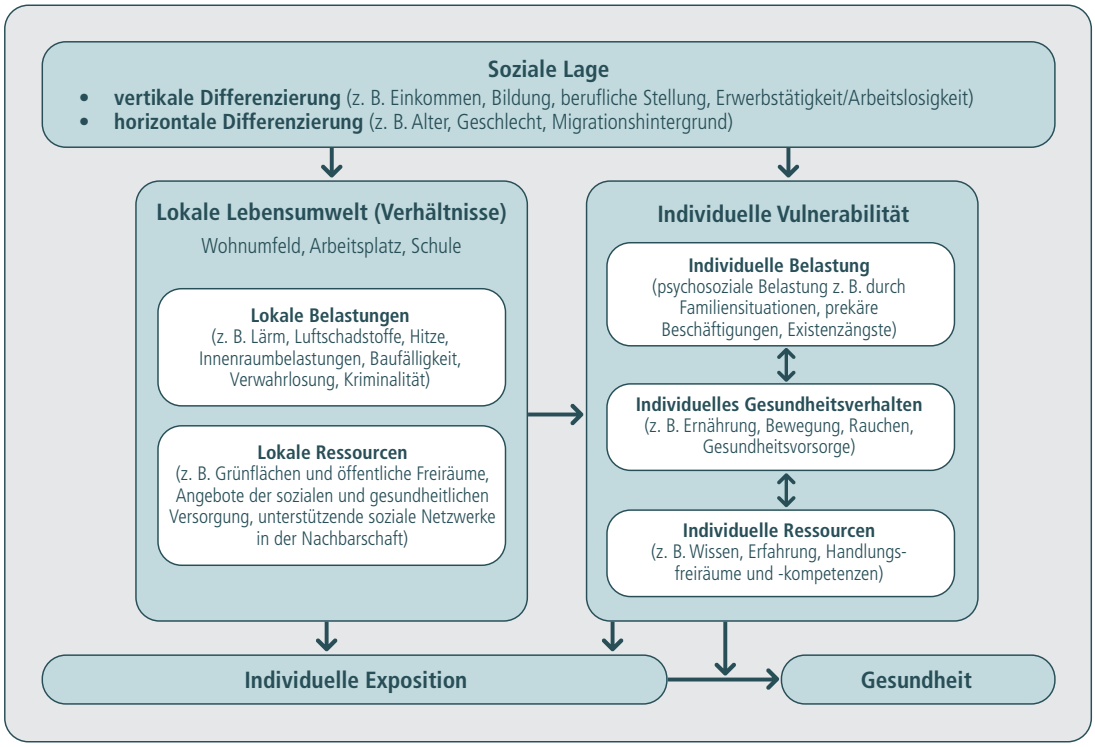


Allgemeiner Gesundheitszustand („mittelmäßig“, „schlecht“, „sehr schlecht“; n=4124), Diabetes mellitus (Lebenszeitprävalenz; n=4106), Adipositas (BMI ≥ 30; n=3648), depressive Symptomatik (PHQ-9 ≥10; n=3929) und sportliche Inaktivität (in den letzten 3 Monaten; n=4062) nach sozioökonomischem Status bei 18- bis 79-jährigen Frauen



Allgemeiner Gesundheitszustand („mittelmäßig“, „schlecht“, „sehr schlecht“; n=3719), Diabetes mellitus (Lebenszeitprävalenz; n=3716), Adipositas (BMI ≥30; n=3350), depressive Symptomatik (PHQ-9 ≥10; n=3556) und sportliche Inaktivität (in den letzten 3 Monaten; n=3642) nach sozioökonomischem Status bei 18- bis 79-jährigen Männern

Abbildung 43: Modell zur Beschreibung des Zusammenhangs zwischen sozialer Lage, Umwelt und Gesundheit
Quelle: Bolte et al. 2012: 26; grafische Darstellung angepasst



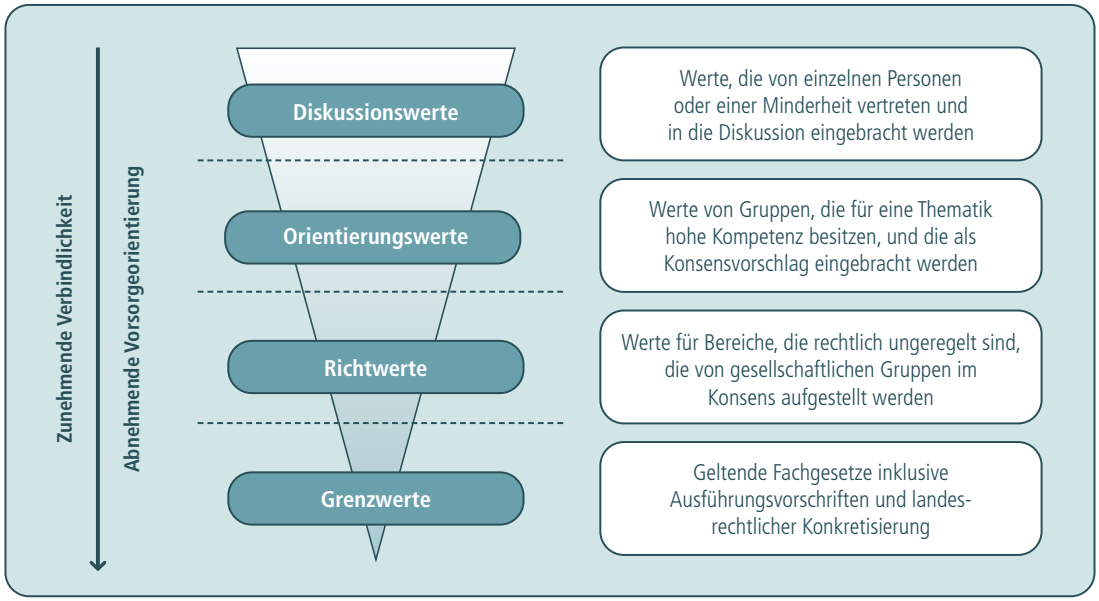
räumliche Planung ausgerichteten und stark über das Risikokonzept beeinflussten Vulnerabilitätsbegriff in Deckung gebracht werden kann, zeigen sich zweifelsohne wichtige Anknüpfungspunkte.

Zur angemessenen Berücksichtigung des Schutzguts „menschliche Gesundheit" sind nach HARTLIK im Kontext von Umweltprüfungen insbesondere zu berücksichtigen:
- vulnerable Bevölkerungsgruppen,
- Indikatoren, die das Wohlbefinden operationalisieren,
- Auswirkungen unterhalb der Gefahrenschwelle, die in der Regel durch die gültigen Grenzwerte und Normen gebildet wird,
- die Lebensverhältnisse, insbesondere in sozioökonomisch schwachen Wohngebieten, sowie
- Mehrfachbelastungen (Hartlik 2014: 33).

Gleichwohl lässt sich festhalten: „Trotz hoher Regelungsdichte und politischer Themenprominenz ist die tatsächliche Bearbeitung dieses zentralen Schutzgutes jedoch in Planungsprozessen und projektbezogenen Zulassungsverfahren häufig aus fachlicher Sicht enttäuschend" (UVP-Gesellschaft e.V., AG Menschliche Gesundheit 2020: 3).

Ein Kernproblem ist, dass rechtlich normierte Schutzziele und Grenzwerte, Bewertungsmaßstäbe und Schwellenwerte für eine Beurteilung vorliegender oder potenzieller Gefährdungen oftmals fehlen. Zumal die einschlägige Rechtsprechung nahelegt, „dass ein Einhalten von Grenzwerten allein nicht mehr genügt, um ein ausreichendes Schutzniveau zu gewährleisten" (ebd.: 16). Insofern müssen Bewertungsansätze vielfach fallspezifisch erarbeitet werden. HARTLIK unterscheidet dabei Grenz-, Richt- und Orientierungswerte sowie Werte, die (neu) in die gesellschaftliche Diskussion eingebracht werden, womit sich unterschiedliche Vorsorgeniveaus verbinden (ebd.: 35; vgl. Abb. 44).

Abbildung 44: Vorsorgegehalt von Wertmaßstäben
Quelle: Hartlik 2014: 35 in Anlehnung an Kloke 1987; grafische Darstellung angepasst



Die Raumplanung steht somit vor der Herausforderung, Bewertungsmaßstäbe und Schwellenwerte zu definieren, die die Analyseergebnisse zum aktuellen beziehungsweise prognostizierten Zustand von Schutzgütern ins Verhältnis zum angestrebten Schutzniveau setzen. Valide Ansätze lassen sich dann erzielen, wenn die Bewertungen zumindest mit einer verbal-argumentativen Herleitung beziehungsweise Begründung verknüpft werden, und wenn zudem auf eine kooperative Vereinbarung dieses Vorgehens mit Akteuren aus Politik, Verwaltung und Zivilgesellschaft hingewirkt wird (vgl. hierzu BBSR 2020: 30; Hartz et al. 2015: 72 ff.).

10.1.2 Indikatoren zur Beschreibung vulnerabler Bevölkerungsgruppen

Im Kontext der räumlichen Risikovorsorge stehen bei der Betrachtung des Schutzguts Mensch und menschliche Gesundheit vulnerable Bevölkerungsgruppen und ihr Lebens- beziehungsweise Wohnumfeld im Vordergrund. Schon früh wurde erkannt, dass bestimmte Bevölkerungsgruppen in Bezug auf externe Stressoren vulnerabler sind als andere, beispielsweise ältere Menschen, Menschen mit Vorerkrankungen oder Menschen mit geringem Einkommen beziehungsweise sozialem Status (vgl. u. a. O'Keefe et al. 1976; Green et al. 1994: 47). So fußen Indexbildungen zu Vulnerabilität oftmals auf Daten zu demographischen Faktoren, zum sozioökonomischen Status, zur Lebenslage, zur ethnischen Zugehörigkeit und zur Wohnsituation (vgl. u. a. Cutter et al. 2003; Flanagan et al. 2011: 4; vgl. Kap. 6.3).

CUTTER et al. haben hierzu zahlreiche Faktoren aufgearbeitet und statistisch auf Validität geprüft (Cutter et al. 2003: 246 ff.). Dazu zählen sowohl demographische und sozioökonomische Faktoren als auch gebietsbezogene Faktoren wie die medizinische Infrastruktur, die Ausstattung des Wohnumfeldes oder die Qualität der Wohngebäude (ebd.). Auch bei sozialräumlichen Analysen finden diese Indikatoren Verwendung (vgl. u. a. Amonn et al. 2011; Dohnke 2012; Beer et al. 2018). Grundsätzlich lassen sich unterschiedliche Indikatorenkategorien zur Analyse der Vulnerabilität heranziehen:

Demographische Faktoren geben Auskunft über Alter, Geschlecht und Herkunft der Wohnbevölkerung im Betrachtungsraum. Wichtige Indikatoren stellen die Alterskohorten oder der Anteil von Menschen mit Migrationshintergrund[2] dar. Studien belegen den Zusammenhang zwischen zunehmendem Alter und steigender (Multi-)Morbidität (vgl. Violan et al. 2014; Puth et al. 2017; DEGAM 2017; Seger/Gaertner 2020). In Quartieren mit einem hohen Anteil von Menschen mit Migrationshintergrund zeigen sich oftmals kumulierte Problemlagen, auch wenn sich vor allem diese Bevölkerungsgruppe sehr heterogen darstellt und damit die Gefahr einer zu großen Verallgemeinerung und auch Stigmatisierung einhergeht (Dohnke 2012: 157 f.). Insbesondere die Mechanismen auf dem Wohnungsmarkt führen dazu, dass aufgrund von Segregationsprozessen sozioökonomisch benachteiligte Zugewanderte häufig in problembehafteten Stadtquartieren mit städtebaulichen und infrastrukturellen Defiziten wohnen (Spellerberg et al. 2012: 4).

Sozioökonomische Merkmale sind unter anderem das Einkommen, Arbeitslosigkeit[3] oder Transferleistungsbezüge. Allerdings lässt die registrierte Arbeitslosigkeit von Personen „nur noch begrenzt Rückschlüsse auf Einkommensarmut“ zu, insbesondere bei kurzzeitig Arbeitslosen oder auch mit Blick auf Beschäftigte im Niedriglohnsektor (Dohnke 2012: 157). Aussagekräftiger erscheinen Angaben zu Langzeitarbeitslosigkeit und vor allem zum Bezug von Transferleistungen nach dem Sozialgesetzbuch (SGB). Hierzu zählen die Grundsicherung für Arbeitsuchende (SGB II) sowie die Leistungen und Maßnahmen zur Arbeitsförderung (SGB III)[4], insbesondere in Verbindung mit spezifischen Altersgruppen wie Kinder und Jugendliche unter 15 Jahren („Kinderarmut“), oder der Bezug von Leistungen nach SGB XII („Altersarmut“, ebd.).

Zu den **Bildungsdaten** zählt unter anderem der Bildungsabschluss. Er gibt Rückschlüsse darauf, wie sich der Zugang zum Arbeitsmarkt gestaltet und auch auf die individuellen Chancen für gesellschaftliche Teilhabe. So haben (junge) Menschen ohne qualifizierenden Abschluss zumeist Schwierigkeiten, auf dem Arbeitsmarkt Fuß zu fassen; gleichzeitig korreliert der Anteil an Hochqualifizierten in den Stadtquartieren oftmals mit deren Attraktivität (Amonn et al. 2011: 59 f.). Indikatoren, die sich auf schulbezogene Daten beziehen, wie beispielsweise der Übergang von der Grundschule auf eine weiterführende Schule, bringen erhebliche methodische Probleme mit sich, da sie sich nicht auf die Einheiten der Kommunalstatistik beziehen und nicht wohnortsbezogen erfasst werden (Dohnke 2012: 158).

Zahlreiche Untersuchungen belegen über die Auswertung **gesundheitsbezogener Daten**, dass sozial benachteiligte Menschen eine geringere Lebenserwartung haben und oftmals beeinträchtigenden Situationen und gesundheitlichen Risiken in ihrem Wohnumfeld ausgesetzt sind (vgl. Riedel 2014: 73; UBA 2015d: 43; zudem Richter/Hurrelmann 2009; Bolte et al. 2012). AMONN et al. konnten für die Emscherregion einen starken Zusammenhang zwischen der sozialen und gesundheitlichen Lage der Wohnbevölkerung nachweisen, unter anderem in der Verknüpfung

[2] Menschen mit Migrationshintergrund sind „selbst oder mindestens ein Elternteil nicht mit deutscher Staatsangehörigkeit geboren“ (Destatis 2023a). Dazu zählen „zugewanderte und nicht zugewanderte Ausländerinnen und Ausländer, zugewanderte und nicht zugewanderte Eingebürgerte, (Spät-)Aussiedlerinnen und (Spät-)Aussiedler sowie die als Deutsche geborenen Nachkommen dieser Gruppen“ (ebd.).

[3] „Arbeitslose sind Arbeitsuchende, die vorübergehend nicht in einem Beschäftigungsverhältnis stehen, eine versicherungspflichtige Beschäftigung von mindestens 15 Stunden wöchentlich suchen, den Vermittlungsbemühungen der Agentur für Arbeit oder des Jobcenters zur Verfügung stehen […] und damit als registrierte Arbeitslose geführt werden“; diese müssen mindestens 15 Jahre alt sein und dürfen das Rentenalter noch nicht erreicht haben (Destatis 2023b).

[4] SGB II umfasst die Gesamtregelleistungen „Grundsicherung für Arbeitsuchende“ (Arbeitslosengeld II/Bürgergeld) nach dem Zweiten Buch Sozialgesetzbuch (Destatis 2023c); SGB III bezieht sich auf Leistungen im Zusammenhang mit Arbeitslosengeld, Kurzarbeitergeld, Insolvenzgeld, Berufsausbildungsbeihilfe, Ausbildungsgeld und Übergangsgeld (Bundesagentur für Arbeit 2023).

von Arbeitslosigkeit und Lebenserwartung sowie bei den Übergangsquoten und Übergewicht bei Schulanfängern (Amonn et al. 2011: 68 ff.). Umgekehrt gilt in Bezug auf Vulnerabilität, dass Vorerkrankungen oder gesundheitliche Beeinträchtigungen die Sensitivität gegenüber spezifischen Gefahrenarten wie Hitzestress steigern können (vgl. Kap. 10.3.4 und 10.3.5). Allerdings stehen gesundheitsbezogene Daten aus Datenschutzgründen oftmals nur auf Ebene der Kreise und kreisfreien Städte und nicht kleinräumig auf Ebene der statistischen Blöcke zur Verfügung.

Haushaltsdaten umfassen unter anderem die Größe von Haushalten und geben, in Kombination mit dem Alter der Haushaltsmitglieder, wichtige Hinweise zur sozialen Lage. Hier sind zum einen Familien mit kleinen Kindern zu nennen, die spezifische Anforderungen an das Wohnumfeld stellen, Alleinerziehende in oftmals prekärer Situation (Bertelsmann Stiftung 2021) oder Single-Haushalte, die vor allem bei Hochaltrigen zu isolierten Situationen und damit einer besonderen Vulnerabilität führen können.

Eine spezifische Bevölkerungsgruppe sind **Obdachlose**. Eine räumliche Erfassung lässt sich nur näherungsweise vornehmen. Dennoch ist Obdachlosigkeit, „also das Fehlen eines schützenden Dachs über dem Kopf", ein wichtiges gesundheitsrelevantes Thema (Baumgart/Rüdiger 2022: 122). Sie kann zugleich einen besonderen Risikofaktor in Bezug auf die unmittelbare Exposition gegenüber Gefährdungen darstellen.

Indikatoren zu **Wohnen** und zum **Wohnumfeld** beziehen sich auf vielfältige Merkmale der quantitativen und qualitativen Ausstattung des Wohnraums beziehungsweise des Wohnumfelds. Das Wohnumfeld spiegelt die soziale Struktur der Wohnbevölkerung wider, zugleich prägt es das soziale Leben und die Handlungsoptionen der Menschen (Amonn et al. 2011: 17; Riedel 2014: 73 f.). Diese sogenannten Quartierseffekte machen aus benachteiligten Quartieren „benachteiligende Quartiere", das heißt, eine „Marginalisierung wird dadurch nicht nur verfestigt, sondern sogar verstärkt" (Häußermann/Walther 2018: 2202). Allgemeine Aussagen zum Wohnumfeld lassen sich zudem über Wanderungsdaten erhalten: So liefern negative Wanderungssalden in einem Wohnquartier Anhaltspunkte für „Abstimmungen mit den Füßen" als mögliche „Folge von Unzufriedenheit mit den lokalen Wohn- und Lebensverhältnissen"; dies gilt vor allem für Familien mit kleinen Kindern, die „i.d.R. sehr sensibel auf negative soziale Entwicklungen reagieren" (Dohnke 2012: 150). Wohnverhältnisse sind eine zentrale Ressource für die Gesundheit der Menschen. Zu den gesundheitsrelevanten Aspekten des Wohnens zählen unter anderem der Wohnstandard und die Ausstattung der Wohnung, der rechtliche Status (Miete oder Eigentum), der Lagekontext und das Umfeld (öffentliche Infrastrukturen, nutzbare Freiräume, Anbindung und Mobilität) sowie die Umweltbedingungen (Baumgart/Rüdiger 2022: 126 ff.).

Viele dieser Faktoren, die Vulnerabilitäten beschreiben (können), lassen sich durchaus in komplexere gesellschaftliche Problemlagen einordnen:

> „The research on these differential vulnerabilities shows that, for example, gender is not just an intrinsic feature of people who are vulnerable due to birth but who are made vulnerable by societal structures and processes, such as specific societal conditions that made women more susceptible to coastal hazards due to social norms […]" (Birkmann 2013a: 27, vgl. hierzu auch Voss et al. 2018: 8 f.).

Insofern stellt sich die Aufgabe, im jeweiligen gesellschaftlichen und lokalen Kontext die Faktoren auf den Prüfstand zu stellen (Birkmann 2013a: 27). VOSS et al. verbinden damit die Frage: „[W]elches Maß an Offenheit und Standardisierung ist das richtige?" (Voss et al. 2018: 8). Diese Frage lässt sich aufgrund der Kontextgebundenheit nicht abschließend beantworten, sondern ist im konkreten Fall jeweils neu zu stellen. Zudem spielt auch die Zielsetzung der jeweiligen Vulnerabilitätsanalyse eine Rolle: Ist diese erforderlich, um Katastrophenvorsorge zu betreiben, oder ist diese in ein raumplanerisches Verfahren oder gar ein Monitoring eingebunden? Dieser Sachver-

halt wird in Kapitel 8.1 vertieft beleuchtet. Gleichwohl zeigen die Erfahrungen, dass die angeführten Standardindikatoren eine grundsätzliche Annäherung an Vulnerabilitätsprofile und -muster erlauben (vgl. Cutter et al. 2003).

Sozialmonitoring und Vulnerabilitätsperspektive

Im Rahmen des BMBF-Projekts ZURES wurden Ansätze des Sozialmonitorings beziehungsweise von Sozialraumanalysen untersucht, um auszuloten, inwieweit sich Synergien zu Vulnerabilitätsanalysen ergeben können (Birkmann et al. 2022). Datenbasierte Sozialraumanalysen haben zwar eine lange Tradition, wurden aber im Zuge des Aufschwungs der qualitativen Sozialraumforschung seit Mitte der 1990er-Jahre weniger systematisch, sondern in erster Linie zur Vertiefung spezifischer Fragestellungen, beispielsweise in Bezug auf Stadtteile mit besonderem Entwicklungsbedarf oder auf Prozesse wie Segregation und Gentrifizierung, angewendet (Zehner 2004: 53). Mit Blick auf eine zunehmende soziale Polarisierung von Städten und die Verschärfung sozialer Problemlagen als Folge von Segregationsprozessen bieten empirische, flächendeckende Analysen der sozialräumlichen Struktur eine gute Grundlage für die Stadtentwicklung (ebd.: 54; vgl. Dohnke 2012: 143). In den vergangenen zwei Dekaden haben einige Städte sich dieses Instrumentariums wieder bedient, sozialräumliche Analysen durchgeführt und Monitoringsysteme etabliert (Dohnke 2012: 146). Diese können vielversprechende Anknüpfungspunkte für Vulnerabilitätsanalysen darstellen.

Die Recherche im Rahmen des ZURES-Projekts bezog sich auf die Sozialmonitoring-Konzepte der Städte Berlin, Bremen, Düsseldorf, Hamburg, Mainz, München, Heidelberg und Frankfurt am Main (Birkmann et al. 2023: 34 f.). Es wurde der Frage nachgegangen, inwieweit diese Ansätze das Potenzial haben, Grundlagen für Vulnerabilitätsanalysen zu liefern. Im Ergebnis zeigte sich, dass Stressoren wie der Klimawandel nur in einem der Konzepte Erwähnung finden: „In der gegenwärtigen Form können sozio-räumliche Analysen daher nur in begrenztem Umfang zur Analyse der Auswirkungen des Klimawandels beitragen. Grundsätzlich besteht hier jedoch ein hohes Potenzial einer stärkeren Verknüpfung zwischen Sozialmonitoring-, Umweltgerechtigkeits- und Analysen zur Auswirkung des Klimawandels“ (ebd.).

Generische und gefahrenspezifische Vulnerabilität

Vergleichbar zu sozialräumlichen Analysen gehen CUTTER et al. (2003) in ihren Untersuchungen von einer generischen sozialen Vulnerabilität und somit von einem Set an Faktoren aus, das eine allgemeine Vulnerabilität von Bevölkerungsgruppen mit geringen Coping-Kapazitäten beschreibt. Diese durchaus erprobten Faktoren geben wichtige Hinweise auf die Indikatorenwahl, um Vulnerabilität zu operationalisieren. Neben den generischen wurden in Forschungsarbeiten der vergangenen Jahrzehnte vor allem gefahrenspezifische Faktoren herausgearbeitet, die eine differenziertere Betrachtung der Beziehung zwischen externem Stressor und Schutzgut ermöglichen.

Im Rahmen dieser Arbeit liegt ein Fokus auf der Wohnbevölkerung und hierbei auf einer Differenzierung vulnerabler Gruppen. Im Vordergrund stehen Faktoren, die die Sensitivität und Copingkapazitäten von Individuen und sozialen Gruppen in Bezug auf spezifische Gefahrenarten abbilden (können). Dazu werden die Wirkzusammenhänge näher beleuchtet (vgl. Kap. 10.3.5 und 10.4.5 sowie Kap. 11).

Die raum- und infrastrukturelle Ausstattung von Wohnumfeldern und Quartieren, die als gebietsbezogene Ressourcen (Grünflächen, medizinische Versorgung etc.) durchaus Einfluss auf die Vulnerabilität der Wohnbevölkerung nehmen (können), wird für das Indikatorenset nicht berücksichtigt. Die Einbeziehung dieser (potenziellen) gebietsspezifischen Ressourcen stellt jedoch eine relevante Aufgabenstellung im jeweiligen Planungsprozess dar. Hierbei gilt es zu klären, inwieweit diese Angebote tatsächlichen Einfluss auf die Vulnerabilitätsmuster ausüben (vgl. Kap. 8).

10.1.3 Trends in der Bevölkerungsentwicklung

Die 15. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung für Deutschland beruht auf Annahmen zu Geburtenhäufigkeit, Lebenserwartung und Wanderungssaldo (Destatis 2023d): Ausschlaggebend für die Bevölkerungsentwicklung sind die Wanderungssalden, da die Zahl der Gestorbenen die Zahl der in Deutschland Geborenen seit 1972 jährlich übersteigt (ebd.). Die Auswirkungen des Geburtendefizits betreffen insbesondere die zukünftigen Generationen, allerdings ist durch Zuwanderung und der damit verbundenen Verschiebung der Alterskohorten und Geburtenraten voraussichtlich von einer (leichten) Abschwächung des Trends auszugehen. Szenarien beschreiben den möglichen Entwicklungskorridor: Bei einem niedrigen Wanderungssaldo würde die Bevölkerung bereits ab 2023 beziehungsweise ab 2024 abnehmen, bei einem höheren Wanderungssaldo frühestens um 2030 (ebd.). Fällt das Wanderungssaldo sehr hoch aus, könnte sogar von einer Bevölkerungszunahme ausgegangen werden. Für das Jahr 2070 ergibt sich damit eine Spannbreite der Bevölkerungsentwicklung zwischen 73,5 und 90,9 Millionen Menschen (ebd.).

Verschiebung der Altersklassen

Die drastische Verschiebung der Altersklassen zeigt sich im Vergleich der Daten von 1910 zu heute beziehungsweise zur Prognose für das Jahr 2070, wobei der zukünftige Anteil der Altersklassen maßgeblich von den Wanderungssalden abhängen wird (Destatis 2023d). Ausschlaggebend für die Entwicklung der Alterskohorten ab 67 (Renteneintritt) sowie die Anzahl der über 80-Jährigen (Hochaltrige) ist die Generation der geburtenstarken Jahrgänge, der sogenannten Babyboomer, die derzeit den Bevölkerungsaufbau bestimmt. Sobald die Babyboomer sich nicht mehr im Altersaufbau der Bevölkerung niederschlagen, werden sich die Relationen zwischen den Altersgruppen nochmals deutlich verschieben (ebd.). Der Anteil der über 67-Jährigen wird zunehmen, ebenso der Anteil der Hochaltrigen. Letzterer lag 2021 bei 7 % und wird voraussichtlich auf bis zu 12 % im Jahr 2050 beziehungsweise bis zu 14 % im Jahr 2070 ansteigen (ebd.).

Die verstärkte Zuwanderung seit 2015 hat Auswirkungen auf die Verteilung der Altersgruppen: So nahm die Zahl der unter 20-Jährigen um 2,8 % im Jahr 2022 zu, was vorwiegend auf Geflüchtete zurückzuführen ist (Destatis 2023e). Der Ausländeranteil an der Gesamtbevölkerung betrug Ende 2022 14,6 %; Ursache des starken Anstiegs gegenüber dem Vorjahr um circa 1,5 % war der Krieg in der Ukraine und die Aufnahme ukrainischer Geflüchteter in Deutschland (ebd.).

Veränderung der Haushaltsgrößen und Schrumpfen der Mittelschicht

Bei den Haushaltsgrößen dominieren die Einpersonenhaushalte mit 40,8 % (2022), wobei nur 20,1 % der Bevölkerung in Einpersonenhaushalten leben (Destatis 2023f). Die Anzahl der Einpersonenhaushalte ist mit wenigen Schwankungen kontinuierlich angestiegen; dieser Trend hält weiterhin an und wird auf circa 44 % für das Jahr 2035 eingeschätzt (Destatis 2023g). Rund 18 % der Haushalte mit minderjährigen Kindern stellen die Alleinerziehenden, wobei deren Anzahl zwischen 1996 und 2021 von 1,3 Millionen auf knapp 1,5 Millionen angewachsen ist (BMFSFJ 2023).

In Bezug auf die Einkommensverteilung in Deutschland macht sich ein Schrumpfen der Mittelschicht seit 1996 bemerkbar: Lag 1996 noch bei 65 % der Bevölkerung das Einkommen zwischen 70 und unter 150 % des mittleren Einkommens, so reduzierte sich der Bevölkerungsanteil bis 2016 auf 56 % (bpb 2020). Das bedeutet, dass der Anteil sowohl der einkommensstarken als auch der einkommensschwachen Gruppe zugenommen hat; der Anteil der einkommensschwachen Gruppe liegt mittlerweile bei 24,4 % (ebd.). Vor dem Hintergrund einer wachsenden Dynamik der Energie-, Wärme- und Mobilitätswende, einer sich nur langsam abschwächenden Inflation und einem angespannten Wohnungsmarkt ist auch für die Zukunft davon auszugehen, dass sich einkommensschwache Haushalte zunehmend in prekären Situationen wiederfinden.

Soziale Segregation

HELBIG und JÄHNEN weisen in ihrer Studie über die soziale Architektur von Städten in Deutschland nach, dass seit Mitte der 2000er-Jahre die soziale Segregation in Deutschland teilweise stark steigt: Festgestellt wird, „dass das Niveau der sozialen Segregation von SGB II-Empfängern sich in einigen ostdeutschen Städten mittlerweile auf der Höhe der Armutssegregation in amerikanischen Metropolregionen bewegt“ (Helbig/Jähnen 2018: 58). Bemerkenswert ist der Befund, dass die soziale Segregation vor allem bei armen Kindern „deutlich ausgeprägter ist als die allgemeine Armutssegregation“ (ebd.). Die Ergebnisse der Studie legen auch eine demographische Segregation offen, das heißt, dass sich insbesondere die Altersgruppen der 15- bis 29-Jährigen sowie der ab 65-Jährigen in den Städten räumlich ungleich verteilen (ebd.: 59). In Bezug auf den Kontexteffekt von Nachbarschaften, der zu einer Erhöhung des Armutsrisikos führen kann, bestätigen GOEBEL und HOPPE einen nichtlinearen Effekt: Ihre Analyseergebnisse deuten darauf hin, dass – vergleichbar zu Ergebnissen internationaler Forschung – ein Kontexteffekt einer sozial oder ethnisch segregierten Wohnumgebung erst ab dem Überschreiten einer Schwelle von 20 % bis 30 % an Haushalten mit Statusniedrigen oder Zugewanderten eintritt (Goebel/Hoppe 2015: 107). Dieser Nachbarschaftseffekt wirkt sich bei sozialer Segregation in der Regel negativ auf die Armutsdynamiken aus; bei ethnischer Segregation kann er dagegen sowohl negative als auch positive Wirkung entfalten (ebd.: 108). SPELLERBERG bestätigt diese Befunde zu räumlicher Segregation auch vor dem Hintergrund angespannter Wohnungsmärkte in deutschen Großstädten:

> „Mit der Finanzialisierung des Wohnens (Heeg 2013) sind Entdifferenzierungen und Entmischungen sowohl in sozialer wie auch in materiell-physischer Hinsicht zu beobachten. Die Überlagerung ethnischer und sozialer Segregation hat zur Folge, dass bei einer Homogenisierung nach innen gesellschaftliche Desintegration von Unterprivilegierten verfestigt wird und die Grenzziehungen von Nachbarschaften nach außen deutlicher werden [...]“ (Spellerberg 2020: 191).

Gesundheitliche Faktoren

Neben demographischen und sozioökonomischen Parametern prägen auch zunehmend gesundheitliche Faktoren die urbanen Vulnerabilitätsmuster. Hinweise darauf gibt beispielsweise der Anstieg pflegebedürftiger Menschen in Deutschland (Destatis 2023h): Ende 2021 erreichte die Zahl der Pflegebedürftigen rund 5 Millionen; prognostiziert wird in einem moderaten Szenario ein Anstieg auf etwa 5,6 Millionen bis 2035 und circa 6,8 Millionen bis 2055. Wird der Pflegebegriff weiter gefasst, steigen die Zahlen nochmals deutlich an: 2035 wird in diesem Szenario von bereits 6,3 Millionen Pflegebedürftigen ausgegangen; dies bedeutet eine Steigerung um 27 % gegenüber 2021 (ebd.). Im Jahr 2055 wären es dann 7,6 Millionen, demnach ein Anstieg um 53 % (ebd.). Die meisten pflegebedürftigen Menschen wären dabei über 80 Jahre alt (ebd.).

Insgesamt ist in einer Gesellschaft des langen Lebens nicht nur mit einem Anstieg der Pflegebedürftigkeit zu rechnen, sondern auch mit einer Zunahme der (Multi-)Morbidität, vor allem durch eine Zunahme nichtübertragbarer Erkrankungen wie Diabetes, Krebs und Demenz (RKI 2015: 434). Hinzu kommt, dass der hohe Anteil an Übergewicht und Adipositas bei Kindern und Jugendlichen mit einem hohen Risiko für Typ-2-Diabetes, Bluthochdruck und Herz-Kreislauf-Erkrankungen im Erwachsenenalter einhergeht (Schienkiewitz et al. 2018: 16). Die Häufigkeit von Übergewicht (einschließlich Adipositas) liegt bei Mädchen und Jungen zwischen 3 bis 17 Jahren bei 15,4 %, die Adipositasprävalenz bei 5,9 % (ebd.: 18). Die Prävalenz für Übergewicht korreliert mit einem niedrigen sozioökonomischen Status (ebd.). Dies gilt gleichfalls für den berichteten allgemeinen Gesundheitszustand bei Kindern und Jugendlichen: So „ist der Anteil der Eltern, die den allgemeinen Gesundheitszustand ihrer Kinder als sehr gut oder gut einstufen, umso größer, je höher der Sozialstatus der jeweiligen Familie ist“ (Poethko-Müller et al. 2018: 11).

Im Fazit wird deutlich, dass die Bevölkerungsentwicklung maßgeblichen Einfluss auf die Muster sozialer Vulnerabilität in den Städten nimmt. Die beschriebenen Trends deuten daraufhin, dass die Gruppen potenziell vulnerabler Personen – unter anderem Hochaltrige, Alleinlebende oder Menschen mit Vorerkrankungen – deutlich zunehmen werden.

10.2 Raumplanungsrelevante Gefahren und Stressoren für die menschliche Gesundheit

Die räumliche Planung befasst sich insoweit mit Gefahren, als dass diese konkrete räumliche Bezüge aufweisen und in ihrer Entstehung und/oder ihren Auswirkungen über das Instrumentarium der räumlichen Planung beeinflussbar sind (Greiving 2004: 181). Die Gefahren fallen – sofern sie eine überörtliche, überfachliche Betrachtung erfordern – in den Zuständigkeitsbereich der Raumordnung im Sinne des § 1 Absatz 1 ROG beziehungsweise § 7 Absatz 3 ROG oder – sofern sie einen konkreten Bezug zur Bodennutzung gemäß § 1 Absatz 1 BauGB aufweisen – in den Zuständigkeitsbereich der Bauleitplanung (Greiving 2011: 23). Für die meisten Gefahrenarten ist eine Betrachtung auf unterschiedlichen Planungsebenen sinnvoll, da beispielsweise die städtische Hitzeinsel eine Gefahrenlage darstellt, auf die einerseits mit konkreten (stadtplanerischen) Maßnahmen vor Ort reagiert werden kann. Andererseits ist die Sicherung großräumiger, überörtlich wirksamer Kaltluftsysteme, die für eine thermische Entlastung bei spezifischen Wetterlagen sorgen können, Aufgabe der Raumordnung.

Tabelle 8 gibt einen Überblick zu raumplanungsrelevanten Gefahren, zu exemplarischen Wirkungen auf den Menschen und die menschliche Gesundheit sowie zu Einflussmöglichkeiten der räumlichen Planung. Darüber hinaus werden Hinweise zur Datenlage für die jeweilige Gefahrenart beziehungsweise den Gefahrenkomplex gegeben. Deutlich wird, dass nur für wenige Gefahrenarten detaillierte und standardisierte Datengrundlagen auf städtischer Ebene vorliegen. Eine Ausnahme stellen die die Hochwassergefahrenkarten der Wasserwirtschaft dar.

Operationalisierung der Gefährdung

Grundlage für eine Operationalisierung der Gefährdung ist zunächst ein Ausgangsszenario: Bei Hochwasserereignissen sind dies bevorzugt die HQ-Bemessungsfälle HQ_{100} oder HQ_{extrem}, auf deren Basis Art, räumliche Ausdehnung, Intensität, Zeitpunkt und Dauer des betrachteten Ereignisses bestimmt werden können (BBK 2010: 25). Wenn möglich, sollen bei der Klassifizierung der Gefährdung Fachnormen zur Anwendung kommen. Allerdings gibt es für viele Gefahrenarten noch keine geltenden Fachnormen, zum Beispiel für Hitzestress oder Wassermangellagen; hier sind gut nachvollziehbare Begründungen aus der Fachliteratur oder von Befragungen der Fachbehörden beziehungsweise Forschungseinrichtungen abzuleiten (Hartz et al. 2020c: 32). Zur Klassifizierung der Gefährdung schlägt das BBK eine fünfstufige Ordinalskala vor, in welche die Werte eingeordnet werden können (BBK 2010: 27). Im Rahmen des MORO Räumliche Risikovorsorge wurde zur Bewertung der Gefahrenintensität für Flusshochwasser in der Raumordnung die fünfstufige Skala von „geringer“ bis „extremer“ Gefährdung umgesetzt: Dies erfolgte auf Basis der Kriterien Überflutungshöhe, Fließgeschwindigkeit und Dynamik und differenziert nach der Lage vor beziehungsweise hinter den Deichen (Hartz et al. 2017: 254; vgl. Abb. 56).

Mehrfachbelastungen und Kaskadeneffekte

Allerdings treten Gefährdungen und Stressoren besonders in Städten selten als einzelne Belastungssituationen auf, vielmehr überlagern sie sich vielfach im Sinne (potenzieller) Mehrfachbe-

Tabelle 8: Gefahren und Stressoren im urbanen Raum
Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Hartz et al. 2020c: 48 ff.; BBSR 2020: 34 ff.; Baumgart/Rüdiger 2022: 64; DWD 2023a, b; UBA 2023a

Exemplarische Wirkungen auf den Menschen und die menschliche Gesundheit	Datengrundlagen für die räumliche Planung	Einflussmöglichkeiten der räumlichen Planung
Überschwemmungen durch Flusshochwasser (ebenso: Sturmfluten an der Küste)		
Gefahr für Leib und Leben; Verletzungsgefahr; Gefahr für Hab und Gut; Ausfall oder eingeschränkte Funktionsfähigkeit der Ver- und Entsorgung (Energie, Wasser) sowie von Einrichtungen der Daseinsvorsorge; Unterbrechung von Verkehrswegen; Seuchen- und Infektionsgefahren; physische, psychische, sozioökonomische Folgeschäden	Fachplanerische Hochwassergefahrenkarten für relevante Fließgewässer (entsprechend den Signifikanzkriterien) und für die Küste gemäß HWRM-RL – Jährlichkeiten der Ereignisse – Überflutungshöhe – Fließgeschwindigkeit – Fließdynamik – Deichbruch- und Überströmungsszenarien	Flächenvorsorge für (technische) Schutzinfrastrukturen; Freihalten gefährdeter Bereiche von Bebauung; Verbesserung der Retention in den hochwassergefährdeten Bereichen; entsprechende Standortwahl vor allem bei KRITIS und sensitiven Nutzungen; ggfs. Rückbau von Siedlungs- und Infrastrukturen; Förderung redundanter Raumstrukturen (z. B. der Daseinsvorsorge oder der Stromversorgung); Bauvorsorge; Information und Aufklärung; Unterstützung des kommunalen Hochwasserrisikomanagements
Überflutungen durch Starkregen; Sturzfluten		
Verletzungsgefahr; Gefahr für Hab und Gut; Ausfall oder eingeschränkte Funktionsfähigkeit der Ver- und Entsorgung (Energie, Wasser) sowie von Einrichtungen der Daseinsvorsorge; Unterbrechung von Verkehrswegen; Seuchen- und Infektionsgefahren; physische, psychische, sozioökonomische Folgeschäden	Starkregengefahrenkarten (unterschiedliche Modellierungsverfahren) – Jährlichkeiten der Ereignisse – Überflutungshöhe – Fließgeschwindigkeit – Fließdynamik	Freihalten gefährdeter Bereiche von Bebauung; Verbesserung der Retention innerhalb der städtischen Freiräume und Quartiere; entsprechende Standortwahl vor allem bei KRITIS und sensitiven Nutzungen; ggfs. Rückbau von Siedlungs- und Infrastrukturen; Bauvorsorge; Information und Aufklärung; Unterstützung des kommunalen Starkregenrisikomanagements
Stürme		
Gefahr für Leib und Leben; Verletzungsgefahr; Gefahr für Hab und Gut Ausfall/eingeschränkte Funktionsfähigkeit der Ver- und Entsorgung (Energie, Wasser) sowie von Einrichtungen der Daseinsvorsorge; Unterbrechung von Verkehrswegen – auch durch Kaskadenwirkungen	Windgefährdungskarten, z. B. des DWD (mit mittleren jährlichen Windverhältnissen für Deutschland und einzelne Bundesländer bzw. für Nord- und Ostsee für Höhen von 10 m und 80 m über Grund mit einer Auflösung von bis zu 200 m)	Ausrichten des Baumbestands auf Sturmgefährdung (Abstand, Baumarten; Baumgesundheit); Bauvorsorge; Erhöhung der Redundanz bei Infrastrukturen der Daseinsvorsorge; Information und Aufklärung

Tabelle 8: Gefahren und Stressoren im urbanen Raum (Fortsetzung)

Erdbeben		
Gefahr für Leib und Leben; Verletzungsgefahr; Gefahr für Hab und Gut; Ausfall oder eingeschränkte Funktionsfähigkeit der Ver- und Entsorgung (Energie, Wasser) sowie von Einrichtungen der Daseinsvorsorge; Unterbrechung von Verkehrswegen; Seuchen- und Infektionsgefahren; physische, psychische, sozioökonomische Folgeschäden	Karte der Erdbebenintensitäten für Deutschland gemäß DIN EN 1998-1/NA:2021-07 Erdbebenzonen auf Basis der Europäischen Makroseismischen Skala (EMS): EMS-Intensitäten bei 475-jährlichen Erdbeben	Entsprechende Standortwahl vor allem bei KRITIS; Bauvorsorge; Information und Aufklärung
Geogene Gefahren		
Gefahr für Leib und Leben; Verletzungsgefahr; Gefahr für Hab und Gut; physische; psychische, sozioökonomische Folgeschäden	Gefahrenhinweiskarten der Staatlichen Geologischen Dienste sowie des Bundesamts für Strahlenschutz bzw. der zuständigen Behörden der Länder – Subrosion, Verkarstung – Setzungen/Hebungen (tw. Bergbau) – Massenbewegungen – Bodengasaustritte (Methan/Radon)	Flächenvorsorge für (technische) Schutzinfrastrukturen; Freihalten von gefährdeten Bereichen von Bebauung; ggfs. Rückbau von Siedlungs- und Infrastrukturen; Bauvorsorge; Information und Aufklärung
Hitzestress		
Gefahr für Leib und Leben; Herz-Kreislauf-Probleme; Hitzeschlag; Schlafstörungen; Konzentrationsstörungen und Einschränkungen der Leistungsfähigkeit	Stadtklimakarten (unterschiedliche Modellierungsverfahren der Tag- und Nachtsituation) – Lufttemperatur (Tag/Nacht) – Kaltluftproduktion/Kaltluftströme – Bioklimaindizes (v. a. PET-Werte) – meteorologische Kenntage (Heiße Tage, Sommertage, Tropennächte) Karten der thermischen Innenraumbelastung (neue Modellierungsverfahren)	Sicherung der Kaltluftproduktion und der Luftleitbahnen; Erhöhung des Grünvolumens in der Stadt; Verbesserung der Verschattung von Aufenthalts- und Bewegungsräumen, v. a. durch Baumpflanzung; Schaffen von Grünräumen; öffentliche Trinkbrunnen; Bauvorsorge; Information und Aufklärung; Unterstützung der kommunalen Hitzeaktionsplanung
Dürre/Wassermangel		
Ausfall oder eingeschränkte Funktionsfähigkeit der Ver- und Entsorgung (Wasser, Abwasser) sowie von Einrichtungen der Daseinsvorsorge; Seuchen- und Infektionsgefahren	Diverse wasserwirtschaftliche Datengrundlagen, z. B. zur Bilanzierung und Risikobeurteilung von Wasserdargebot und Verbrauch Weitere Monitoringsysteme, z. B. Bodenfeuchteviewer des DWD (DWD 2023b)	Flächenvorsorge für redundante Systeme der Wasserversorgung; öffentliche Wasserabgabestellen und Trinkbrunnen; Bauvorsorge; Information und Aufklärung

Pandemie		
Gefahr für Leib und Leben; Krankheitsgeschehen in Abhängigkeit vom Erreger; Ausfall oder eingeschränkte Funktionsfähigkeit von Einrichtungen der Daseinsvorsorge (z. B. im Gesundheitswesen und in der Lebensmittelversorgung); physische, psychische, sozioökonomische Folgeschäden	Angaben zu meldepflichtigen Krankheitsfällen und Erregernachweise über einschlägige Behörden, z. B. RKI und Gesundheitsämter	Flächenvorsorge für (technische) Schutzinfrastrukturen; Einhalten von gesundheitsfördernden Standards bei der Grünraumversorgung und öffentlichen Räumen; Erhöhung der Redundanz bei Infrastrukturen der Daseinsvorsorge
Lärm		
Herz-Kreislauf-Probleme; Schlafstörungen; Konzentrationsstörungen und Einschränkungen der Leistungsfähigkeit; physische, psychische, sozioökonomische Folgeschäden	Lärmkarten und Lärmaktionspläne nach Umgebungslärmrichtlinie (EU-Richtlinie 2002/49/EG) für – Straßen > 8.200 Kfz/Tag – Schienenwege über 80 Zügen/Tag – Großflughäfen über 135 Bewegungen/Tag – Ballungsräume ab 100.000 EW und ab einer EW-Dichte über 1.000 EW/km^2	Flächenvorsorge für (technische) Schutzinfrastrukturen; Freihalten von belasteten Bereichen von Bebauung; Nutzungszonierung; Schaffen ruhiger Ausgleichsräume in belasteten Stadtquartieren; Bauvorsorge; Information und Aufklärung
Luftbelastung		
Gefahr für Leib und Leben; Atemwegserkrankungen, Herz-Kreislauf-Probleme; physische, psychische, sozioökonomische Folgeschäden	Daten des Luftmessnetzes der Länder gemäß EU-Richtlinie 2008/50/EG und 39. Verordnung zum BImSchG (etwa 600 repräsentativ verteilte Messpunkte in Deutschland)	Flächenvorsorge für (technische) Schutzinfrastrukturen; Freihalten belasteter Bereiche von Bebauung; Nutzungszonierung; Schaffen (grüner) Ausgleichflächen in belasteten Stadtquartieren; Förderung emissionsarmer Mobilitätsformen; Information und Aufklärung
Technische Störfälle		
Gefahr für Leib und Leben; Verletzungsgefahr; Gefahr für Hab und Gut; physische, psychische, sozioökonomische Folgeschäden	Angaben zu Standorten von Betrieben gemäß Seveso-III-Richtlinie (Richtlinie 2012/18/EU) sowie Störfallverordnung (12. BImSchV) Angaben zu Gefahrstofftransporten von unterschiedlichen Institutionen (Abstandsklassen oberhalb definierter Mengenschwellen und differenziert nach Gefahrstoffen)	Freihalten der Abstandsbereiche von sensitiver Bebauung; Information und Aufklärung
Altlasten		
Gefahr für Leib und Leben; Verletzungsgefahr; Gefahr für Hab und Gut; physische, psychische, sozioökonomische Folgeschäden	Kataster der Länder zu Altlasten gemäß der Landesbodenschutzgesetze	Freihalten von belasteten Bereichen von Bebauung; Nutzungszonierung, Sanierungsgebiete; Sanierungsplanung; Information und Aufklärung

lastungen oder Kombinationswirkungen; im Ereignisfall kann es zu Domino- und kaskadierenden Effekten kommen. Im Falle von Kombinationswirkungen reagieren einzelne physikalische, biologische oder chemische Komponenten untereinander, bei Mehrfachbelastungen treffen mehrere Gefahrenarten räumlich aufeinander (Kühling/Kawe 2018: 269 f.). Abhängigkeiten von Systemen untereinander können Dominoeffekte auslösen, das heißt Ausfälle in anderen Systemen, die nicht unmittelbar (räumlich) betroffen sind. Dies kann darüber hinaus zu Kaskadeneffekten führen, nämlich vor allem dann, „wenn der Ausfall in einem betroffenen Sektor stärkere Auswirkungen hat als der ursprüngliche Ausfall" (BBK 2023b).

Auch wenn Untersuchungen darauf hinweisen, dass das Gefährdungspotenzial bei Kombinationswirkungen und Mehrfachbelastungen deutlich erhöht ist und über eine rein additive Wirkung hinausgeht, lassen sich kausale Bezüge kaum valide nachweisen: „Die große Variationsbreite der persönlichen Gegebenheiten (wie physischer und psychischer Gesundheitszustand, Vorschädigung etc.) und deren Relevanz für die Reaktion eines Organismus auf zusätzliche Einwirkungen lässt sich nur schwer validieren und praktisch handhaben. Eine nachvollziehbare, kombinatorische Beziehungsstruktur dürfte sich meist nicht ableiten lassen" (Kühling/Kawe 2018: 273). Dennoch ist es von besonderer Bedeutung, diese Effekte in städtischen Räumen nachzuvollziehen, um dem Gebot der Vorsorge Rechnung zu tragen (ebd.).

Die Operationalisierung ist entsprechend schwierig, zumal die unterschiedlichen Messgrößen und Bewertungsmaßstäbe für die einzelnen Gefahrenarten stark variieren und nicht einfach additiv aggregiert werden können: „Beispiele aus der Praxis zeigen immer wieder erhebliche fachliche Schwierigkeiten bei der Zusammenschau unterschiedlicher Wirkungskomplexe" (ebd.: 278). Deshalb wird oftmals eine neue, einheitliche Skalierung gewählt, beispielsweise im Rahmen einer Indexbildung oder durch eine Normalisierung beziehungsweise Standardisierung der Skalen (Kühling 2014a: 188; vgl. hierzu auch Fürst/Scholles 2008).

Die Betrachtung multipler Gefahrenlagen bringt Vorteile. Auch im Rahmen des MORO Räumliche Risikovorsorge wurde auf die Bedeutung von Multigefahren- und -risikokarten hingewiesen: „So können ‚gefahrenreiche' und ‚gefahrenarme' Gebiete zur Steuerung gefährdeter und gefährdender Nutzungen herangezogen werden" (Hartz et al. 2020c: 37). Es wurden Beispiele von Multigefahren- und Hotspot-Karten aufgezeigt. Allerdings lässt sich einwenden, dass aggregierte Darstellungen stets Informationsverluste mit sich bringen, zumal die jeweiligen Vulnerabilitätsmuster von Gefahrenart zu Gefahrenart differenziert betrachtet werden müssen, auch, um entsprechende planerische Strategien ableiten zu können (Birkmann 2013c: 555).

10.3 Fokus 1: Thermische Belastung und Hitzestress

10.3.1 Der Hitzesommer 2003 und die Folgen

Der Hitzesommer 2003 zählt zu den meteorologischen Extremereignissen in Europa, welche die gesellschaftliche und politische Bewertung zunehmender thermischer Belastung verändert haben (Ebi et al. 2021: 698). Für Europa wurden für diesen Sommer mehr als 70.000 hitzebedingte Todesfälle, vor allem in Frankreich und Italien, berechnet (Robine et al. 2008: 177). Den Höhepunkt erreichte die Mortalitätsrate in der zweiten Augustwoche in Frankreich (ebd.). In Deutschland starben knapp 10.000 Menschen an den Folgen des Hitzestresses (SRU 2023: 78). Seither liegt ein besonderes Augenmerk auf Hitzewellen und ihren Auswirkungen: „Heat-waves were the deadliest extreme climate event in Europe between 1991 and 2015, particularly in southern and western Europe" (Kendrovski/Schmoll 2019: 537).

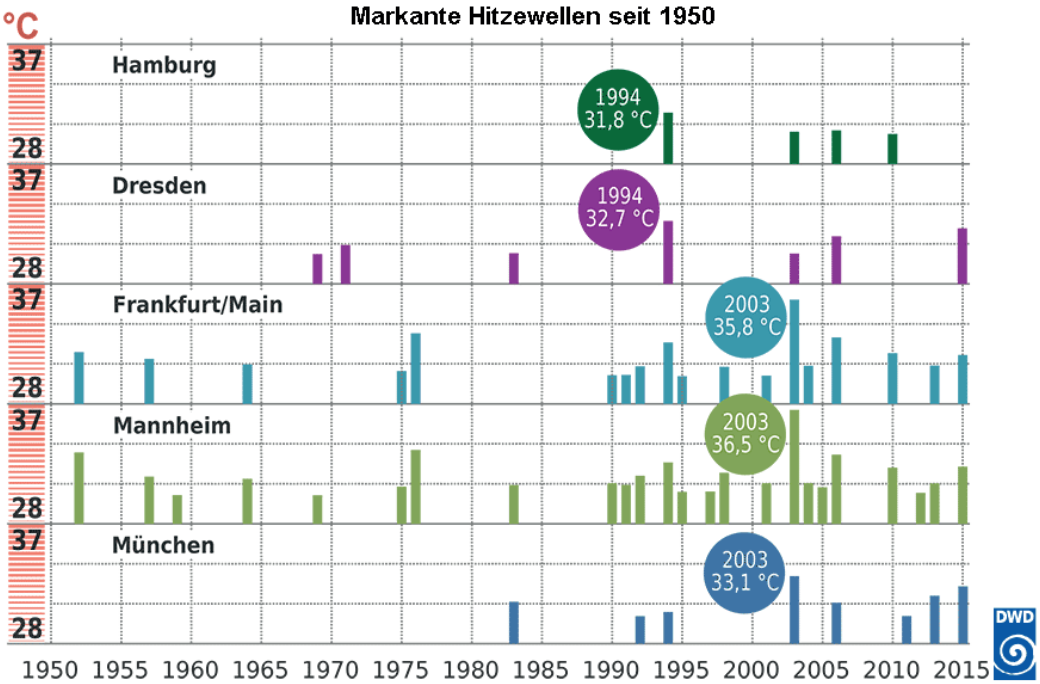
Eine einheitliche Definition von Hitzewellen fehlt bislang für Deutschland wie auch international, was die Vergleichbarkeit der Studien erschwert (vgl. Schillo et al. 2019; Winklmayr et al. 2023). Teilweise werden nur Temperaturwerte wie beispielsweise die Tagesmaxima der Lufttemperatur herangezogen, teilweise human-biometeorologische Indizes oder komplexe Hitzewellen-Indizes (Winklmayr et al. 2023: 6). Als Schwellenwerte kommen sowohl absolute Werte – beispielsweise Temperaturmaxima – als auch relative Werte – wie Perzentile – zum Einsatz. Die Dauer der Hitzeentwicklung spielt zudem eine Rolle: Hier wird von mindestens zwei, zum Teil aber auch von mehreren Tagen ausgegangen. Gleichwohl gilt: „Der deutliche negative Effekt von Hitzewellen auf die menschliche Gesundheit lässt sich aber für jede Hitzewellendefinition finden“ (ebd.).

Der DWD hat die markantesten Hitzewellen für fünf deutsche Städte zwischen 1950 und 2015 zusammengestellt (DWD 2017; vgl. Abb. 45). Ausschlaggebend war das Auftreten einer mindestens einmal jährlichen 14-tägigen Hitzeperiode mit einem mittleren Tagesmaximum der Lufttemperatur von mindestens 30°C (ebd.). Beeindruckend ist die zunehmende Häufigkeit in den vergangenen drei Jahrzehnten, vor allem in Frankfurt am Main und Mannheim. Insbesondere die Jahre 2003 und 1994 treten hervor. Die Hitzewelle 2003 weist zudem die längste Dauer auf, mit bis zu 53 Heißen Tagen im Oberrheingebiet (Winklmayr et al. 2023: 4).

Hitzewellen nehmen an Häufigkeit und kumulativer Intensität in vielen Regionen der mittleren Breiten zu, wobei sich insbesondere für Europa ein starker Trend abzeichnet; dies gilt vor allem für anhaltende Hitzewellen mit mindestens sechs Tagen über dem angesetzten Temperaturschwellenwert (Rousi et al. 2022: 2). Für den Sommer 2022 kann auf Basis von Berechnungen für 35 europäische Länder von nahezu 62.000 hitzebedingten Todesfällen zwischen dem 30. Mai und dem 4. September ausgegangen werden (Ebi et al. 2021: 698). Die höchsten Zahlen ergeben sich für dieses Jahr in Italien, Spanien und Deutschland (ebd.).

Auch wenn eine Hitzewelle die Bevölkerung insgesamt betrifft, so zeigen Studien, dass insbesondere ältere und morbide Menschen, aber auch Kleinkinder und Säuglinge sowie mobilitätsein-

Abbildung 45: Markante Hitzewellen seit 1950 in ausgewählten Städten Deutschlands
Quelle: DWD 2017



geschränkte Menschen zu den besonders vulnerablen Gruppen zählen und damit einem deutlich erhöhten Risiko ausgesetzt sind (Matzarakis et al. 2020: 1010). Die Ergebnisse lassen zudem darauf schließen, dass die urbane Bevölkerung höheren Belastungen ausgesetzt ist als die ländliche (ebd.). Ursache ist der Wärmeinseleffekt in Städten (s. Kap. 10.3.2). Dieser verstärkt die Auswirkungen von Hitzewellen und trägt maßgeblich zu einer hitzebedingten Sterblichkeit während der Hitzewellen bei (SRU 2023: 82). Angesichts des demographischen Wandels in Europa und insbesondere in Deutschland, der mit einer Zunahme hochaltriger und chronisch erkrankten Menschen einhergeht, sowie einem anhaltenden Wachstum der Städte steigt der Handlungsdruck (ebd.: 78).

10.3.2 Zunehmende Temperaturen und Hitzewellen im Zuge des Klimawandels

Steigende Durchschnittstemperaturen kennzeichnen den Klimawandel und machen sich weltweit bemerkbar, wenn auch regional sehr unterschiedlich: „Our current 1.1 °C warmer world is already affecting natural and human systems in Europe (***very high confidence***). Impacts of compound heatwaves and droughts have become more frequent (***medium confidence***). Largely negative impacts are projected for southern regions“ (IPCC 2022b: 1). Zur Bewertung des Klimawandels wird in der Regel die Referenzperiode 1961 bis 1990 angesetzt. In Deutschland stieg das Jahresmittel der Lufttemperatur von 1881 bis 2021 um 1,6 °C statistisch gesichert an; die fünf wärmsten Jahre traten nach 2000 auf (DWD 2023c). Der Temperaturanstieg liegt damit deutlich über dem globalen Mittel, was auf den Effekt der Landmassen im Verhältnis zu den Meeren zurückzuführen ist (ebd.). Die Jahre 2022 und 2018 waren die wärmsten in Deutschland seit 1881; 2022 war das zwölfte Jahr in Folge mit höheren Werten als der Mittelwert der Referenzperiode (UBA 2023b). Die Durchschnittstemperatur lag 2022 um circa 2,7°C höher als im Vergleich zu den ersten 30 Jahren der systematischen Wetterauswertungen, also bezogen auf die Periode 1881 bis 1910 (ebd.).

Klimatologische Kenntage bezeichnen Tage, an denen ein klimatischer Parameter einen definierten Schwellenwert erreicht, beziehungsweise über- oder unterschreitet (DWD 2023d). Wichtige Temperaturkenntage sind „Sommertag“, „Heißer Tag“ und „Tropennacht“:

- An Sommertagen übersteigt das Lufttemperaturmaximum 25°C.
- Als Heiße Tage gelten Tage, an denen ein Temperaturmaximum von 30°C erreicht wird.
- In Tropennächten sinkt die Lufttemperatur nicht unter 20°C. (ebd.).

Die Anzahl Heißer Tage nahm in den vergangenen Jahrzehnten deutlich zu (vgl. Abb. 46). Im Gebietsmittel gab es in Deutschland im Jahr 2022 circa 17,3 Heiße Tage (UBA 2023b). Eine hohe Zahl trat zudem in den Jahren 2003, 2015 und 2018 auf (ebd.). Die Zunahme Heißer Tage betrifft nahezu Gesamtdeutschland, allerdings zeigt sich ein deutlicher Schwerpunkt im Südwesten, vor allem im Bereich des Oberrheingrabens und des Rhein-Main-Gebiets, sowie im Osten (Winklmayr et al. 2023: 4). Die räumlichen Schwerpunkte können jährlich stark variieren; dies zeigt die Kartensequenz in Abbildung 47.

SCHLEGEL et al. zeigen in ihren Berechnungen die Zunahme der Hitzewellentage im Zuge des Klimawandels auf (Schlegel et al. 2021: 115 ff.): Für den Referenzzeitraum von 1981 bis 2010 liegt die mittlere Anzahl an Hitzewellentagen bei 13 Tagen pro Jahr, ausgehend von einer mittleren Anzahl an Hitzewellen von 2,5 pro Jahr und einer durchschnittlichen Dauer von 5,2 Tagen pro Hitzewelle, wobei das 95. Perzentil der Lufttemperatur im Referenzzeitraum als Schwellenwert angesetzt wird (ebd.: 115). Für die nahe Zukunft von 2021 bis 2050 berechnen SCHLEGEL et al. auf Basis der RCP-Szenarien 4.5 und 8.5 die Anzahl der Hitzewellentage mit knapp 22 beziehungsweise 23 Tagen, was einer Zunahme von circa 71 % beziehungsweise 76 % gegenüber dem Referenzzeitraum entspricht (ebd.: 116 f.). Für die ferne Zukunft von 2068 bis 2097 ergeben die Ensembledaten

Abbildung 46: Anzahl Heißer Tage und Tropennächte im Gebietsmittel in Deutschland (1951 bis 2022)
Quelle: SRU 2023: 81

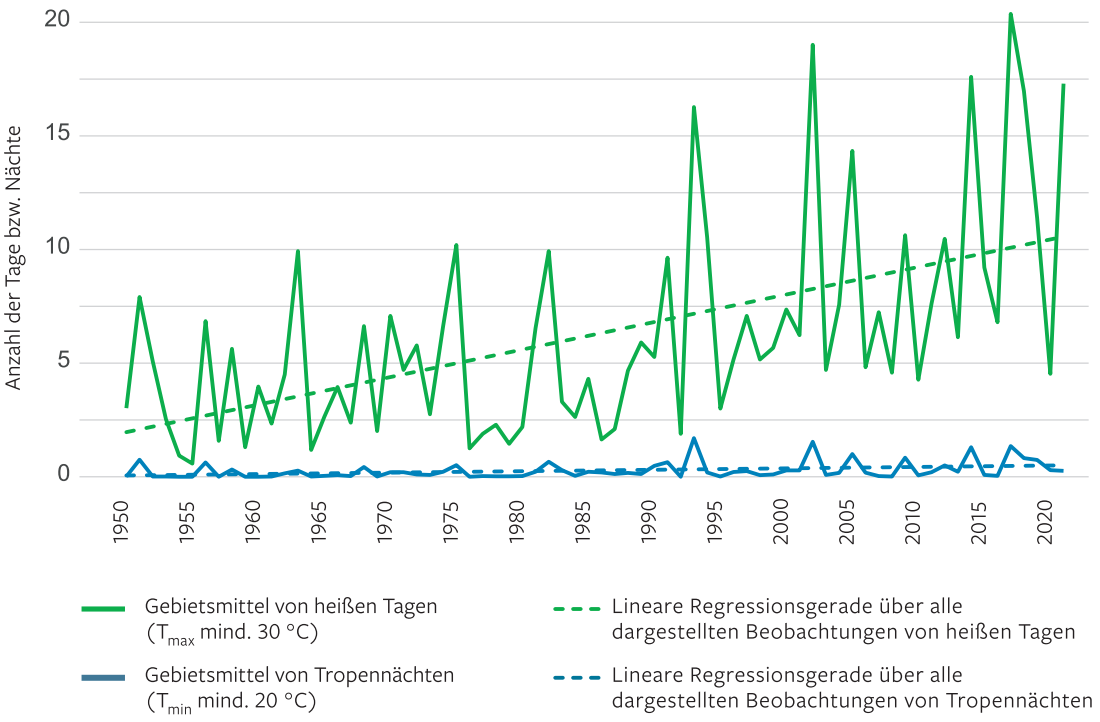
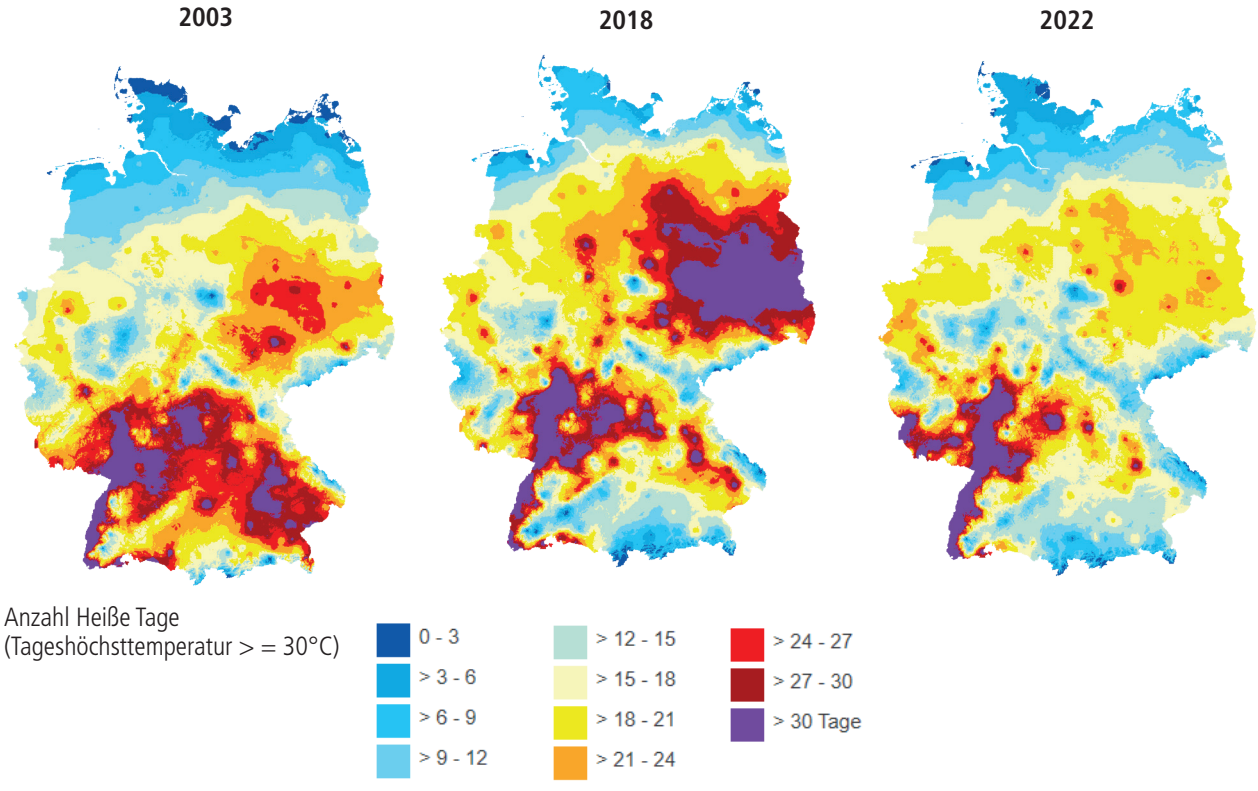


Abbildung 47: Anzahl Heißer Tage in Deutschland in den Jahren 2003, 2018 und 2022
Quelle: UBA 2023b



bereits eine Zunahme der Hitzewellen-Tage um 138 % für das RCP-Szenario 4.5 und um 317 % für das RCP-Szenario 8.5 (ebd.: 118). In den Modellierungen variieren die räumlichen Schwerpunkte der Zunahme gleichfalls, grundsätzlich sind jedoch der Südwesten, der Südosten und auch die Mitte Deutschlands am stärksten von einer Zunahme der Hitzewellen betroffen.

Tropennächte kommen dagegen – bezogen auf das Gebietsmittel – in Deutschland selten vor (vgl. Abb. 46). Der Grund hierfür liegt in der Verteilung der Wettermessstationen, die überwiegend in ländlichen Räumen installiert sind. Tropennächte treten jedoch zumeist in städtischen Gebieten auf, sodass das jährliche Gebietsmittel diese „verdeckt" (SRU 2023: 81 f.). Allerdings wurde in sehr heißen Sommern durchaus über eine höhere Anzahl an Tropennächten berichtet, so beispielsweise über 21 Tropennächte in Kehl im Hitzesommer 2023 (Winklmayr et al. 2023: 7).

Stadtklima und städtische Wärmeinsel

Städte kennzeichnet ein gegenüber dem Umland verändertes Lokalklima (Kuttler 2004a, 2020). Stadtklimate werden vor allem durch eine dichte Bebauung und hohe Emissionen geprägt. Diese Veränderungen zeigen sich in den meteorologischen Parametern Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Strahlung und Wind (DWD 2023e; vgl. Tab. 9). Ein typischer Effekt ist das Herausbilden einer städtischen Wärmeinsel, deren Stärke maßgeblich über den Versiegelungsgrad und die Gebäudegeometrie, die thermischen Eigenschaften der Bausubstanz, die Strahlungseigenschaften der Oberflächen (Albedo) sowie die anthropogene Wärmefreisetzung bestimmt wird (ebd.). Die städtische Wärmeinsel tritt vor allem bei sommerlichen Hochdruckwetterlagen auf und erreicht ein maximales Stadt-Umland-Temperaturgefälle bei wolkenfreier und windschwacher Witterung; der Temperaturunterschied zwischen Stadt und Umland kann bis zu 10°C betragen (ebd.). Stadtklimate und insbesondere der städtische Wärmeinseleffekt sind für den urbanen Hitzestress von ausschlaggebender Bedeutung, vor allem in Kombination mit Hitzewellen und Tropennächten, die den menschlichen Organismus stark belasten (vgl. Kap. 10.3.4).

Für den Hitzestress der Bevölkerung ist jedoch nicht nur das Stadtklima ein bedeutender Faktor, auch die unterschiedliche Belastung von Außen- und Innenräumen spielt eine große Rolle (Matzarakis et al. 2020: 1006 f.). Die thermischen Bedingungen im Innenraum sind vor allem abhängig von Bausubstanz und Dämmung, Exposition und Gebäudeorientierung sowie von der Lage der Räume und den Möglichkeiten einer Verschattung. Hinzu kommt das Nutzerverhalten (Anzahl der Personen im Innenraum sowie Lüftungsverhalten) als wichtiger Faktor. Die thermische Belastung kann in Innenräumen deutlich über der Außentemperatur liegen, was mit der Erwärmung der Gebäude über mehrere Tage und einer verzögerten Wärmeabgabe zusammenhängt. Das Hitzewarnsystem des DWD berücksichtigt diesen möglichen Effekt über eine Modellierung der Innenraumtemperatur in einem standardisierten Ansatz (ebd.). Im Westen und Südwesten Deutschlands wird bei einer nächtlichen Innenraumtemperatur von mindestens 25°C gewarnt; zudem werden die städtische Bevölkerung aufgrund des Wärmeinseleffektes und ältere Menschen bei den Hitzewarnungen besonders berücksichtigt (ebd.).

Die Innenraummodelle beruhen auf standardisierten Annahmen und können somit die individuelle Situation, vergleichbar zu anderen Modellierungen, nicht erfassen. Dennoch konnten BUCHIN et al. Folgendes aufzeigen: Der Vergleich der Außentemperatur mit den modellierten Innenraumtemperaturen für die Jahre 2003 bis 2011 in Berlin ergab, dass das Innenraumklimamodell die Mortalitätsraten in diesen Jahren besser abbildet als die Außentemperatur (Buchin et al. 2016). In dieser explorativen Studie kam das Innenraumklimamodell von PFAFFEROTT und BECKER (2008) zum Einsatz. Vergleichbare Ergebnisse erzielten KOSCHENZ et al. für die Schweiz (Koschenz et al. 2021). Auch Untersuchungen in Reutlingen ergaben, dass sich die räumlichen Muster im Vergleich der thermischen Belastung im Außen- und Innenraum deutlich unterscheiden (Hartz et al. 2020b; Pfafferott et al. 2021; vgl. Kap. 10.3.3).

Tabelle 9: Struktur- und Klimaunterschiede zwischen Stadt und nichtversiegelten Umlandarealen (generalisierte Darstellung für mitteleuropäische Großstädte)
Quelle: Kuttler 2020: 22; grafische Darstellung angepasst

	Parameter	Veränderung im Vergleich zum Umland
1.	Oberfläche	„2 d"-Umland gegenüber „3 d"-Stadt; dadurch Vergrößerung der wahren urbanen Oberfläche; zudem starke horizontale und vertikale Versiegelung
2.	Bausubstanz/ Untergrund	Hohe Materialdichte, Wärmeleitfähigkeit und Wärmekapazität („Speicherfähigkeit"): durch Versiegelung veränderter Wasserhaushalt (Abflusserhöhung, Verdunstungseinschränkung = geringere Abkühlung durch reduzierten latenten Wärmestrom Q_E); durch Versiegelung Verlust an natürlichen Kaltluftbildungsflächen
3.	Strahlungsbilanz	Beeinträchtigung aller Strahlungsbilanzglieder in Abhängigkeit vom jeweiligen Reflexionsgrad α und Emissionsgrad ε; Einfluss durch Straßenschluchtgeometrie (Haushöhen/Straßenbreite-verhältnis) auf Strahlungstransport und turbulenten Austausch; höhere Oberflächentemperaturen horizontaler und vertikaler Flächen führen zu stärkerer langwelliger Ausstrahlung
4.	Wärmebilanz	Fühlbarer Wärmestrom Q_H höher als latenter Wärmestrom Q_E, dadurch höhere Lufttemperatur; zusätzliche Emission an „anthropogener Wärme" Q_F durch menschlichen Metabolismus, Gewerbe, Klimaanlagen, Gebäudebeheizung, Industrie, Kfz
5.	Temperatur	Höhere Oberflächentemperatur tags und nachts sowie höhere Lufttemperatur (UHI) insbesondere nachts in der Stadt
6.	Luftfeuchtigkeit	Niedriger durch reduzierte Regenwasserversickerung sowie eingeschränkte Evapotranspiration und Interzeptionsverdunstung; Wetterlagen abhängig jedoch in Einzelfällen höher (UME)
7.	Wind	Abnahme der Windgeschwindigkeit, dadurch reduzierter thermischer und Spurenstoffaustausch; allerdings Zunahme der Böigkeit (Richtung und Geschwindigkeit) an oder in der Nähe von Gebäudekanten; Düseneffekte in Straßenschluchten
8.	Luftverunreinigung	Überwiegend hohe Konzentrationen (fest, flüssig, gasförmig) durch Emissionen von Kfz, Gewerbe, Industrie, Hausbrand. Filterfunktion gas- und partikelförmiger Luftinhaltstoffe durch Vegetation vorhanden, allerdings gering; einige Pflanzen geben biogene Kohlenwasserstoffe (BVOC) ab, welche die Ozonkonzentration lokal erhöhen können
9.	Anthropogener Stressfaktor	Erhöht wegen stärkerer Wärme- und Lärmbelastung sowie schlechterer Luftqualität

Steigender Hitzestress im Zuge des Klimawandels

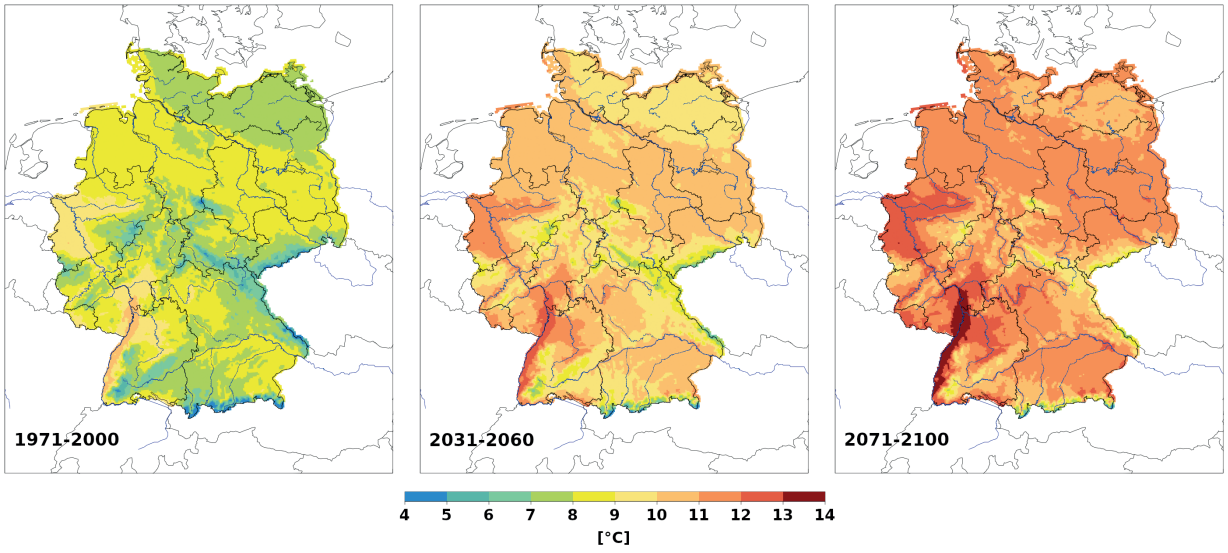
Der Klimawandel findet statt – insofern ist von einer Verschärfung der thermischen Belastung auszugehen. Die zukünftige Entwicklung des Weltklimas wird auf Grundlage von Emissionsszenarien (Representative Concentration Pathways – RCP) über Klimamodelle gerechnet (vgl. Tab. 10). Der DWD nutzt globale Ensembleauswertungen von Klimaprojektionen, um die zukünftigen Veränderungen der klimatischen Verhältnisse in Deutschland zu beschreiben (DWD 2023c): Die aktuelle Auswertung zeigt für das Klimaszenario RCP8.5 für die ferne Zukunft (2071 bis 2100) einen Anstieg der bodennahen Temperatur zwischen 3,1°C und 4,7°C im Vergleich zum Bezugszeitraum 1971 bis 2000 (ebd.; vgl. Abb. 48). Die Zahl der Heißen Tage wird dementsprechend insbesondere für das RCP8.5-Szenario stark ansteigen: Bis Ende dieses Jahrhunderts ist demnach mit etwa 18 Heißen Tagen zu rechnen, wobei der Unsicherheitskorridor zwischen 13 und 28 Tagen liegt (Winklmayr

et al. 2023: 6 f.). Die räumlichen Unterschiede können bedeuten, dass dieser Wert regional auf bis zu 40 Tage ansteigt (ebd.). Es gilt jedoch auch hier zu bedenken, dass diese Gebietsmittel lokale Belastungen, vor allem bei Ausbildung städtischer Wärmeinseln, nicht widerspiegeln und insofern durchaus auch höhere Werte erwartet werden.

Tabelle 10: Beschreibung der Emissionsszenarien RCP 8.5, 4.5 und 2.6
Quelle: eigene Darstellung nach NCCS 2019

RCP	Szenario	Eigenschaften
RCP8.5	Kein Klimaschutz	Es werden keine Klimaschutzmaßnahmen ergriffen. Die Treibhausgasemissionen nehmen stetig zu. Der zusätzliche Strahlungsantrieb im Jahr 2100 beträgt 8,5 W/m² im Vergleich zum Jahr 1850.
RCP4.5	Begrenzter Klimaschutz	Der Ausstoß von Treibhausgasemissionen wird zwar eingedämmt, aber der Gehalt in der Atmosphäre steigt noch weitere 50 Jahre lang. Das Zwei-Grad-Ziel wird verfehlt. Der zusätzliche Strahlungsantrieb im Jahr 2100 beträgt 4,5 W/m² im Vergleich zum Jahr 1850.
RCP2.6	Konsequenter Klimaschutz	Klimaschutzmaßnahmen werden ergriffen. Mit einer umgehend eingeleiteten Senkung der Emissionen wird der Anstieg der Treibhausgase in der Atmosphäre bis in etwa 20 Jahren gestoppt. Damit lassen sich die Ziele des Pariser Klimaabkommens 2015 erreichen. Der zusätzliche Strahlungsantrieb im Jahr 2100 beträgt 2,6 W/m² im Vergleich zum Jahr 1850.

Abbildung 48: Durchschnittstemperatur im Zeitraum 1971 bis 2000 sowie Klimaprojektionen für die nahe Zukunft (2031 bis 2060) und die ferne Zukunft (2071 bis 2100)
Quelle: DWD 2023c



Erläuterung: 30-Jahresmittel der 2 m-Temperatur aus COSMO-CLM Klimasimulationen mit 3 km Gitterweite für den historischen Zeitraum (1971–2000, links), die nahe Zukunft (2031–2060, Mitte) und die ferne Zukunft (2071–2100, rechts). Die Projektionen für nahe und ferne Zukunft wurden mit dem RCP 8.5-Szenario gerechnet.

10.3.3 Modellierung der thermischen Belastung

Die thermische Belastung beziehungsweise der Hitzestress zählt zu denjenigen Gefahrenarten, für deren Operationalisierung bislang nicht auf Fachnormen oder Richtlinien, auf deren Grundlage eine einheitliche Ableitung von Gefahrenklassen und Schwellenwerten möglich wäre, zurückgegriffen werden kann (BBSR 2020: 28). Da es für diesen Gefahrenbereich zudem keine eigene Fachplanung – vergleichbar mit der Wasserwirtschaft für den Gefahrenbereich Hochwasser – gibt, müssen oftmals zunächst Grundlagen für die räumliche Planung und Risikovorsorge erstellt werden (ebd.: 33). Daraus hat sich eine Vielfalt an Ansätzen zur Modellierung von thermischer Belastung beziehungsweise Hitzestress entwickelt, die auf unterschiedliche Parameter zur Ermittlung der Gefahrenintensitäten zurückgreifen (ebd.: 36).

Nachfolgende Ausführungen beziehen sich auf eine Modellierung der thermischen Belastung im Außenraum und im Innenraum. Diese sind grundlegend für die empirischen Arbeiten in Kapitel 11. Von besonderer Bedeutung sind die neueren Modellierungsansätze zur Innenraumbelastung, die erstmals in Reutlingen auf gesamtstädtischer Ebene angewendet (Hartz et al. 2020d) und im Rahmen dieser Arbeit weiterentwickelt wurden.

Modellierung der thermischen Belastung im Außenraum

Der wichtigste Parameter zur Analyse der thermischen Belastung in urbanen Außenräumen ist die Lufttemperatur. Diese wird über Messnetze erfasst; so betreibt der DWD unter anderem Stadtklimastationen zur langfristigen Beobachtung der stadtklimatischen Situationen (DWD 2023f). Der DWD kann zudem auf mobile Messeinheiten zurückgreifen, um mikroskalige, stadtklimatische Besonderheiten räumlich hochaufgelöst abzubilden (ebd.).

Messdaten können auf repräsentative Flächennutzungs- beziehungsweise Stadtstrukturtypen, die sich durch eine vergleichbare mikroklimatische Situation auszeichnen, bezogen werden (Kuttler 2020: 26). Die Klimatopklassifizierung beruht damit auf der Realkartierung der Landnutzung und repräsentativ erhobener Messdaten, sodass bereits die Festlegung von Klimatopen eine quantifizierbare und vergleichbare Aussage zum Stadtklima ermöglicht (ebd.). Über den mesoskaligen Klimatop-Ansatz können Kommunen eine Ersteinschätzung auf Basis der Klimatope gemäß Verein Deutscher Ingenieure e.V. (VDI) vornehmen (VDI 3787 Blatt 1).

Ein detaillierteres Bild ergibt sich über numerische meso- oder mikroskalige Stadtklimamodellierungen, die auf Basis mathematischer Berechnungsvorschriften gerechnet werden. Die mesoskaligen Stadtklimamodellierungen beziehen sich in der Regel auf die Gesamtstadt; diese liegen mittlerweile auch stadtweit in hoher bis mikroskaliger Auflösung vor, beispielsweise 10 m x 10 m oder 5 m x 5 m (Birkmann et al. 2023).

Die Modelle benötigen detaillierte Eingangsdaten (HLNUG 2022):

- Höhendaten beispielsweise auf Grundlage eines Digitalen Geländemodells
- Nutzungsdaten, zum Beispiel ATKIS, Realnutzungsdaten sowie Biotop- oder Vegetationskartierungen
- Fachkarten, so zur Versiegelung, zu Baudichten und -höhen oder zur Bebauungsart
- Messdaten zu physikalischen Größen, beispielsweise Wind und Temperatur, um die Modellierungsergebnisse zu plausibilisieren

Es gibt unterschiedliche und gut erprobte Stadtklimamodelle, beispielsweise das FITNAH-Modell (Flow over Irregular Terrain with Natural and Anthropogenic Heat Sources), das MUKLIMO_3 des DWD (3-dimensionales mikroskaliges urbanes Klimamodell, DWD 2023g) oder das PALM-4U-Modell, das im Rahmen der Initiative „Stadtklima im Wandel“ des BMBF entwickelt wurde (IBP 2023).

Für mikroskalige Stadtklimamodellierungen gibt es noch weitere Modelle wie ENVI-met (ENVI-met GmbH 2023), die unter anderem auf Quartiersebene zum Einsatz kommen. So wurde das ENVI-met-Modell speziell für die Simulation und Analyse von mikroklimatischen Bedingungen in urbanen Umgebungen entwickelt (Ulrich 2023).

Je nach Stadtklimamodell und verfügbaren Eingangsdaten kann eine Vielzahl von Datensätzen zu meteorologischen Parametern generiert werden. Hierzu zählen unter anderem (HLNUG 2022):

- Temperaturdaten für die Tag- und Nachtsituation: Lufttemperatur in unterschiedlichen Höhen und zu unterschiedlichen Uhrzeiten, Ausprägung bioklimatischer Indizes (s. u.)
- Kaltluftdaten: Kaltluftproduktionsrate, Volumenstrom für unterschiedliche Schichtstärken, Richtung des Volumenstroms zu unterschiedlichen Uhrzeiten
- Windfelddaten: Windgeschwindigkeiten und Windrichtungen in unterschiedlichen Höhen und zu unterschiedlichen Uhrzeiten

Modelliert wird in der Regel die aktuelle Situation, da hierfür hochaufgelöste Eingangsdaten beispielsweise zur Flächennutzung vorliegen. Als Ausgangsszenario eignet sich insbesondere eine sommerliche autochthone Wetterlage, die möglichst wolkenarm ist und nicht durch großräumige Windsysteme überlagert wird. Damit lassen sich die Rahmenbedingungen für ein Szenario setzen, das mit sommerlichem Hitzestress einhergeht. Für Zukunftsszenarien werden Annahmen getroffen, um die Eingangsdaten für das Zielszenario zu fassen. Dazu zählen meteorologische Parameter in ihrer projizierten zukünftigen Ausprägung, insbesondere Temperatur, aber auch Daten zur zukünftigen Entwicklung der Flächennutzungen, der Versiegelung oder der Baukörper (vgl. hierzu Birkmann et al. 2019). Gerade die Modellierung zukünftiger Szenarien ist voraussetzungsvoll.

Die generierten Datensätze ermöglichen unterschiedliche Interpretationen und Darstellungen zur lokalen Ausprägung des Stadtklimas. Hierzu zählen Darstellungen der Temperaturausprägungen am Tage und in der Nacht sowie die Darstellung des Kaltluftprozessgeschehens. Dieser Auswertungsschritt bezieht sich in der Regel auf die Tag- und die Nachtsituation, wodurch Funktionszusammenhänge ebenso sichtbar werden wie der städtische Wärmeinseleffekt. In nachfolgenden Bewertungsschritten erfolgt eine Ableitung stadtklimatischer Belastungs- beziehungsweise Wirk- sowie Ausgleichsräume für die betreffende Stadt, zumeist in Form von Planungshinweiskarten.

Für Stadtklimaanalysen werden zusätzlich Bioklimaindizes verwendet (vgl. Tab. 11). Der menschliche Wärmehaushalt korreliert nicht nur mit dem Temperaturgang, sondern wird zugleich über weitere meteorologische Parameter wie Windgeschwindigkeit, Luftfeuchtigkeit, Global- und Gegenstrahlung sowie nichtmeteorologische Faktoren wie Aktivität und Bekleidung der betreffenden Person bestimmt (SRU 2023: 83). Um das thermische Empfinden des Menschen zu fassen, wurden über 100 Bioklimaindizes entwickelt (Mucha 2016: 13 f.). Zu den jüngsten Entwicklungen gehört der Universal Thermal Climate Index (UTCI) (ebd.), der das Bioklima im Freien erfasst und weltweit in allen Klimaten anwendbar ist. Die in Deutschland gängigsten Indizes sind der Predicted Mean Vote (PMV, mittlerer vorhergesagter Wert), die Physiological Equivalent Temperature (PET, Physiologisch Äquivalente Temperatur) und die Perceived Temperature (PT, gefühlte Temperatur, kurz GT) (Kuttler 2004b: 270).

Der UTCI „entspricht einer Lufttemperatur in einer Referenz-Bedingung, die den in der Situation wirkenden Einflussfaktoren entsprechen würde“ (Mucha 2016: 14). Der PMV basiert auf der „Behaglichkeitsgleichung“ nach FANGER, die die „Beziehung zwischen einer rechnerisch nicht ausgeglichenen Wärmebilanz und dem subjektiven Empfinden auf einer psycho-physischen Skala“ beschreibt (VDI 3787 Blatt 2: 14). Die GT bezieht den PMV-Wert auf eine äquivalente Temperatur in einer standardisierten meteorologischen Referenzumgebung mit vergleichbarem Wärme- oder Kälteempfinden (gleicher PMV-Wert) wie in der aktuellen Umgebung (ebd.: 19). Die PET „ist für eine beliebige Stelle im Freien definiert als diejenige Lufttemperatur, bei der in einem typischen

Tabelle 11: Gegenüberstellung bioklimatischer Indizes in Bezug auf das thermische Empfinden
Quelle: eigene Darstellung nach Zare et al. 2018 und VDI 3787 Blatt 2

PET [°C]	GT [°C]	PMV	Thermisches Empfinden	UTCI [°C]	Grad des physiologischen thermischen Stresses
> 41	> 38	> 3,5	sehr heiß	> 46	extremer Hitzestress
35 – 41	32 – 38	2,5 – 3,5	heiß	38 – 46	sehr starker Hitzestress
29 – 35	26 – 32	1,5 – 2,5	warm	32 – 38	starker Hitzestress
23 – 29	20 – 26	0,5 – 1,5	leicht warm	26 – 32	moderater Hitzestress
18 – 23	0 – 20	+ – 0	neutral	9 – 26	kein thermischer Stress
13 – 18	0 – -13	-0,5 – -1,5	leicht kühl	0 – 9	leichter Kältestress
8 – 13	-13 – -26	-1,5 – -2,5	kühl	-13 – 0	moderater Kältestress
4 – 8	-26 – -39	-2,5 – -3,5	kalt	-27 – -13	starker Kältestress
< 4	< -39	< -3,5	sehr kalt	-40 – -27	sehr starker Kältestress
				< -40	extremer Kältestress

Innenraum die Wärmebilanz eines Menschen bei gleichen Werten der Haut- und Kerntemperatur ausgeglichen ist wie bei den Bedingungen im Freien“ (ebd.: 21). Die Maßeinheiten und Anwendungsbereiche differieren erheblich. So beziehen sich PET und GT auf die Maßeinheit Grad Celsius (vgl. Tab. 11). PET und UTCI werden sowohl für den Innen- als auch Außenraum angewendet.

Der Vergleich von Lufttemperatur und GT zeigt, dass am Tage und vor allem während Hitzewellen die GT deutlich über der Lufttemperatur liegt, teilweise um bis zu 10°C (Matzarakis et al. 2020: 1006). Dies hängt mit der Sonnenstrahlung zusammen, welche die Werte der Bioklimaindizes maßgeblich bestimmt (ebd.). Der DWD warnt vor starker Wärmebelastung (Stufe 1), wenn die GT am frühen Nachmittag bei etwa 32°C oder darüber liegt (DWD 2023h). Dieser Wert kann aufgrund des Akklimatisationseffekts im Frühsommer niedriger ausfallen. Bei Werten von über 38°C GT oder darüber erfolgt eine Warnung der Stufe 2 vor extremer Wärmebelastung (ebd.). Bei älteren Menschen wird bereits ab einer GT von 36°C vor extremer Belastung gewarnt; zudem wird bei einem langanhaltenden Wärmeinseleffekt auf die besondere Belastung der Stadtbevölkerung hingewiesen, vor allem durch die Aufheizung der Innenräume (ebd.).

Modellierung der thermischen Belastung im Innenraum

In Bezug auf den Arbeitsschutz ist die thermische Belastung in Innenräumen bereits seit Längerem ein wichtiges Vorsorgethema, vor allem in Bezug auf den Klimawandel: „Gehäuft auftretende, längere Hitzeperioden können zu einer Überwärmung von Innenräumen von Arbeitsstätten ohne Klimaanlagen und damit einer Hitzebelastung der Beschäftigten führen“ (BAuA 2022: 9). Auf der Grundlage des Arbeitsschutzgesetzes (ArbSchG) und der Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) werden Schutzziele unter anderem in Bezug auf die thermische Belastung formuliert (ebd.: 20). Die Arbeitsstättenregel ASR A3.5 „Raumtemperatur“ enthält beispielsweise ein Stufenmodell, das Auskunft darüber gibt, unter welchen Bedingungen und Schutzmaßnahmen Beschäftigte in Arbeitsräumen weiter tätig sein können. Die Stufen richten sich nach der Lufttemperatur: bis +30°C, bis +35°C und über +35°C (ebd.: 21): Überschreitet die Lufttemperatur +30°C, müssen wirksame Maßnahmen zur Reduktion der Belastungen der Beschäftigten ergriffen werden (ebd.).

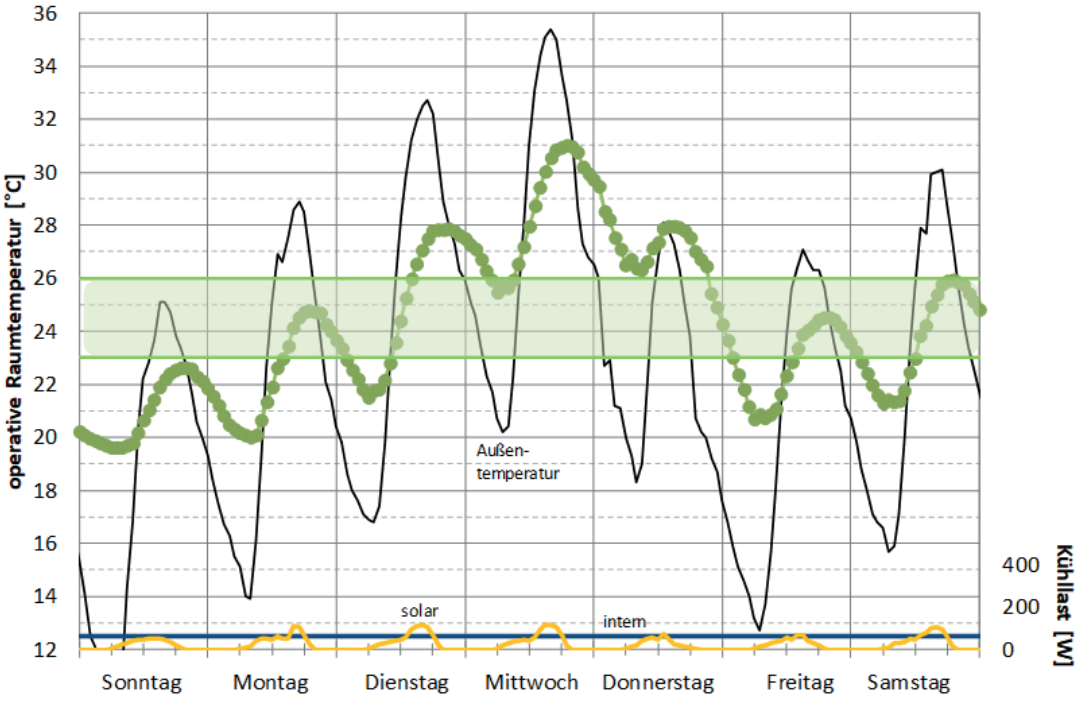
Der Hitzesommer 2003 und die zunehmende thermische Belastung im Zuge des Klimawandels führten dazu, dass Hitzewarnsysteme um Hinweise zur Innenraumbelastung erweitert wurden. Die meisten Menschen verbringen einen Großteil ihrer Zeit in Innenräumen (Walikewitz 2017: 4); dem wurde über die Hitzewarnsysteme bis dahin nicht oder zumindest nicht genügend Rechnung getragen (Pfafferott/Becker 2008: 237). Zu diesem Zweck wurde von PFAFFEROTT und BECKER ein thermisches Gebäudesimulationsmodell entwickelt, welches das Raumklima in Abhängigkeit von den meteorologischen Außenbedingungen in einer retrospektiven Jahressimulation und einer Vorhersage für drei Tage berechnet (ebd.). Die Modellierung basiert auf einer Gebäudetypologie sowie zwei Nutzertypen – passive, hilfsbedürftige Person und aktive Person mit Fensterverschattung und nächtlicher Lüftung (ebd.: 238 f.). Das Verfahren zielt nicht auf eine genaue Vorhersage des Temperaturgangs im Innenraum ab, sondern in erster Linie darauf, kritische Situationen zu erfassen. Deshalb „soll das Vorhersagemodell eine ungünstige Wohnsituation abbilden" (ebd.: 238).

Für die räumliche Planung stellt die Modellierung der thermischen Belastung in Innenräumen ein neues Feld dar. Erste Ansätze für eine gesamtstädtische Betrachtung liegen über die Vulnerabilitätsanalyse „Hitzestress und menschliche Gesundheit" für die Stadt Reutlingen vor, die über das Programm KLIMOPASS – Klimawandel und modellhafte Anpassung in Baden-Württemberg – gefördert wurde (Hartz et al. 2020d). Die projektspezifische Modellierung des Temperaturgangs in Innenräumen entwickelte PFAFFEROTT (Pfafferott 2019; Pfafferott et al. 2021); die Übertragung auf die Gesamtstadt wurde im Rahmen des Projekts erprobt (Hartz et al. 2020d).

Die Ergebnisse liegen im Endbericht des Projekts ausführlich dokumentiert vor (Hartz et al. 2020d: 65 ff.): Das Stadtklimamodell für die Innenraumanalyse arbeitet mit den Testreferenzjahrdaten des DWD. Für unterschiedliche Regionen in Deutschland differenziert der für raumlufttechnische Simulationen zusammengestellte Datensatz die für einen typischen Witterungsverlauf notwendigen meteorologischen Informationen für jede Stunde eines Tages im Jahresgang. Dieser Datensatz wurde anschließend anhand stadtklimatischer Messungen der Stadt Reutlingen aus dem Jahr 2016 kalibriert. Die Gebäudetypologie des Instituts für Wohnen und Umwelt (IWU) lieferte die Grundlage zur Auswahl und Charakteristik der Gebäudetypen (IWU 2005; ebd.): Die Wahl fiel auf fünf repräsentative Wohngebäude der Baualtersklassen der 1920er-, 1950er-, 1970er- und 1990er-Jahre; hinzu kamen ein Passivhaus, ein Bürogebäude und eine Altenpflegeeinrichtung. Aufgrund verschiedener Eigenschaften der Gebäudetypen (u. a. baustandardabhängiges Material, Fenstergrößen, Raumgrößen) unterscheidet sich der Wärmeeintrag über Fenster, Baumaterialien und Luftaustausch erheblich. Zudem variierte die Lage in der Stadt: Umland, Stadtrand, Stadtmitte und Innenstadt. Im Unterschied zu Simulationen im Freien wird der gesamte Temperaturverlauf in den Sommermonaten betrachtet, sodass der Temperaturverlauf bezogen auf die Wärmeabgabe in die Innenräume auch bei Hitzewellen über mehrere Tage betrachtet wird.

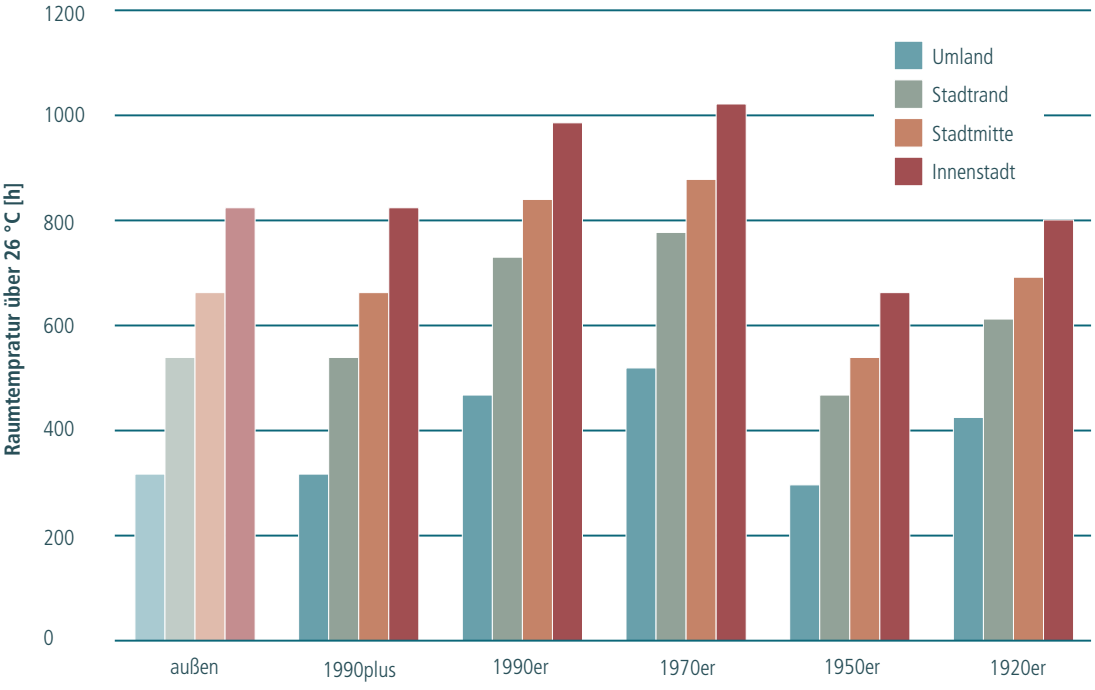
Als Beispiel kann die Altenpflegeeinrichtung dienen (Hartz et al. 2020d: 75 f.): Hier wurden typische Parameter in Bezug auf die Bausubstanz und Aufenthaltsdauer gesetzt, wobei das Nutzerverhalten in Bezug auf Verschattung und Lüftung entsprechend einem Dienstplan und somit als aktives Nutzerprofil abgebildet wurde. Dennoch zeigt der Temperaturverlauf für eine Sommerwoche trotz vergleichsweise geringer Wärmegewinne einen starken und zeitlich verzögerten Anstieg der Raumtemperatur an: Sie fällt an zwei Nächten nicht oder nur unwesentlich unter 26°C, was als Schwellenwert für eine eingeschränkte Regeneration in der Nacht gilt (vgl. Abb. 49). Die Berechnung der Überschreitungshäufigkeit der Lufttemperatur im Innenraum von 26°C ergab sogenannte Überhitzungsstunden – als Maß für die physiologische Wärmebelastung. Abbildung 50 verdeutlicht die Abhängigkeit der Überhitzungsstunden von der Bausubstanz (bzw. dem Baualter) und der Lage eines Gebäudes innerhalb der Stadt. Historische Gebäude und Neubauten mit gutem Sonnenschutzsystem heizen sich weniger stark auf als Gebäude der 1970er- und 1990er-Jahre (ebd.: 71). Die Überschreitungshäufigkeit liegt in der Innenstadt um den Faktor 1,9 bis 2,6 höher als im Umland in Bezug auf eine vergleichbare Bausubstanz beziehungsweise Baualter (ebd.).

Abbildung 49: Innenraummodellierung für eine Altenpflegeeinrichtung in Reutlingen – Temperaturverlauf für eine Sommerwoche
Quelle: Hartz et al. 2020d: 75 nach Pfafferoth 2019



Erläuterung: grüne Punktlinie = Temperaturgang im Gebäude mit Westorientierung; schwarze Linie = Außentemperatur; blaue Linie = Wärmeeintrag durch konstante Belegung mit einer Person; gelbe Linie = solarer Wärmeeintrag; blaue und gelbe Linie visualisieren die Wärmegewinne bzw. Kühllasten.

Abbildung 50: Anzahl der mittleren Überhitzungsstunden nach Lage und Baualter (Mittelwertbildung über die Orientierung innerhalb des jeweiligen Gebäudes)
Quelle: Hartz et al. 2020d: 71 nach Pfafferott 2019; graphische Darstellung angepasst



Im Gegensatz zu den Überhitzungsstunden, die lediglich die Anzahl der Stunden pro Jahr angeben, in denen der Schwellenwert von 26°C überschritten wird, berücksichtigen die Überhitzungs***grad***-stunden zugleich die Stärke der Überschreitung (Hartz et al. 2020d: 73). Die Simulation für die Stadt Reutlingen macht die große Spannbreite der thermischen Belastung in unterschiedlichen Gebäudetypen über die gesamte Sommerperiode deutlich: Von 543 Überhitzungsgradstunden im Passivhaus mit gutem (sommerlichen) Wärmeschutz im Umland bis zu 3.862 Überhitzungsgradstunden bei Gebäuden der 1970er-Jahre in Innenstadtlage. Die Ergebnisse vollziehen den Wärmeinseleffekt nach, da in Innenstadtlagen die Überschreitungshäufigkeit im Innenraum bei allen Gebäudetypen über der Überschreitungshäufigkeit im Außenraum liegt; die Überschreitungshäufigkeit in Gebäuden der 1970er- und 1990er-Jahre sind hier am stärksten. Gründe hierfür sind die Aufheizung der Gebäude am Tage und die fehlende nächtliche Abkühlung.

Im nächsten Schritt erfolgte eine Zuordnung der Simulationsergebnisse für exemplarische Gebäude zu den Wohngebäudetypen des tatsächlich vorhandenen städtischen Gebäudebestands (Hartz et al. 2020d: 78 ff.). Hierzu wurde das Gebäudealter auf Baublockebene über eine Auswertung von Google-Maps-Bildern, Bebauungsplänen der Stadt Reutlingen und eine Baualtersklassenkarte des Vermessungsamts aus dem Jahr 1995 erfasst. Modernisierungen konnten nicht berücksichtigt werden, woraus sich Unsicherheiten im Modell ergeben. Sanierungsraten für den Gebäudegesamtbestand liegen verlässlich nur bis 2008 vor und liegen unter einem Prozent des Gesamtbestands; aktuelle Daten zu Bauteilsanierungen (ohne Heizungstechnik) bewegen sich bei bis zu 1,8 % (UBA 2019d: 41, 70).

Der Indikator „Überhitzungsgradstunden“ diente anschließend zur Einschätzung der Wärmebelastung von Innenräumen im Baublock (Hartz et al. 2020d: 80 f.). Im Ergebnis zeigt sich, dass in der Innenstadt zwar die meisten Überhitzungsgradstunden auftreten, in den äußeren Stadtbezirken insbesondere die Baublöcke mit Gebäuden aus den 1970er- und 1990er-Jahren allerdings gleichfalls eine sehr hohe thermische Innenraumbelastung aufweisen. Die Wärmebelastung in Wohngebäuden hängt in erheblichem Maße von der Bausubstanz und der städtischen Lage ab: „Dabei ist die Streuung der operativen Raumtemperatur von bis zu 9 K zwischen Minimal- und Maximalwert und einer Standardabweichung von über 3 K sehr groß“ (ebd.: 77). Überlagert mit sensitiven Bevölkerungsgruppen ergibt sich hieraus ein differenzierteres Bild im Vergleich zu Vulnerabilitätsmustern, die lediglich auf einer Modellierung der Außentemperaturen basieren (ebd.: 81 f.).

Für die Schweiz konnten KOSCHENZ et al. nachweisen, dass sich Innenraumtemperaturen am Tage ab 24°C in relevantem Umfang auf die Sterblichkeitsraten auswirken; für die mittlere Nachttemperatur im Innenraum sind bereits ab circa 20,5°C signifikante Auswirkungen zu beobachten (Koschenz et al. 2021: 79). Ab einer Innraumtemperatur von 26°C treten signifikante altersbedingte Unterschiede für die Altersgruppe ab 75 Jahren auf (ebd.: 80). Insgesamt werden die Effekte auf die Mortalitätsraten bei vergleichbaren Temperaturen von beispielsweise 25°C für die Innenräume höher eingeschätzt als für den Außenraum (ebd.: 81).

Die Ergebnisse bisheriger Innenraumanalysen verdeutlichen deren Bedeutung in Bezug auf die Mortalität und Morbidität vor allem der Stadtbevölkerung. Hitzestress entsteht in erster Linie dadurch, dass sich Räume nachts nicht (mehr) abkühlen lassen und dies die Schlafqualität sowie die nächtliche Regeneration erheblich beeinträchtigt. KOSCHENZ et al. kommen nach Auswertung von Studien zu dem Schluss, dass ab einer Innenraumtemperatur von 24°C die Schlafqualität negativ beeinflusst wird und dass bei älteren Menschen erhebliche gesundheitliche Probleme bereits unter 25°C auftreten (ebd.: 84). Demnach sollte eine Innenraumtemperatur von 26°C generell nicht überschritten werden und bei Risikogruppen die nächtlichen Innenraumtemperaturen im Mittel bei circa 20,5°C angesetzt werden (ebd.).

10.3.4 Auswirkungen von erhöhten Temperaturen und Hitzestress auf die menschliche Gesundheit

Zunehmende Temperaturen und insbesondere extreme Hitze gehen mit einer Vielzahl negativer Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und das menschliche Wohlbefinden einher (vgl. Winklmayr et al. 2023; Hertig et al. 2023; WHO 2023b; UBA 2015e; von Wichert 2014). Zur Systematisierung der Auswirkungen ist es sinnvoll, zwischen den vielfältigen Folgen stetig steigender Temperaturen sowie den Auswirkungen extremer Hitze zu differenzieren (vgl. Abb. 51). Gleichwohl gibt es gerade bei der Verschlimmerung von Vorerkrankungen keine eindeutige Abgrenzung, sondern eher eine graduelle Zunahme der Effekte.

Die Auswirkungen steigender Temperaturen

Der Klimawandel macht sich bereits heute über eine erhöhte durchschnittliche Lufttemperatur in Deutschland bemerkbar; für die Zukunft wird weiterhin von (stark) steigenden Gebietsmitteln ausgegangen (vgl. Kap. 10.3.2). Die erhöhten Temperaturen beeinflussen den Menschen auf vielfältige Art und Weise.

So ist davon auszugehen, dass vektor- und nagetierassoziierte Infektionskrankheiten durch klimatische und insbesondere Temperaturveränderungen in Ausbreitung begriffen sind (Beermann et al. 2023). 2018 kam es zu einem bisher größten registrierten Ausbruch des West-Nil-Virus (WNV) in Europa mit mehr als 1.600 Krankheitsfällen, darunter 166 Todesfälle (ebd.: 41). In Südeuropa führt die stark invasive Asiatische Tigermücke (Aedes albopictus) zu ersten Übertragungen des Dengue-Virus (DENV) und des Chikungunya-Virus (CHIKV) (ebd.: 40). In Deutschland breiten sich mit dem Klimawandel verschiedene Zeckenarten aus und mit ihnen unter anderem die Lyme-Borreliose als mit Abstand häufigste vektorübertragene Infektionskrankheit; auch die durch Zecken übertragene Frühsommer-Meningoenzephalitis weist zwischen 2001 und 2018 signifikant höhere Fallzahlen auf (ebd.: 49, 47).

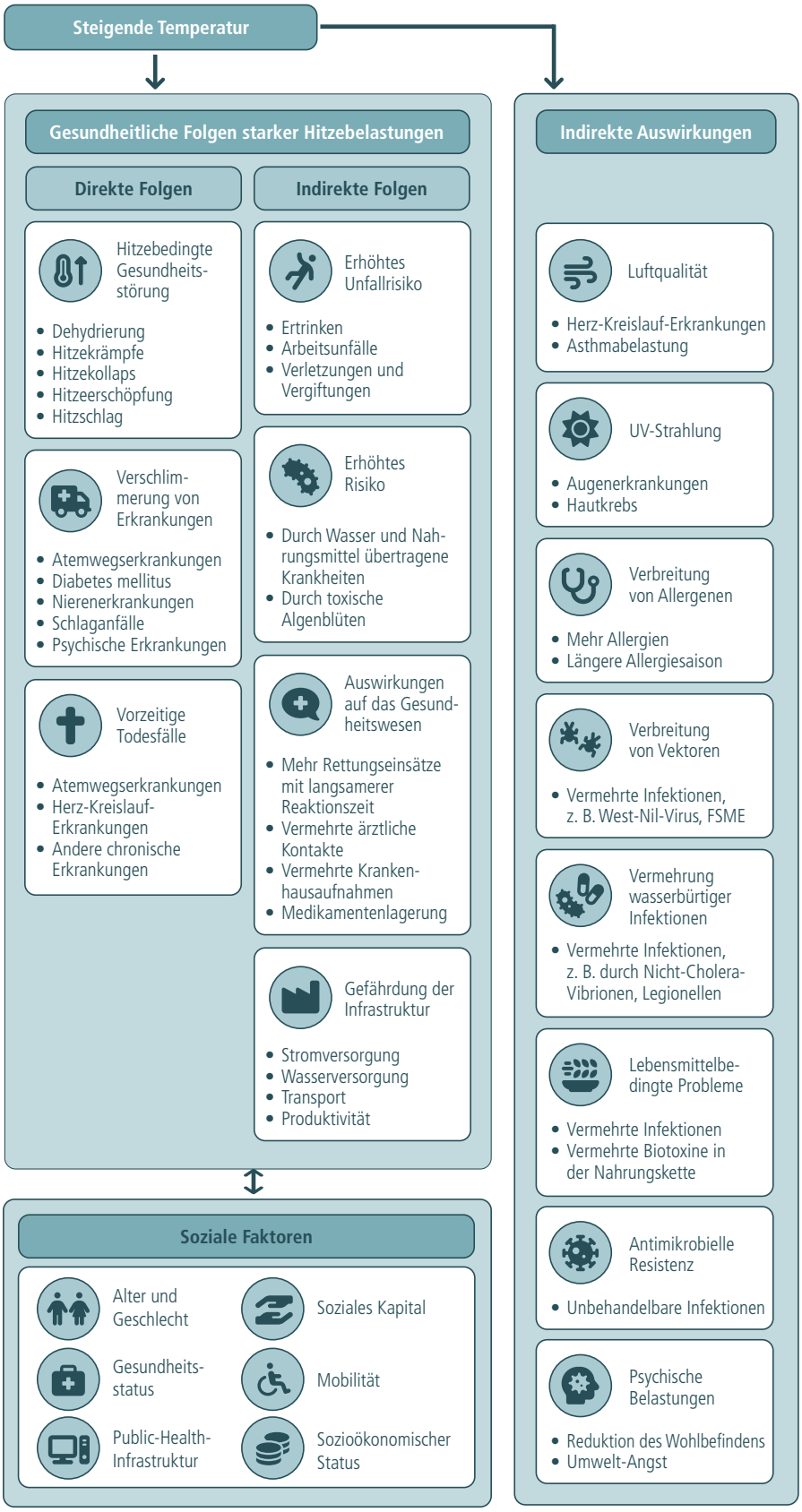
Infolge des Temperaturanstiegs können wasserbürtige oder lebensmittelbedingte Infektionen, beispielsweise durch Salmonellen, zunehmen (Hertig et al. 2023: 17 f.). Laut MEINEN et al. ist nach einem Review von Studien davon auszugehen, dass steigende Temperaturen – vor allem in Verbindung mit erhöhter Luftfeuchte – und dem damit verbundenen Infektionsgeschehen eine Antibiotikaresistenz in Deutschland und Europa begünstigen werden (Meinen et al. 2023).

Ein weiterer Aspekt ist die erhöhte Allergenexposition (Bergmann et al. 2023). Es wird erwartet, dass die im Zuge des Klimawandels früher einsetzenden Vegetationsperioden zu früherem Pollenflug und steigende CO_2-Konzentrationen zu einer Zunahme der Pollenmenge führen werden (ebd.: 88 f.). Zugleich kommen neue Pollenallergene und Wechselwirkungen mit Luftschadstoffen hinzu: „Experimentelle Studien zeigen, dass die kombinierte Wirkung von Pollen und Luftschadstoffen für Menschen mit Allergien besonders ungünstig ist“ (ebd.: 96).

Wärmere oder heißere Sommer gehen mit einer verstärkten Bildung von bodennahem Ozon einher, das sich bei autochthonen, windarmen Wetterlagen zudem ansammeln und über eine längere Dauer der Wetterlagen Spitzenwerte erreichen kann (Hertig et al. 2023: 19). Für Menschen mit Vorerkrankungen bedeutet das Zusammenspiel höherer Temperaturen und hoher bodennaher Ozonwerte ein deutlich gesteigertes Risiko: Es „besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen kardiovaskulärer Mortalität und dem Gehalt an bodennahem Ozon, wobei schon eine kurzfristige Ozonexposition das Gesundheitsrisiko erhöht und bereits mittelhohe Ozonwerte mit steigenden Raten von Herzinfarkten einhergehen“ (ebd.). Dies gilt vergleichbar für Feinstaub- und Schadstoffkonzentrationen, die sich bei windschwachen Hochdrucklagen in der Luft konzentrieren (UBA 2015d: 37; vgl. Breitner-Busch et al. 2023). Es kommt dabei vermehrt zu Atemwegsreizungen und

Abbildung 51: Direkte und indirekte Effekte von höheren Temperaturen und extremer Hitze auf die Gesundheit

Quelle: eigene Darstellung nach Winklmayr et al. 2023: 12, Hertig et al. 2023: 16 sowie WHO 2023b



-infektionen, einer Verschlechterung der Lungenfunktion, unter anderem bei Asthma- und COPD-Kranken, sowie einer Zunahme kardiovaskulärer Erkrankungen (UBA 2015d: 37). Für den Hitzesommer 2003 konnte der Kombinationseffekt von Hitzetagen, erhöhter Konzentration von Ozon, Schadstoffen und Feinstaub vor allem für die Risikogruppen der älteren Menschen, Kleinkinder und chronisch kranken Personen belegt werden (Augustin et al. 2017: 145).

Zunehmende Temperaturen können sich außerdem auf die Psyche auswirken (Gebhardt et al. 2023). Studien weisen auf aggressiveres Verhalten, eine Zunahme der Delinquenz und einen Anstieg des Suizidrisikos hin (ebd.: 133 f.). Hitzestress kann des Weiteren vorhandene psychische Störungen verschlimmern: „Bei Patientinnen und Patienten mit demenzieller Erkrankung, bipolarer Störung oder Schizophrenie lässt sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Erhöhung der mittleren Tagestemperatur und dem Anstieg der Mortalität beobachten“ (ebd.: 134).

An Heißen Tagen steigt das Unfall- und Verletzungsrisiko – sowohl in beruflichen Kontexten als auch als Folge des Freizeitverhaltens (Winklmayr et al. 2023: 11). Erhöhte Temperaturen gehen zudem mit einer Abnahme der Konzentrations- und Leistungsfähigkeit einher – mit Auswirkungen auf die Arbeitswelt:

> „Hitzebelastung steht offenbar in besonderer Relation zu Strukturen der Arbeitswelt. Nicht nur Berufe, die körperlich anstrengend sind oder besondere Exposition gegenüber Hitze mit sich bringen, sondern auch Berufe mit starkem kognitivem Leistungsdruck bedingen ein hohes Mass an subjektiver Hitzebelastung, da Hitze die Konzentrationsfähigkeit beeinträchtigt“ (Großmann et al. 2012: 66).

Neben den physischen und psychischen Effekten auf die menschliche Gesundheit können kaskadierende Effekte zu mittelbaren gesundheitlichen Folgen führen (Hertig et al. 2023: 10). Dies betrifft vor allem das Gesundheitswesen selbst und damit Einschränkungen, die sich beispielsweise durch Überlastungen von Einrichtungen der Gesundheitsversorgung oder durch den Ausfall wichtiger Infrastrukturen ergeben (Winklmayr et al. 2023: 12).

Im Zentrum dieser Arbeit stehen die unmittelbaren Auswirkungen von extremer Hitze, demnach die damit verbundene erhöhte Mortalität und Morbidität von Menschen. Der IPCC priorisiert diesen Aspekt im Zusammenhang mit zunehmendem Hitzestress als „Key Risk 1“:

> „The number of deaths and people at risk of heatstress will increase two- to threefold at 3°C compared with 1.5°C GWL [global warming level] (high confidence). Above 3°C GWL, there are limits to the adaptation potential of people and existing healthsystems (high confidence)“ (IPCC 2022b: 1).

Im Vergleich der beiden Hitzesommer 2003 und 2022 stellen BALLISTER et al. fest,

> „that past efforts toward an effective early adaptation response to observed warming, including preparedness and response strategies, intervention actions and heat-health early warning systems, had largely been insufficient to prevent the large magnitude of the heat-related mortality estimated for the summer of 2022“ (Ballister et al. 2023: 1864).

Hitzebedingte Mortalität und Morbidität

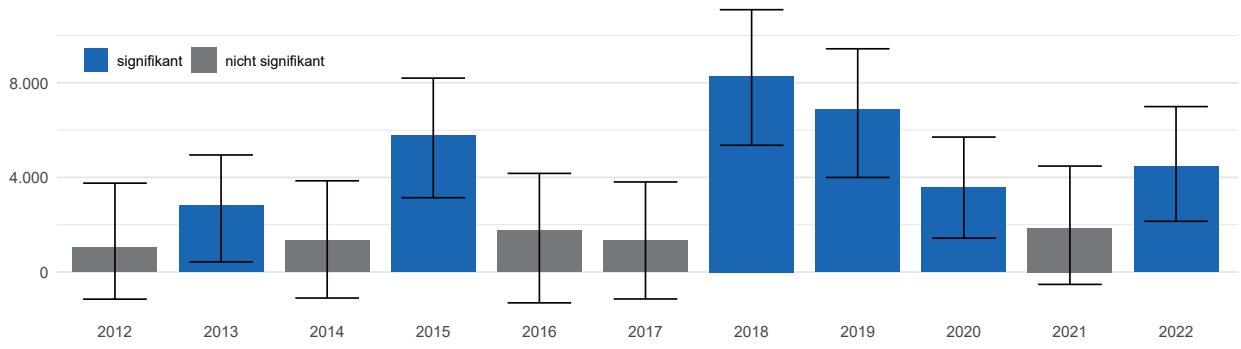
Vor allem Hitzewellen bedingen einen teilweise starken Anstieg hitzebedingter **Mortalität** (vgl. Basu et al. 2002). Eine extreme Hitzeeinwirkung kann die thermoregulatorische Kapazität des menschlichen Körpers insoweit überfordern, als dass sich die Überhitzung zum Hitzschlag ausweiten und tödlich sein kann (Ebi et al. 2021: 699). Allerdings kommt es nicht nur zu Todesfällen durch Hitzschlag. Oftmals führt ein komplexes Zusammenwirken von Hitzeeinwirkung und Vorerkrankungen, beispielsweise Herz-Kreislauf- oder Lungenerkrankungen, zu erhöhten Sterbefällen

(Winklmayr/an der Heiden 2022: 3). Nach Herz-Kreislauf-Erkrankungen sind hitzebedingte Lungenschäden – Lungenödeme und akutes Atemnotsyndrom – in Verbindung mit vorbestehenden Atemwegserkrankungen, erhöhtem Lungenstress aufgrund hitzebedingter Hyperventilation sowie erhöhter Luftverschmutzung die zweithäufigste Ursache der Mortalität während Hitzewellen (Ebi et al. 2021: 699). Auch nach Abkühlung des Körpers können hitzebedingte Schäden zu kognitiven und organischen Funktionsstörungen führen, die das Sterberisiko der betroffenen Person erhöhen (ebd.). Zahlreiche weitere physiologische Faktoren tragen zu einem erhöhten Sterberisiko durch extreme Hitzeeinwirkung bei: Dazu gehören neben demographischen und sozioökonomischen Faktoren in erster Linie Vorerkrankungen wie chronische Nierenerkrankungen, Schlaganfälle oder Diabetes, aber auch Dehydration oder Drogenmissbrauch (ebd.: 701 f.).

Das komplexe Zusammenwirken von Hitzeeinwirkung und weiteren physiologischen Faktoren, vor allem Vorerkrankungen, bildet sich in der Regel nicht in der Todesursachenstatistik ab: Hier wird meist nur die Grunderkrankung erfasst (Winklmayr/an der Heiden 2022: 3). Das bedeutet, dass die hitzebedingte Mortalität über statistische Verfahren zur Berechnung von Übersterblichkeit im Zusammenhang mit thermischer Belastung eingeschätzt werden muss (ebd.). Die Bandbreite der Schätzungen variiert zwar in Abhängigkeit der genutzten Modelle, dennoch lässt sich die hitzebedingte Übersterblichkeit gut nachvollziehen (Winklmayr et al. 2023). Abbildung 52 zeigt die geschätzte Anzahl hitzebedingter Sterbefälle im Zeitraum 2012 bis 2022 in Deutschland. Mit rund 4.500 hitzebedingten Sterbefällen liegt das Jahr 2022 in vergleichbarer Größenordnung wie die Jahre 2015, 2019 und 2020 (Winklmayr/an der Heiden 2022: 6). Für den Zeitraum ab 2001 ergeben die geschätzten Gesamtzahlen hitzebedingter Sterbefälle signifikant erhöhte Zahlen für die Jahre 2003, 2006, 2010 und 2013 (vgl. an der Heiden et al. 2019: 577). Bei Temperaturen über 20°C zeigt sich eine deutlich steigende Mortalitätsrate bei Menschen über 75 Jahren (ebd.: 575). Diese Altersgruppe weist insgesamt den größten Anteil hitzebedingter Sterbefälle auf, wobei aufgrund der höheren Lebenserwartung vor allem Frauen betroffen sind (Winklmayr et al. 2023: 10).

Die Auswirkungen von extremer Hitze werden nicht nur über die Dauer und Intensität von Hitzewellen bestimmt, sondern auch über andere Faktoren. So konnten MUTHERS et al. für die Hitzesommer 2003 und 2015 für Baden-Württemberg nachvollziehen, dass bei beiden Hitzewellen die höchsten Mortalitätsraten erst kurz nach den Temperaturmaxima auftraten (Muthers et al. 2017: 10). Als Ursache wird vermutet, dass dies die zeitverzögerte Temperaturentwicklung zwischen Außen- und Innenraum abbildet: Während einer Hitzewelle verbringen insbesondere hitzesensitive Menschen die meiste Zeit in Innenräumen, diese heizen sich jedoch zeitverzögert auf (ebd.). Als effektverstärkend kamen im Sommer 2015 zum einen die ausgeprägte Luftfeuchte

Abbildung 52: Geschätzte Anzahl hitzebedingter Sterbefälle im Zeitraum 2012 bis 2022 in Deutschland
Quelle: RKI 2022: 5



Hinweis: Jahre mit einer signifikanten Anzahl hitzebedingter Sterbefälle (Untergrenze des 95 %-Prädiktionsintervalls ist größer 0) sind blau hervorgehoben.

im Südwesten Deutschlands hinzu, zum anderen ereignete sich die Hitzewelle Anfang Juli 2015, wodurch noch keine ausgeprägte Akklimatisation der Bevölkerung stattgefunden hatte (ebd.). Deutlich wird, dass hitzebedingte Mortalität nicht allein von den Temperaturen abhängt. So legen Studienergebnisse nahe, dass auch rasche Temperaturänderungen die Sterbefallzahlen ansteigen lassen (UBA 2015d: 80). GABRIEL und ENDLICHER verglichen die Mortalitätsraten von Berlin und Brandenburg während der Hitzewellen zwischen 1990 und 2006 und fanden heraus, dass die meisten Sterbefälle in den dicht bebauten Quartieren Berlins auftraten, was auf einen Zusammenhang zwischen Baudichte und Hitzestress hinweist (Gabriel/Endlicher 2011).

Hitzestress wirkt sich zudem auf die **Morbidität** und das Wohlbefinden der Menschen aus. Die Auswirkungen folgen den Gesundheitseffekten, die auch die Mortalitätrisiken bestimmen. Hierzu zählen zum einen hitzebedingte Erkrankungen wie Hitzschlag oder Dehydrierung, zum anderen auch die Verschlimmerung hitzesensitiver (Vor-)Erkrankungen wie Diabetes, Schlaganfall oder psychische Erkrankungen (Winklmayr et al. 2023: 11 ff.). Studienergebnisse weisen darauf hin, dass die Morbidität bei Menschen mit Herz-Kreislauf-Erkrankungen während einer Hitzeperiode um 2,2 % pro 1°C Lufttemperaturzunahme steigt (ebd.: 12). Das Risiko steigt zugleich für Herzinfarkte, Herzinsuffizienz und Schlaganfälle (ebd.). Die zweithäufigste Ursache für eine steigende Morbidität sind – vergleichbar zur Mortalität – hitzebedingte Lungenprobleme (ebd.).

Im Laufe des Sommers passt sich der menschliche Organismus an steigende Temperaturen an (Akklimatisation), sodass sich Hitzestress weniger belastend auswirkt (Matzarakis et al. 2020: 1009). Allerdings sind nächtliche Temperaturen in Hitzephasen von entscheidender Bedeutung: Bleiben die Temperaturen auch des Nachts hoch, kann sich der menschliche Organismus nicht hinreichend regenerieren (ebd.).

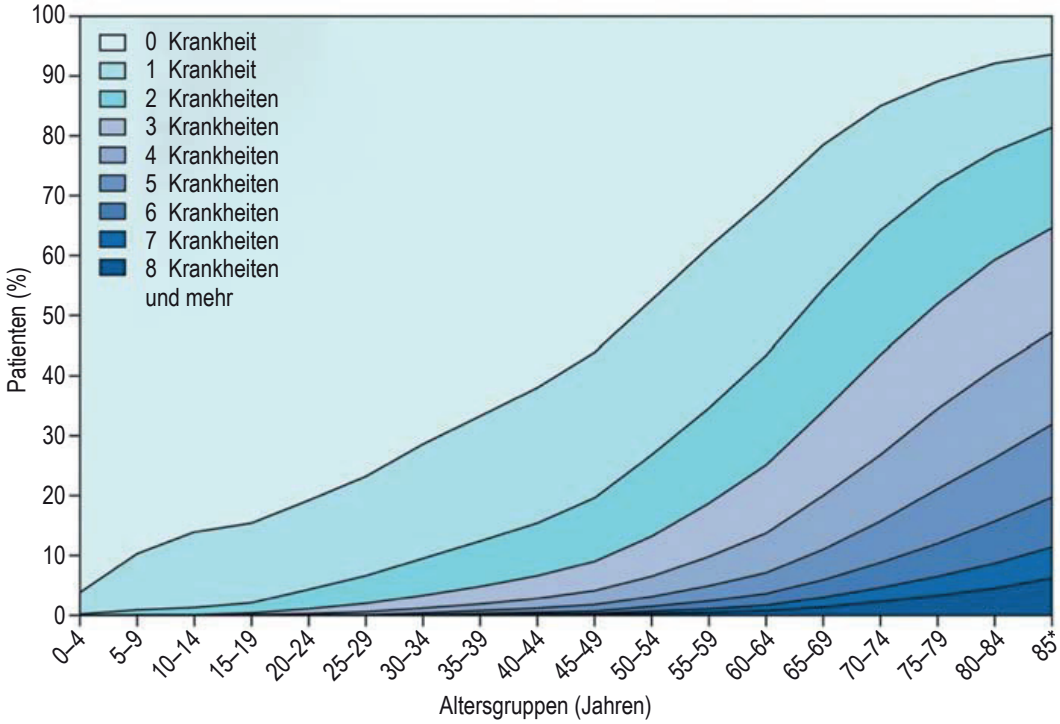
Eine erhöhte Morbidität wird anhand der Häufigkeit von Notfalleinsätzen, ambulanten Arztbesuchen oder Krankenhauseinweisungen gemessen (vgl. Herrmann et al. 2019; Schillo et al. 2019). SCHILLO et al. konnten eine signifikant erhöhte Inanspruchnahme von Krankentransporten, Krankenhausaufnahmen und ambulanten Arztbesuchen während einer Hitzewelle im Sommer 2015 zum Vor- und Nachbeobachtungszeitraum nachweisen (Schillo et al. 2019: 47).

Ganz unabhängig von einer in Bezug auf Hitze verminderten physiologischen Anpassungskapazität im Alter spielt die Korrelation von Multimorbidität und Alter eine große Rolle. Der Begriff ist nicht einheitlich definiert und schwierig zu quantifizieren; Studienergebnisse sind deshalb nur eingeschränkt vergleichbar (vgl. Puth et al. 2017: 1; DEGAM 2017: 9, 12). Multimorbidität wird in der Regel auf zwei oder mehrere Erkrankungen einer Person mit vergleichbaren Auswirkungen bezogen – im Gegensatz zur Co-Morbidität, bei der eine Haupterkrankung im Vordergrund steht (Seger/Gaertner 2020: 2092). Die Deutsche Gesellschaft für Allgemeinmedizin und Familienmedizin e.V. plädiert dafür, die Schwelle höher zu setzen und erst ab drei gleichzeitig auftretenden Krankheiten von Multimorbidität zu sprechen (DEGAM 2017: 8 f.).

Multimorbidität tritt verstärkt in Verbindung mit kardiovaskulären, metabolischen, neuropsychiatrischen, geriatrischen, psychischen und psychosomatischen sowie verschiedensten muskuloskelettalen Erkrankungen auf (Seger/Gaertner 2020: 2094). Dass ein Zusammenhang zwischen Alter und Multimorbidität besteht, ist in der Literatur mittlerweile gut belegt (vgl. Violan et al. 2014; Puth et al. 2017; DEGAM 2017; Seger/Gaertner 2020, vgl. Abb. 53): „Age was the most frequently studied determinant of multimorbidity“ (Violan et al. 2014: 4). So sind die meisten 65-Jährigen bereits multimorbid (Seger/Gaertner 2020: 2094). Auswertungen für Deutschland zeigen, dass bei mehr als einem Viertel der Menschen zwischen 40 und 49 Jahren und nahezu der Hälfte der Altersgruppe zwischen 50 und 59 Jahren mehr als eine chronische Erkrankung diagnostiziert wurde (Puth et al. 2017: 3). Hieraus lassen sich hitzesensitive Alterskohorten ableiten, da eine ausgeprägte Multimorbidität zu Vorerkrankungen führt, welche die Hitzesensitivität im Alter befördern.

Multimorbidität wird zudem mit sozioökonomischen Faktoren verknüpft: Menschen mit einem niedrigen sozialen Status, das heißt mit einem geringen Bildungsstand oder einem geringen Einkommen, sind laut Studienergebnissen häufiger multimorbid (vgl. Puth et al. 2017: 3 f.; Violan et al. 2014: 4; DEGAM 2017: 12; Seger/Gaertner 2020: 2094). PUTH et al. weisen auf die negativen Konsequenzen der Kombination von zunehmendem Alter und niedrigem Bildungsstand hin: „Low-level educated middle-aged adults are more likely to be multimorbid with prevalence rates matching those of high-educated men and women aged at least ten years older“ (Puth et al. 2017: 4).

Abbildung 53: Die Zahl chronischer Krankheiten nach Altersgruppen
Quelle: Seger/Gaertner 2020: 2096 nach Barnett et al. 2012



10.3.5 Gegenüber Hitzestress besonders vulnerable Gruppen

SANDHOLZ et al. zeigen auf Basis der Ergebnisse einer Haushaltsbefragung in der Stadt Bonn zum Thema Hitzestress, dass alle Bevölkerungsgruppen unter der thermischen Belastung leiden – „all groups reported serious impacts“ (Sandholz et al. 2021: 16). Daraus schlussfolgern sie, dass eine einseitige Fokussierung auf „klassische Risikogruppen“ wie Ältere und auf die Wohnsituation bei der Betrachtung vulnerabler Gruppen nicht ausreiche (ebd.; vgl. zudem Großmann et al. 2012; Kunz-Plapp et al. 2016).

Zumal aus der Befragung von SANDHOLZ et al. hervorging, dass vor allem Studierende und junge Berufstätige – unter anderem aufgrund ungünstiger Wohnsituationen – über sehr negative Auswirkungen von Hitzestress berichteten (Sandholz et al. 2021: 12). Demgegenüber fielen die Altersgruppen über 64 Jahre nicht durch eine erhöhte (berichtete) Exposition auf (ebd.). SCHILLO et al. kamen gleichfalls zu dem Ergebnis, dass nicht die Älteren, sondern vor allem die 45- bis 54-Jährigen am stärksten von einer erhöhten Morbidität im Hitzesommer 2015 betroffen waren (Schillo et al. 2019: 48). Allerdings vermerken sie einschränkend, dass alle anderen erklärenden Variablen wie beispielsweise Vorerkrankungen oder Pflegestufe bereits in das Modell aufgenom-

men worden seien und beispielsweise Versicherte mit einer Pflegestufe als eindeutig vulnerable Bevölkerungsgruppe in Bezug auf die Auswirkungen von Hitzewellen hätten identifiziert werden können (ebd.: 49). Die meisten Studien weisen demgegenüber ältere Menschen als besonders hitzesensitive Altersgruppe aus, was sich auch aus den erhöhten Mortalitätsraten in dieser Gruppe ableiten lässt (s.o.). HERMANN et al. sehen hitzebedingte Morbidität sogar in erster Linie als geriatrisches Problem, da bei älteren Menschen die Hautdurchblutung sowie das Schwitzen als Regulationsmechanismus abnehmen und gleichzeitig vielfach chronische Leiden hinzukommen (Herrmann et al. 2019). Insofern müssen die Ergebnisse von SCHILLO et al. und SANDHOLZ et al. vorsichtig interpretiert werden. Dies gilt insbesondere für die Haushaltbefragungen von SANDHOLZ et al.: So haben Befragungen von Älteren in Pflegeeinrichtungen in Reutlingen ergeben, dass gerade in dieser Altersgruppe das (geringe) Hitzeempfinden nicht mit den tatsächlichen Risikofaktoren korreliert (Hartz et al. 2020d: 98).

Aus der kritischen Diskussion um eine Fokussierung auf einschlägige Risikogruppen lässt sich in jedem Falle folgern, dass die Gesamtheit der Betroffenen mit ihren spezifischen Auswirkungen und einem individuellem Mix an Stressoren nicht aus dem Blickfeld geraten darf: „Connecting heat stress risk indicators to individual components of risk allows for more precise identification of problem areas for specific groups, which can then be more readily tied to tailored solutions“ (Sandholz et al. 2021: 16). Zumal BENMARHNIA et al. über einen Review und eine statistische Analyse zahlreicher Studien weitere Evidenz zu vulnerablen Gruppen einfordern: „While the link between excess heat and mortality is well established, the needed fundamental evidence on heat vulnerable subgroups remains incomplete“ (Benmarhnia et al. 2015: 790). Gleichwohl sehen sie eine Sensitivität aufgrund individueller und kontextbezogener Faktoren in der aktuellen Forschung dokumentiert:

> „Several individual or contextual subgroup characteristics marking greater vulnerability have been documented in the past decade of epidemiologic research. Individual vulnerability factors include age (elderly, children), […] sex, and socioeconomic factors (education, ethnicity, income, or social isolation). […] Contextual vulnerability factors include urban design (micro heat islands, population density), neighborhood (or ecologic) socioeconomic and community factors, and material conditions (air conditioning)“ (ebd.: 781).

Grundsätzlich erscheint es zielführend, die betrachteten Faktoren, die eine Anfälligkeit gegenüber Hitzestress fördern, stärker auszudifferenzieren. Auch BLÄTTNER und GREWE sehen bei einigen Gruppen zwar die „theoretische Plausibilität“ in Bezug auf eine erhöhte Hitzesensitivität gegeben, verweisen jedoch auch auf eine fehlende oder inkonsistente Ergebnislage in Studien (Blättner/Grewe 2023: 38). Eindeutige Hinweise identifizieren sie für die Gruppe der Älteren und für Schwangere sowie Säuglinge, insbesondere aus benachteiligten oder überforderten Familien (ebd.). Sie sprechen sich zudem für eine Berücksichtigung weiterer Gruppen aus: von Menschen mit chronischer Erkrankung, mit physischer beziehungsweise psychischer Beeinträchtigung sowie mit Behinderung, die in der Kommune allein leben, von Menschen, die im Freien arbeiten, in Gemeinschaftsunterkünften leben oder obdachlos sind (ebd.).

WINKLMAYR et al. identifizieren – unter anderem auf Basis von Hinweisen der WHO – gleichfalls eine Reihe vulnerabler Bevölkerungsgruppen beziehungsweise von Faktoren, die Menschen dem Hitzestress in besonderer Art und Weise aussetzen (Winklmayr et al. 2023: 17). In erster Linie zählen hierzu aufgrund ihrer verminderten physiologischen Anpassungskapazität Ältere ab 65 Jahre, Säuglinge und Kleinkinder sowie Schwangere. Darüber hinaus weisen sie auf Menschen mit Vorerkrankungen und Behinderung hin sowie auf Menschen mit funktionellen Einschränkungen, beispielsweise Bettlägerigkeit. Eine Reihe weiterer Faktoren führt zu Vulnerabilität in Bezug auf Hitzeeinwirkung: Dazu zählen sozioökonomische Faktoren wie Obdachlosigkeit und soziale Isolation.

HERMANN et al. stellen zudem eine Reihe von Faktoren zusammen, die jeweils eine in Bezug auf Hitzeeffekte ungünstige Wohnsituation beschreiben wie beispielsweise das Wohnen in verdich-

teter städtischer Lage, in schlecht isolierten Häusern oder in Dachgeschossen (Herrmann et al. 2019).

Die in Tabelle 12 gelisteten Faktoren werden in Kapitel 11 konkret für die räumliche Planung operationalisiert (Indikatorenset) und im Rahmen des Fallbeispiels angewendet. Hierbei geht es zum einen um die konzeptionellen Bezüge zu Vulnerabilität (Sensitivität, Coping), zum anderen um die empirische Umsetzung (Verfügbarkeit und Qualität der Daten).

Tabelle 12: Faktoren, die bei Hitzeperioden zu einem größeren gesundheitlichen Risiko führen
Quellen: eigene Darstellung nach Winklmayr et al. 2023: 17, ergänzt durch Puth et al. 2017; Herrmann et al. 2019; an der Heiden et al. 2019; Seger/Gaertner 2020; Ebi et al. 2021; Winklmayr/an der Heiden 2022; Blättner/Grewe 2023

Faktor	Einzelne Risikofaktoren
Verminderte physiologische Anpassungskapazität	• ältere Menschen, vor allem über 75 bzw. 80 Jahre • Säuglinge und Kleinkinder • Schwangere
Multimorbidität	• ältere Menschen, vor allem über 65 Jahre • Menschen mit geringerem Sozialstatus
Spezifische Vorerkrankung	• kardiovaskuläre Erkrankungen (z. B. arterielle Hypertonie, koronare Herzkrankheit, Herzinsuffizienz) • zerebrovaskuläre Erkrankungen (z. B. Schlaganfall) • respiratorische Erkrankungen (z. B. chronisch obstruktive Lungenerkrankung (COPD), Asthma bronchiale) • Stoffwechselerkrankungen (z. B. Diabetes mellitus) • neurologische Erkrankungen (z. B. Morbus Parkinson durch krankheitsbedingt beeinträchtigte Thermoregulation) • psychische Erkrankungen (z. B. Depression, Schizophrenie, Drogenabhängigkeit) • Nierenerkrankungen (z. B. Niereninsuffizienz) • starkes Übergewicht • Einnahme bestimmter Medikamenten zur Behandlung der genannten Erkrankungen
Behinderung und funktionelle Einschränkungen	• körperliche Behinderungen (z. B. Rückenmarksverletzungen) • schwere kognitive Einschränkungen • Bettlägerigkeit im Privathaushalt • Unterbringung in Pflegeeinrichtungen
Benachteiligende Lebenslage	• soziale Isolation, insbesondere im hohen Alter • Obdachlosigkeit • sozioökonomische Benachteiligung
Arbeiten und körperliche Anstrengung bei hohen Außen- und hohen Innentemperaturen	• im Freien Arbeitende (z. B. in der Landwirtschaft, im Bausektor) • Beschäftigte, die ihren Arbeitsplatz auch bei hohen Innenraumtemperaturen während Hitzewellen nicht verlassen können (Mitarbeitende in Medizin- und Pflegeeinrichtungen, v. a. in Kombination mit persönlicher Schutzausrüstung) • im Freien Sporttreibende
Ungünstige Wohnsituation	• in einer städtischen Wärmeinsel lebend (u. a. hohe Flächenverdichtung) • Schlafzimmer unter dem Dach oder Dachwohnung • kein Zugang zu kühlen Räumen, keine Klimaanlage • falsche Belüftungsgewohnheiten • Haus mit thermisch schlecht isolierter Bausubstanz

10.4 Fokus 2: Hochwasser- und Starkregengefahren

10.4.1 Die Flutkatastrophe im Ahrtal und ihre Folgen

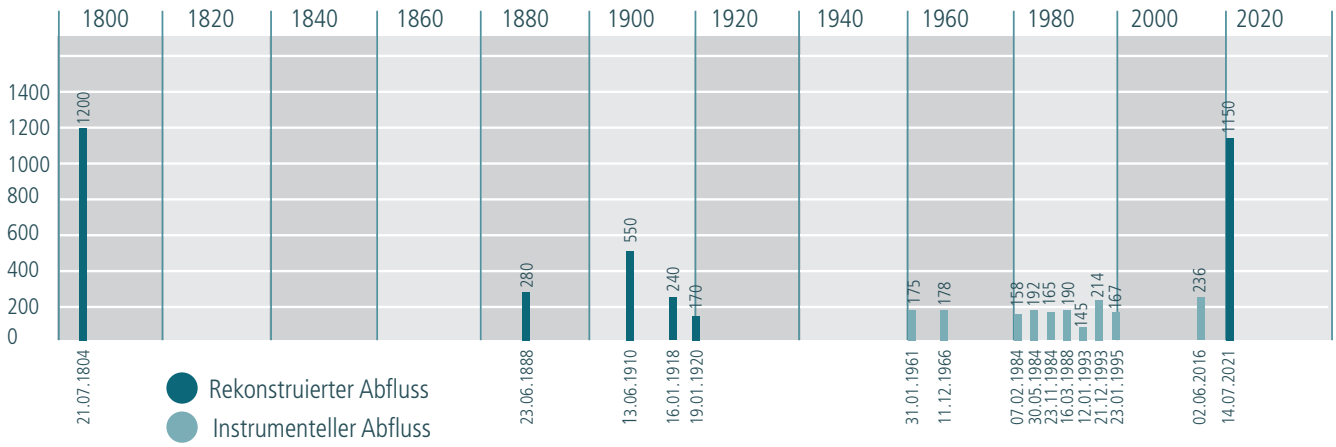
Nicht erst seit der Flutkatastrophe im Ahrtal im Juli 2021 beschäftigten sich Politik und (Fach-) Planung deutschlandweit mit den verheerenden Folgen der Hochwasserereignisse in den vergangenen Jahrzehnten (vgl. Kap. 2.2). Jedoch verdeutlichten die Ereignisse im Ahrtal, dass Flutkatastrophen mit einer Vielzahl an Toten und extrem hohen Schäden an Bebauung und Infrastruktur nicht nur auf die großen Flusssysteme beschränkt sind.

Mitte Juli 2021 überquerte ein Tiefdruckgebiet den Westen Europas und sorgte für starke Regenfälle. Großflächig summierten sich die Niederschlagsmengen auf über 100 mm in 72 Stunden, regional gab es Spitzenwerte von über 150 mm in nur 24 Stunden (DKKV 2022: 6). Der Schwerpunkt in Deutschland lag im südlichen NRW und im nördlichen RLP, mit Rekordpegelständen an der Ahr bei Altenahr, „wobei die Messstation überflutungsbedingt bei einem Wert von 5,05 m (Abfluss: 332 m³/s) komplett ausfiel“ (Schäfer et al. 2021: 2). Schätzungen zufolge erreichte der Pegelstand in Altenahr eine Höhe von über 9 m und damit 8 m über dem Normalwert bei mittlerem Abfluss, mit Abflussmengen zwischen 700 und 1.200 m³/s (DKKV 2022: 18, 21). Neben besonderen meteorologischen Faktoren spielten für die katastrophalen Ausmaße die Topographie und die dichte Besiedlung im Talraum eine zentrale Rolle. Die wassergesättigten Böden konnten die Niederschlagsmengen nicht aufnehmen; es kam zu Schicht- und Sturzfluten (ebd.: 17). Die engen Talräume kanalisierten die Abflüsse, woraus die hohen Pegelstände resultierten.

Es gab mehr als 180 Todesopfer und zahlreiche Verletzte. Für die Versicherungswirtschaft bedeutete der „Gesamtschaden von 8,75 Milliarden Euro die bislang folgenschwerste Naturkatastrophe in Deutschland“ (gdv 2021). Allerdings dürfte der tatsächliche Schaden weitaus höher liegen, da nur für 37 % bis 47 % der Gebäude Elementarversicherungen vorlagen, hinzu kommen die Infrastrukturkosten (Schäfer et al. 2021: 2). Für die betroffenen Gebiete gehen Schätzungen von einem gesamtwirtschaftlichen Schaden in Höhe von 40 bis 50 Milliarden Euro aus (Szöny et al. 2022: 4).

Bemerkenswert ist, dass es bereits in der Vergangenheit schwere Hochwasserkatastrophen im Ahrtal gab: Historische Aufzeichnungen und Wasserstandsmarken zeigen, dass insbesondere die Jahre 1804 und 1910 aus hydrologischer Sicht ein vergleichbares Ausmaß erreichten (DKKV 2022: 22 f.; vgl. Abb. 54). Die Hochwassergefahrenkarten für das Ahrtal (2021) beruhen auf zeitlich ho-

Abbildung 54: Historische Hochwasser im Ahrtal in m³/s, 1804 bis 2021
Quelle: Szöny et al. 2022: 12 nach Roggenkamp/Herget; grafische Darstellung angepasst



mogenen Abflussaufzeichnungen seit 1946; historische Ereignisse finden keine Berücksichtigung, sodass der Abflusswert für das HQ_{100} lediglich bei 241 m³/s liegt (Schäfer et al. 2021: 2).

Die Katastrophe im Ahrtal hat in den Diskussionen um Hochwasserversorge neue Impulse gesetzt. Es gilt, aus den Ereignissen Lehren für Warnsysteme und Krisenmanagement wie auch für die Risikovorsorge und den Wiederaufbau zu ziehen. So berät das BMBF-geförderte KAHR-Verbundprojekt (Klima – Anpassung – Hochwasser – Resilienz) Betroffene in Bezug auf den Wiederaufbau und will dazu beitragen, über ein verbessertes Hochwasserrisikomanagement die Resilienz von Regionen zu stärken (KAHR 2023). Auf Basis der ersten Befunde aus den Forschungsarbeiten wurden Empfehlungen formuliert (KAHR 2022). Diese betreffen unter anderem die räumliche Risikovorsorge in Bezug auf Siedlungsrückzug und angepasste Landnutzungen sowie die Rolle der Raumplanung, da die Vorsorge vor allem in den bereits bebauten Bereichen durch das Planungs- und Baurecht sowie durch informelle Instrumente zu stärken sei. Darüber hinaus wird gefordert, dass Hochwasser und Starkregen gemeinsam gedacht werden müssen (ebd.).

Das Deutsche Komitee Katastrophenvorsorge e.V. (DKKV) betont die Notwendigkeit, die gesellschaftliche Risikowahrnehmung und eine proaktive Risikokultur zu fördern (DKKV 2022: 6). Dazu gehöre eine intensivere und zielgruppenorientierte Risikokommunikation, die Risiken ganzheitlich adressiere, das heißt, Gefahr und Vulnerabilitäten gleichermaßen fortlaufend und transparent zu kommunizieren (ebd.). Hochwasserkatastrophenmanagement könne zudem nur dann erfolgreich sein, „wenn alle Risikokomponenten – Gefährdung, Exposition, Vulnerabilität – wirksam reduziert werden“ (ebd.: 42).

10.4.2 Auswirkungen von Klimawandel und Urbanisierung

Welche Rolle spielt der Klimawandel im Kontext der Flutkatastrophe Mitte Juli im Ahrtal und anderen Gebieten? Dies lässt sich für ein Einzelereignis nicht mit Sicherheit schlussfolgern, sondern nur über einen Zusammenhang mit grundsätzlichen Trends einschätzen. In erster Linie werden die im Zuge des Klimawandels steigenden Temperaturen als Ursache für tendenziell stärkere Niederschlagsereignisse gesehen. Erhöhte Temperaturen führen dazu, dass die Luft mehr Feuchtigkeit auf- und dementsprechend abgeben kann, zumal durch ansteigende Meeresoberflächentemperaturen Wasser leichter verdunsten und in die Atmosphäre übergehen kann (Schäfer et al. 2021: 14). Die Hauptursache wird jedoch weniger in einer Zunahme der Luftfeuchte vermutet, sondern in den durch erhöhte Temperaturen veränderten globalen atmosphärischen Zirkulationsmustern (DKKV 2022: 20). In Europa wirkt sich die Verlangsamung und Ausbuchtung des polaren Jetstreams aus, dessen Mäander die Zugbahnen der Hochs und Tiefs unterbrechen, diese großräumig stabilisieren und dadurch zu extrem feuchten oder extrem trockenen und heißen Perioden führen können (ebd.). „Die Kombination aus mehr verfügbarem Wasser in der Atmosphäre und einer zunehmenden Persistenz der Wetterlagen birgt sehr hohes Gefahrenpotential“, das in Zukunft zunehmen wird (Schäfer et al. 2021: 14).

Für das RPC8.5-Szenario ergeben die meisten Modellierungen eine Zunahme der Hochwasserabflüsse: „Durch den Klimawandel ist zu erwarten, dass höhere Spitzenabflüsse auftreten und sich das Wiederkehrintervall des derzeitigen Bemessungshochwassers verkürzt“ (UBA 2021a: 66). Schwerpunkte liegen in den Regionen mit regendominierten Abflussregimetypen, das heißt in den Mittelgebirgen sowie in Ostdeutschland (ebd.). Die konkreten Projektionen für das jeweilige Flusseinzugsgebiet bleiben schwierig und sind Gegenstand weiterer Forschungen (ebd.). Zumal die Analysen der historischen Situation im Ahrtal im Vergleich zu den Hochwassergefahrenkarten verdeutlichen, dass die statistischen Datenreihen die Aussagen zur Gefährdung bestimmen, jedoch nicht zwangsläufig das tatsächliche Gefährdungspotenzial erfassen.

Abbildung 55: Szenarien der Siedlungsentwicklung in hochwassergefährdeten Gebieten
Quelle: Hartz et al. 2020c: 11 auf Basis von Hoymann/Goetzke 2016: 16, ins Deutsche übersetzt

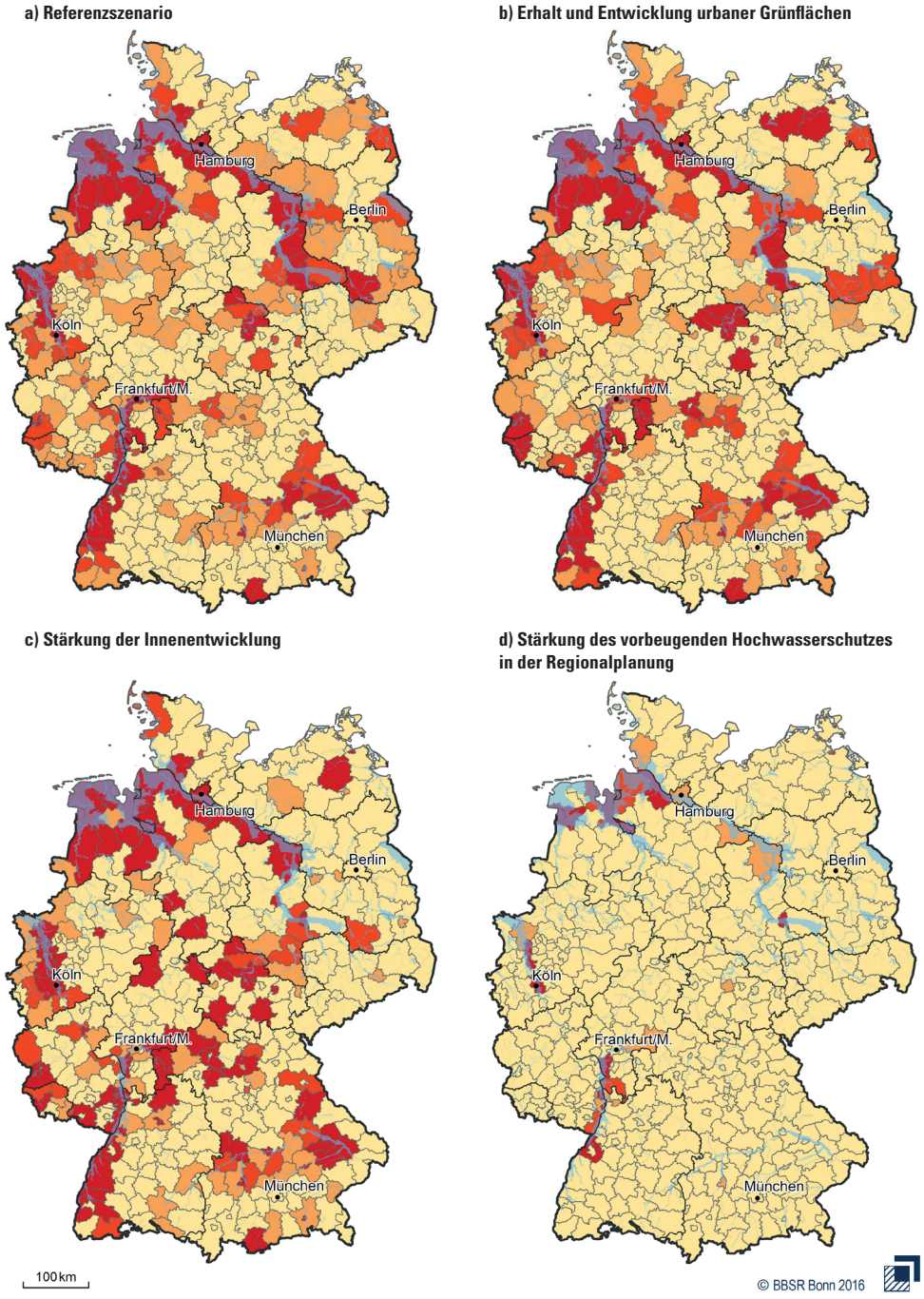


Abbildung a) zeigt den Indikator "Flächeninanspruchnahme in Überflutungsgebieten". Abbildungen b) bis d) zeigen den Teilindikator, der die Veränderung der Siedlungs- und Verkehrsfläche 2009 bis 2030 im Vergleich zum nationalen Durchschnitt des Referenzszenarios repräsentiert.

Datenbasis: Laufende Raumbeobachtung des BBSR; GWS Osnabrück 2012; Überflutungsgebiete HWRM-RL: BfG & Landesbehörden 2014; Extremhochwasser: Hydrologischer Atlas für Deutschland, BfG 2003; Berechnungen des BBSR;

Geometrische Grundlage: BKG/BBSR, Kreise 31.12.2008

Bearbeitung: J. Hoymann

Es ist somit davon auszugehen, dass der Klimawandel regional zu einer Zunahme sowohl der fließgewässergebundenen Hochwasserereignisse als auch der Überflutungen durch lokal auftretenden Starkregen führen wird. Verstärkt wird diese Tendenz durch eine zunehmende Versiegelung in Hochwasserentstehungsgebieten. HOYMANN und GOETZKE zeigen in ihren Modellierungen zur Flächeninanspruchnahme für Bebauung und Verkehrsinfrastruktur, dass sich das Siedlungsflächenwachstum für das deutschlandweite Referenzszenario zwischen 2009 und 2030 überdurchschnittlich in überflutungsgefährdeten Gebieten konzentriert (Hoymann/Goetzke 2016: 16; vgl. Abb. 55). Diese Entwicklung verstärkt die Hochwasserrisiken im HQ_{extrem}-Umgriff durch den Verlust von Retentionsräumen und einer weiteren Akkumulation von Schadenspotenzialen durch Siedlungsflächenzuwachs (Hartz et al. 2020c: 10). Eine Gegenüberstellung des Referenzszenarios mit planerischen Strategien zur Sicherung von Grünflächen, einer Stärkung der Innenentwicklung sowie einer Stärkung des vorbeugenden Hochwasserschutzes in der Regionalplanung auch in deichgeschützten, aber dennoch überflutungsgefährdeten Bereichen verweist auf die Steuerungsmöglichkeiten der räumlichen Planung (ebd.).

10.4.3 Modellierung von Hochwasser- und Starkregengefährdung

Das Management der Hochwasser- und Starkregengefährdung fällt in unterschiedliche Kompetenzbereiche. Seit der Einführung der EU-weiten HWRM-RL und der Novelle des WHG im Jahr 2017 ist die Wasserwirtschaft als Fachplanung zuständig für die Erstellung und Aktualisierung von Hochwassergefahrenkarten. Demgegenüber fällt die Starkregengefährdung in den Regelungsbereich der Kommunen. Diese sind zuständig für die Bemessung der Kanalisation auf Überstaufreiheit für häufige Niederschlagsereignisse mit Wiederkehrzeiten bis zu fünf beziehungsweise zehn Jahren sowie die schadlose Ableitung bei seltenen Niederschlagsereignissen mit Wiederkehrzeiten bis zu 30 beziehungsweise 50 Jahren im Siedlungsgebiet (LUBW 2016: 15). Auch Außengebietswasser muss berücksichtigt werden, sofern es dem Siedlungsgebiet beziehungsweise der Kanalisation zufließt (ebd.). Der kommunale Überflutungsschutz geht in das kommunale Starkregenrisikomanagement bei Extremereignissen über (ebd.: 17).

Die Verfahren zur Erstellung von Hochwasser- und Starkregengefahrenkarten unterschieden sich deutlich: Während Hochwassergefahrenkarten die Überflutungsbereiche von Fließgewässern für spezifische Eintrittswahrscheinlichkeiten darstellen und auf statistischen, hydrologischen Abflusskennwerten beruhen, zeigen Starkregengefahrenkarten die Fließwege (Abflüsse) des Oberflächenabflusses auf der Geländeoberfläche sowie die Senken, in denen sich der Oberflächenabfluss sammelt, auf Basis eines Starkregenszenarios (LAWA 2018b: 39).

Hochwassergefahrenkarten für Flusshochwasser

Die Wasserwirtschaft erstellt Hochwassergefahrenkarten auf Basis der Empfehlungen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA 2018a). Erfasst werden die Überflutungsgebiete für spezifische Hochwasserszenarien, denen Abflusskenngrößen (HQ) zugeordnet werden. Ein Hochwasser mit niedriger Wahrscheinlichkeit beziehungsweise ein Szenario für Extremereignisse (HQ_{extrem}) überflutet den größten Bereich, wobei dieser sehr stark mit der Topographie variiert. Je weiter der Talraum, desto großräumiger stellen sich die Überflutungsbereiche für das HQ_{extrem} dar. Für die Elbe lässt sich dieser Unterschied sehr gut über den Vergleich der Überflutungsszenarien in verschiedenen Flussabschnitten nachvollziehen (Hartz et al. 2017: 28 f.): Während im Elbsandsteingebirge die räumlichen Umgriffe eines Extremereignisses und eines Hochwassers mit hoher Wahrscheinlichkeit nahezu deckungsgleich sind, weichen die Umgriffe im Bereich der norddeutschen Tiefebene oder an der Tideelbe deutlich voneinander ab. Das Hochwasser mit hoher Wahrscheinlichkeit bezieht sich an der Elbe auf ein HQ_{10} oder HQ_{20}. Das Referenzszenario stellt

das Hochwasser mit mittlerer Wahrscheinlichkeit dar (HQ_{100}), das in der Regel als Grundlage zur Festsetzung von Überschwemmungsgebieten dient.

Die Modellierung erfolgt über eine Ermittlung der Abflüsse für das jeweilige Szenario (LAWA 2018a: 17 ff.). Hier kommen je nach Datenlagen unterschiedliche hydraulische Verfahren zum Einsatz. Wichtige Eingangsdaten sind neben der Topographie die Flächennutzung oder hydraulisch relevante Bauwerke. Zur Kalibrierung der Modelle können unter anderem Pegelaufzeichnungen und Informationen zu historischen Ereignissen herangezogen werden. Neben Eintrittswahrscheinlichkeiten und Flächenumgriff sind für die Hochwassergefahrenkarten Angaben zur Wassertiefe und gegebenenfalls auch zur Fließgeschwindigkeit oder zum relevanten Wasserabfluss gefordert (ebd.: 13).

Hochwassergefahrenkarten stehen auf Ebene der Bundesländer zur Verfügung und werden regelmäßig überprüft, bei Bedarf aktualisiert. Bislang liegen Hochwassergefahrenkarten noch nicht für alle Gewässer vor, da sie nur für Überflutungsgebiete mit sogenanntem signifikantem Hochwasserrisiko erstellt werden. Die bundesländerspezifische Definition des „signifikanten Hochwasserrisikos“ und von Extremhochwasser (HQ_{extrem}) sowie die Nutzung unterschiedlicher hydraulischer Modelle kann zu Inkompatibilitäten in den Kartenwerken zwischen den Bundesländern führen (Hartz et al. 2017: 252). Trotzdem liefern gerade die Hochwassergefahrenkarten der Wasserwirtschaft eine differenzierte, weitgehend harmonisierte und valide Einschätzung der Gefährdung für die Raumplanung, für die der Hochwasserschutz zu den zentralen Aufgabenbereichen zählt.

Im Kontext der raumplanerischen Hochwasservorsorge lassen sich die verschiedenen Informationen der Hochwassergefahrenkarten für eine Bewertung der Gefahrenintensität über einen

Abbildung 56: Bewertung der Gefahrenintensität für Flusshochwasser in der Raumordnung
Quelle: BMVI 2017a: 30; grafische Darstellung angepasst

Gefahrenstufe	Kriterien	Vor den Deichen	Hinter den Deichen
gering	Überflutungshöhe	HQ_{extrem} < 0,5 m	HQ_{extrem} < 0,5 m
	Fließgeschwindigkeit	< 0,5 m/s	< 0,5 m/s
	Dynamik	langsam (Mittel)-/Unterlauf; geringe Reliefenergie	
mittel	Überflutungshöhe	HQ_{100} < 0,5 m HQ_{extrem} 0,5 – 2m	HQ_{extrem} 0,5 – 2m
	Fließgeschwindigkeit*	0,5 – 2 m/s	0,5 – 2 m/s
hoch	Überflutungshöhe	$HQ_{häufig}$ < 0,5 m HQ_{100} 0,5 – 2 m HQ_{extrem} > 2 m	HQ_{extrem} > 2 m
	Fließgeschwindigkeit*	> 2 m/s	> 2 m/s
	Dynamik	schnell (Oberlauf; hohe Reliefenergie)	Verbleibendes Restrisiko bei sehr seltenen Ereignissen
sehr hoch	Überflutungshöhe	$HQ_{häufig}$ 0,5 – 2 m HQ_{100} > 2 m	
extrem	Überflutungshöhe	$HQ_{häufig}$ > 2 m	

* In einigen Bundesländern wird anstelle der Fließgeschwindigkeit der „spezifische Abfluss” als Parameter genutzt, als Produkt aus Fließgeschwindigkeit und Wassertiefe. Die Gefahrenintensität ist hoch bei einem spezifischen Abfluss über 2,0 m^2/s, mittel zwischen 2,0 und 0,5 m^2/s, und gering bei Werten unter 0,5 m^2/s.

Matrixansatz systematisieren (BMVI 2017a: 28 ff.; vgl. Abb. 56): Neben den Jährlichkeiten ist die Überflutungshöhe ein wichtiges Kriterium in Bezug auf die Gefahr für Leib und Leben sowie die Begehbarkeit von Flächen, die bereits bei 15 cm Einstautiefe stark eingeschränkt ist. Auch die Fließgeschwindigkeit bestimmt die Gefahrenintensität; hier wird von bis zu 0,5 m/s von einer geringen, bis 2 m/s von einer mittleren und bei mehr als 2 m/s von einer hohen Gefahrenintensität ausgegangen. Zudem wird zwischen den Bereichen vor und hinter den Deichen unterschieden.

Die LAWA verzichtet auf eine Einteilung von Gefahrenstufen, sie setzt jedoch folgende Differenzierung der Wassertiefe-Klassengrenzen: 0 bis 0,5 m, > 0,5 bis 1 m, > 1 bis 2 m, > 2 bis 4 m und > 4 m (LAWA 2018a: 24). Für die (optionale) Darstellung der Fließgeschwindigkeit werden drei Klassen empfohlen: 0,2 bis 0,5 m/s, > 0,5 bis 2 m/s und > 2 m/s (ebd.: 35). Für die empirische Arbeit in Kapitel 11 wird der LAWA-Einteilung gefolgt; die Gefahrenstufen weichen von der Darstellung in Abbildung 56 ab, da zum einen Hochwasser- und Starkregengefährdung zusammen betrachtet und zum anderen jeweils von einem Extremszenario ausgegangen wird.

Starkregengefahrenkarten

Bei Starkregen handelt es sich um große Niederschlagsmengen in einer definierten Zeiteinheit, die meist durch konvektive Niederschläge ausgelöst werden. Starkregenereignisse führen oftmals zu schnell ansteigenden Wasserständen, Überflutungen und teilweise zu Sturzfluten, auch außerhalb der Fließgewässersysteme. Hohe Schadenspotenziale ergeben sich vor allem in urbanen, hochversiegelten Gebieten sowie in stark reliefierten Situationen. In Hanglagen können Sturzfluten mit hohen Fließgeschwindigkeiten entstehen, die zudem Material mittransportieren, das das Gefahrenpotenzial zusätzlich erhöht.

Der DWD warnt in drei Stufen: Starkregen, heftiger Starkregen und extrem heftiger Starkregen (vgl. Tab. 13). Im Rahmen des Forschungsprojekts „KlamEx“ – „Klassifikation meteorologischer Extremereignisse zur Risikovorsorge gegenüber Starkregen für den Bevölkerungsschutz und die Stadtentwicklung“ – wurde zur Definition von Starkregen neben Niederschlagsintensität und Dauer noch die Ausdehnung hinzugezogen (BBK 2022: 18). Die Starkregengefährdung ist ubiquitär, das heißt, Starkregen können überall auftreten (LAWA 2018b: 9). Eine Auswertung der Starkregenereignisse des DWD seit 2001 ergab, dass sich bei Ereignissen der Warnstufe 2 die Orographie noch deutlich abzeichnet und demnach alpine und Mittelgebirgslagen in Bezug auf die Häufigkeit hervortreten (ebd.: 16). In Warnstufe 4 sind jedoch keine räumlichen Muster mehr erkennbar (ebd.). Starkregenereignisse sind kaum vorhersagbar, weshalb Vorhersagen nur bedingt und mit geringer Vorwarnzeit möglich sind (BBK 2022: 18).

Die Modellierung der Starkregengefährdung ist nicht auf ein bestimmtes Gebiet in Auenlage beschränkt, wie es bei den Hochwassergefahrenkarten der Fall ist, sondern kann sich auf den gesamten Siedlungsbereich beziehen. Ein weiterer Unterschied zu Hochwassergefahrenkarten ergibt

Warnereignis und Warnstufe	Schwellenwerte
Starkregen (Warnstufe 2)	15 l/m² bis 25 l/m² in 1 Stunde 20 l/m² bis 35 l/m² in 6 Stunden
Heftiger Starkregen (Warnstufe 3)	25 l/m² bis 40 l/m² in 1 Stunde 35 l/m² bis 60 l/m² in 6 Stunden
Extrem heftiger Starkregen (Warnstufe 4)	> 40 l/m² in 1 Stunde > 60 l/m² in 6 Stunden

Tabelle 13: Warnstufen zu Starkregen des DWD
Quelle: eigene Darstellung nach DWD 2023i

sich aus der Prognoseunsicherheit in Bezug auf die Eintrittswahrscheinlichkeiten von Starkregenereignissen und das Einzugsgebiet, wodurch für konkrete Flächen keine Jährlichkeiten bestimmt werden können (LAWA 2018b: 26 f.). Jährlichkeiten beziehen sich daher nur auf die Menge des gefallenen Niederschlags, jedoch nicht auf den Abfluss im Gebiet. Es gibt unterschiedliche Formen der Gefährdungsanalysen, die sich hinsichtlich des Aufwands stark unterscheiden: Bei der vereinfachten Gefährdungsabschätzung werden lediglich vorhandene Daten zu dokumentierten Ereignissen oder Einsätzen sowie zur Geländebeschaffenheit auf Basis des lokalen Wissens interpretiert (LUBW 2016: 22). Im Rahmen der GIS-basierten topographischen Gefährdungsanalyse erfolgt eine Auswertung topographischer Informationen und von Geländemodellen. Die Ergebnisse der topographischen Gefährdungsanalyse bilden zwar die hydraulischen Prozesse nicht ab, können jedoch eine zuverlässige erste Einschätzung von Gefährdungsbereichen liefern (Scheid 2018: 210). Die hydraulische Gefährdungsanalyse basiert auf einer Simulation der Abflusswege und Überflutungsbereiche und ermöglicht eine detaillierte Darstellung der Oberflächenabflüsse für unterschiedliche Szenarien (LUBW 2016: 22). Für die hydraulische Gefährdungsanalyse kommen unterschiedliche Modelle und Verfahren zum Einsatz, die entsprechend in Aussagekraft und Genauigkeit variieren (ebd.: 22 f.).

Im Ergebnis liegen lokale Starkregengefahrenkarten vor, die für definierte Szenarien Informationen zum Umgriff der Überflutungen, zu Überflutungstiefen und gegebenenfalls zu Fließgeschwindigkeiten enthalten, so dass auch Abflusswege sichtbar werden (LAWA 2018b: 38).

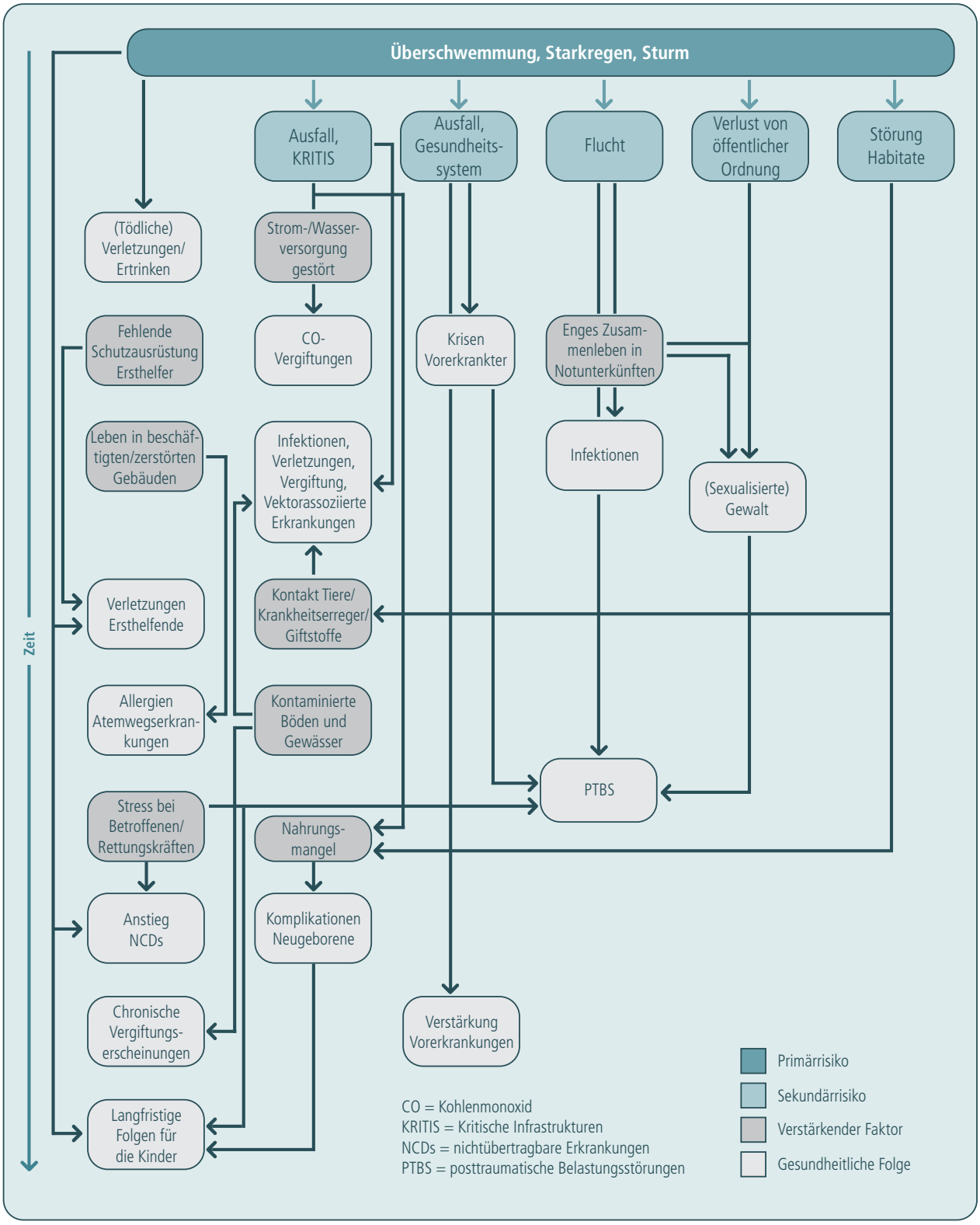
10.4.4 Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit

Flutkatastrophen sind komplexe Ereignisse mit oftmals kaskadierenden Effekten, die auf die menschliche Gesundheit unmittelbar und vielfach mittelbar einwirken können. Die Folgen können direkt, aber auch erst nach Tagen, Wochen oder Monaten sichtbar werden (WHO 2017: 1). Diese komplexen Zusammenhänge erlauben keine vollständige Erfassung der gesundheitlichen Folgen (Butsch et al. 2023: 38). Abbildung 57 zeigt in der Übersicht das (mögliche) Zusammenwirken unterschiedlicher Faktoren bei Überschwemmungen und Starkregen mit Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit.

Zu den direkten Auswirkungen von Überflutungen zählen Todesfälle durch Ertrinken oder tödliche Verletzungen beispielweise durch vom Wasser mittransportiertes Material. Zu Verletzungen oder Gesundheitsfolgen kann es zudem aufgrund einstürzender Bauten sowie technischer Defekte kommen, beispielsweise durch Stromschläge, Brände oder Gasaustritte (Butsch et al. 2023: 41 f.). Zwei Drittel der Todesfälle bei Flutkatastrophen werden auf Ertrinken zurückgeführt (WHO 2017: 3).

Die Gefährdung korreliert dabei mit der Überstautiefe und der Fließgeschwindigkeit. Weitere die Gefahrenintensität bestimmende Faktoren sind die Schnelligkeit des Wasseranstiegs, das mitgeführte Material oder die Vorwarnzeit (Smith 2015: 6, 8). SMITH führt dabei einen sinnhaften Vergleich an: Im olympischen Finale über 100 m Freistil erreichen Schwimmer etwa 7,2 km/h (2 m/s), woraus folgt, dass ein durchschnittlicher Mensch, der bei dieser Fließgeschwindigkeit in 1 m oder 2 m tiefes Wasser fällt, große Schwierigkeiten hätte, sich zu retten (ebd.: 8). Die Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) klassifiziert die potenziellen Gefahren für Leib und Leben sowie Infrastruktur und Objekte bei unterschiedlichen Überflutungstiefen und unterschiedlichen Fließgeschwindigkeiten (LUBW 2016: 28; vgl. Tab. 14): Bereits bei sehr geringen Wassertiefen von 5 cm bis 10 cm können für eingeschlossene Personen lebensbedrohliche Situationen entstehen. Für Kinder besteht die Gefahr des Ertrinkens in Gewässertiefen unter 50 cm und für Erwachsene bei über 1 m. Fließgeschwindigkeiten werden gleichfalls schnell

Abbildung 57: Risikokaskaden, die durch Überschwemmungen, Starkregen und Stürme ausgelöst werden können
Quelle: Butsch et al. 2023: 43; grafische Darstellung angepasst



Hinweis: Die Pfeile kennzeichnen mögliche kausale Zusammenhänge zwischen Risiken, verstärkenden Faktoren und gesundheitlichen Folgen.

zum Problem: Zwischen 0,2 m/s bis 0,5 m/s sind für ältere, bewegungseingeschränkte Bürgerinnen und Bürger sowie für Kinder gefährlich. Liegt die Fließgeschwindigkeit über 0,5 m/s, bedeutet das Durchqueren von Abflusswegen bereits eine große Gefahr für Leib und Leben (LUBW 2016: 29). Dementsprechend wird eine Darstellung von Gefährdungsstufen in den Starkregenkarten empfohlen (ebd.: 27).

Zu den mittelbaren und oftmals kaskadierenden Effekten gehören unter anderem die Funktionseinschränkung oder gar der Ausfall von Einrichtungen der Daseinsvorsorge wie auch die Unterbrechung wichtiger Infrastrukturnetze. So mussten nach der Hochwasserkatastrophe im Ahrtal Einrichtungen des Gesundheitswesens evakuiert und teils langfristig geschlossen werden (SRU

Tabelle 14: Potenzielle Gefahren für Leib und Leben sowie Infrastruktur und Objekte bei unterschiedlichen Überflutungstiefen und unterschiedlichen Fließgeschwindigkeiten
Quelle: LUBW 2016: 28; grafische Darstellung angepasst, geringfügig angepasst

	Potenzielle Gefahren für Leib und Leben	Potenzielle Gefahren für Infrastruktur und Objekte
Überflutungstiefe		
5 – 10 cm	• volllaufende Keller können das Öffnen von Kellertüren gegen den Wasserdruck verhindern • eingeschlossenen Personen droht das Ertrinken	• Überflutung und Wassereintritt durch ebenerdige Kellerfenster oder ebenerdige Lichtschächte von Kellerfenstern • Wassereintritt in tieferliegende Gebäudeteile, z. B. (Tief-)Garageneinfahrten • Wassereintritt durch ebenerdige Türen mit möglicher Schädigung von Inventar
10 – 50 cm	• s. o. (5 – 10 cm) • für (Klein-)Kinder besteht die Gefahr des Ertrinkens bereits bei niedrigen Überflutungstiefen	• Wassereintritt auch durch höher gelegene Kellerfenster möglich
50 – 100 cm	• s. o. (10 – 50 cm)	• Wassereintritt auch bei erhöhten Eingängen möglich
100 cm	• Gefahr für Leib und Leben bei statischem Versagen und Bruch von Wänden • Gefahr des Ertrinkens für Kinder und Erwachsene	• mögliches Versagen von Bauwerksteilen
Fließgeschwindigkeit		
0,2 – 0,5 m/s	• Gefahr für ältere, bewegungseingeschränkte Menschen oder Kinder beim Queren des Abflusses	• Versagen von Türdichtungen durch erhöhten Druck
0,5 – 2 m/s	• Gefahr für Leib und Leben beim Versuch, sich durch den Abflussstrom zu bewegen	• möglicher Bruch von Wänden durch Kombination hoher statischer und dynamischer Druckkräfte
2 m/s	• Gefahr für Leib und Leben bei Versagen von Bauwerksteilen • Gefahr durch mitgeführte größere Feststoffe (z. B. Container, Auto, Baumstamm etc.) • Versagen von Bauelementen infolge von Unterspülung	• mögliches Versagen von Bauwerksteilen durch hohe dynamische Druckkräfte • mögliches Versagen von Bauwerksteilen durch mitgeführte Feststoffe • Beschädigung der Bausubstanz durch Unterspülung

2023: 78). Mittelbare Folgen für die menschliche Gesundheit können aus einer mangelnden Versorgung mit Trinkwasser, Lebensmitteln oder Medikamenten resultieren, aber auch aus dem Freisetzen von Schadstoffen oder sich ausbreitenden Infektionen. Bislang wurden die vielfältigen potenziellen mittelbaren Auswirkungen jedoch nicht systematisch erfasst (Buchin et al. 2016: 42). Gut belegt sind die teils langfristigen psychischen Folgen bis hin zu einer Erhöhung der Suizidrate nach einer Flutkatastrophe, die in Zusammenhang mit den (materiellen) Verlusten der Betroffenen und der oftmals langwierigen Kompensations- und Wiederaufbauphase stehen (ebd.: 44).

10.4.5 Gegenüber Überflutungen vulnerable Gruppen

Das BBK erarbeitete 2013 in Kooperation mit der United Nations University (UNU-EHS) einen Leitfaden zur „Abschätzung der Verwundbarkeit gegenüber Hochwasserereignissen auf kommunaler Ebene“ (BBK 2013). Die Verwundbarkeit der Bevölkerung gegenüber Hochwasserereignissen wird über ein Set an Indikatoren auf Basis unterschiedlicher Datengrundlagen, unter anderem einer Haushaltsbefragung, abgebildet (vgl. Kap. 6.4 und Abb. 18). Vergleichbar zu Hitzestress wird auch die grundsätzliche Verwundbarkeit aller Menschen in den Blick genommen und über die innerhalb einer Raumeinheit exponierten Haushalte beziehungsweise Personen beschrieben (ebd.: 58). Gleichwohl gilt, dass die Fähigkeit, den unmittelbaren Kontakt mit dem Hochwasser und dem Abflussgeschehen zu überleben beziehungsweise unverletzt zu bewältigen, zwischen Personen und Bevölkerungsgruppen erheblich variieren kann (Defra 2006: 114). Dies gilt ebenso für die Wahrscheinlichkeit, Warnungen zu erhalten, diese richtig zu deuten, beziehungsweise angemessen mit Warnungen und der Gefahrensituation umzugehen (ebd.).

Ein Schlüsselfaktor ist die Evakuierungsfähigkeit von Personen, also welche und wie viele Personen bei Eintritt eines Hochwasserereignisses besonderer Hilfe bedürfen, da sie sich nicht selbstständig in Sicherheit bringen können (BBK 2013: 60). Hierzu zählen in erster Linie Menschen mit schweren körperlichen Behinderungen oder schweren kognitiven Einschränkungen, ebenso bettlägerige Personen in Privathaushalten oder Pflegeeinrichtungen (vgl. Defra 2006: 115 f.). Bei einer Betrachtung von Einpersonenhaushalten in Köln und Dresden zeichnete sich ein deutlicher Zusammenhang zwischen der Evakuierungsfähigkeit und einem höheren Alter der Personen ab (BBK 2011: 151). Eine eingeschränkte Evakuierungsfähigkeit wird auch bei Alleinerziehenden gesehen, vor allem, wenn diese mehrere und kleinere Kinder betreuen (Defra 2006: 117).

Bei Flutkatastrophen geht es unmittelbar um Leib und Leben, insofern müssen die spezifischen Gefährdungssituationen im Bereich des Abflussgeschehens in den Blick genommen werden. Wie in Kapitel 10.4.4 ausgeführt, besteht eine erhöhte Gefahr des Ertrinkens insbesondere für Kinder und ältere Menschen. Hier sind sicherlich auch mobilitätseingeschränkte Menschen und Schwangere zu nennen. Die besondere Gefährdung von Menschen über 60 Jahren bestätigt auch das DKKV: Im Kreis Ahrweiler starben 134 Menschen, davon waren 106 Personen über 60 Jahre alt (DKKV 2022: 25). Teilweise wird die Altersgrenze deutlich höher angesetzt, da epidemiologische Untersuchungen nahelegen, dass ab einem Alter von 75 Jahren die Häufigkeit und Schwere vorbestehender Gesundheitsprobleme, welche die Mobilität einschränken, deutlich zunehmen (Defra 2006: 114).

BUCHIN et al. identifizieren als gegenüber Extremereignissen wie Überflutungen besonders vulnerable Gruppen zudem Menschen mit geringem sozioökonomischem Status, da diese einerseits häufiger exponiert sind und andererseits oftmals über geringere Bewältigungskapazitäten verfügen (Buchin et al. 2016: 50). Die Selbstschutzorientierung korreliert negativ mit sozioökonomischer Benachteiligung (Lorenz 2010: 40). Untersuchungen legen nahe, dass die vielfältigen alltäglichen Sorgen sozioökonomisch benachteiligter Gruppen seltene Bedrohungslagen wie etwa eine Flutkatastrophe überschatten (Defra 2006: 116).

Die Flutkatastrophe im Ahrtal zeigt zudem, dass nur wenige Hauseigentümerinnen und -eigentümer über eine Elementarversicherung verfügten (Schäfer et al. 2021: 2), damit die Bewältigungskapazität stark eingeschränkt ist. Hier kommen verschiedene Ursachen infrage, zum Beispiel die vergleichsweise hohen Kosten der Versicherung oder die mangelnde Information zur Bedrohungslage. Vorläufige Auswertungen einer Haushaltsbefragung im Landkreis Ahrweiler im Rahmen des KAHR-Projektes ergaben, „dass über 70 % der befragten Haushalte vor dem Ereignis nicht wussten, dass das Haus, in dem sie wohnen, in einem hochwasserexponierten Bereich liegt" (KAHR 2022). Für die spezifische Gefährdung älterer Menschen wird zudem die schwierigere Erreichbarkeit dieser Altersgruppe über Warn-Apps oder soziale Medien angeführt (DKKV 2022: 8). Dies gilt gleichermaßen für Menschen mit Sprachbarrieren, die im Falle der Katastrophe keinen Zugang zu muttersprachlichen Informationen haben (Defra 2006: 117). Hinzu kommen Menschen, die mit den lokalen oder regionalen Bedrohungslagen nicht vertraut sind; dazu zählen ganz unterschiedliche Gruppen wie beispielsweise Geflüchtete oder auch Touristinnen und Touristen (ebd.).

Anders sieht es aus, wenn Menschen diese Gefahrenlage bereits erlebt haben: Erfahrungen mit vergangenen Hochwasserereignissen wurden vonseiten des BBK als relevanter Parameter eingeschätzt, da diese Menschen potenziell über Wissen zum richtigen Verhalten im Hochwasserfall verfügen (BBK 2013: 69). Im Umkehrschluss kann mangelndes Erfahrungswissen somit ein Risikofaktor sein: „Empirische Forschungen konnten zeigen, dass Maßnahmen zur Information über mögliche Gefahren dann am erfolgreichsten sind, wenn sie an aktuelle Ereignisse anknüpfen" (Lorenz 2010: 39). Demgegenüber zeigen Untersuchungen, dass „das eigene Erleben ***singulärer*** katastrophaler Ereignisse oft nicht zu einer Erhöhung der Vorsorgebereitschaft beiträgt" (ebd.: 37).

Tabelle 15 fasst die Faktoren, die zu größeren Risiken bei Überflutungen führen (können), im Überblick zusammen; sie dient als Grundlage für die empirischen Arbeiten in Kapitel 11.

Tabelle 15: Faktoren, die bei Überflutungen zu einem größeren Risiko führen
Quelle: eigene Darstellung nach Defra 2006: 114 ff.; BBK 2013: 58 ff.;
LUBW 2016: 28; Buchin et al. 2016: 50

Faktor	Einzelne Risikofaktoren
Keine selbstständige Evakuierungsfähigkeit	• schwere körperliche Behinderungen • schwere kognitive Einschränkungen • Bettlägerigkeit im Privathaushalt • Unterbringung in Pflegeeinrichtungen
Eingeschränkte Evakuierungsfähigkeit	• Mobilitätseinschränkung • Alleinerziehende mit mehreren und kleineren Kindern
Erhöhte Gefahr des Ertrinkens im Bereich des Abflussgeschehens	• höheres Alter, vor allem über 65 bzw. 80 Jahre • Säuglinge und Kleinkinder • Mobilitätseinschränkung
Eingeschränkte Information zur Bedrohungslage	• höheres Alter, vor allem über 65 bzw. 80 Jahre • Migrationshintergrund (Sprachbarrieren) • sozioökonomische Benachteiligung • mangelnde Erfahrung im Umgang mit Flutkatastrophen
Mangelnde Vertrautheit mit der Bedrohungslage	• Geflüchtete und Neuankömmlinge • Touristinnen und Touristen
Einsatz im Krisenfall	• Einsatzkräfte
Benachteiligende Lebenslage	• soziale Isolation, insbesondere im hohen Alter • Obdachlosigkeit • sozioökonomische Benachteiligung

11. Empirische Erprobung am Beispiel von Saarbrücken

Die empirische Erprobung des Vulnerabilitätskonzepts (vgl. Kap. 7) und des Operationalisierungsansatzes (vgl. Kap. 10) bezieht sich auf die beiden Gefahrenarten Hitzestress und Überflutungen. In Bezug auf Hitzestress wird sowohl die thermische Belastung im Innenraum als auch im Außenraum betrachtet. Beim Thema Überflutungen wird die Hochwasser- und die Starkregengefährdung untersucht.

Die empirischen Arbeiten bauen auf den Erfahrungen der Autorin in verschiedenen Forschungsprojekten zur räumlichen Risikovorsorge und zu Vulnerabilitätsanalysen in der Raumplanung sowie auf den Grundlagen konkreter planerischer Arbeiten in unterschiedlichen Städten auf, unter anderem in der Landeshauptstadt Saarbrücken (LHS). Saarbrücken eignet sich in besonderem Maße als Erprobungsraum, da im Zuge aktueller Planungen für Vulnerabilitätskonzepte relevante Datengrundlagen erstellt worden sind. Die Aktivitäten der Autorin beziehen sich in erster Linie auf das gesamtstädtische Freiraumentwicklungsprogramm (FEP). Das FEP wurde 2008 erstmals aufgestellt (LHS 2008) und 2012 im Rahmen des ExWoSt-Vorhabens des ExWoSt-Forschungsprogramms „Urbane Strategien zum Klimawandel – Kommunale Strategien und Potenziale“ auf Basis einer Stadtklimaanalyse umfassend aktualisiert (Hartz et al. 2012). Derzeit befindet sich das FEP wiederum in der Fortschreibung (Hartz et al. 2023a). Diese kommt jedoch einer Neuaufstellung gleich, da sich sowohl die Ansätze in der Freiraumplanung weiterentwickelt haben als auch neue Datengrundlagen generiert werden konnten, die maßgeblich zur Qualifizierung der planerischen Aussagen beitragen. Diese Datengrundlagen wurden als externe Fachdaten eingespeist oder aber spezifisch für das FEP beziehungsweise im assoziierten Forschungsvorhaben „Green Urban Labs II – grüne Infrastruktur in der sich verdichtenden Stadt“ erstellt, so zum Beispiel eine stadtweite Berechnung der PET-Werte oder die Modellierung der thermischen Innenraumbelastung.

Die empirischen Arbeiten stützen sich demnach auf externe Fachgutachten zum Stadtklima und zur thermischen Innenraumbelastung generischer Gebäudetypen sowie auf die Hochwassergefahrenkarten und die Starkregenmodellierung der LHS. Darüber hinaus standen die Siedlungsstrukturtypen- und die Baualtersklassenkartierung des FEP zur Verfügung[5]. Die Grundlagen wurden zur Darstellung der Gefahrensituation verwendet, wobei die stadtweite Modellierung der thermischen Innenraumbelastung als Weiterentwicklung des Reutlinger Ansatzes im Rahmen dieser Arbeit erfolgte. Im Zentrum der eigenen empirischen Arbeit stehen die Ausarbeitung des Vulnerabilitätsprofils sowie die Modellierung der städtischen Risikoprofile[6]. Die Erläuterung der verwendeten Grundlagen sowie des methodischen Vorgehens erfolgt in den jeweiligen Kapiteln; die Datengrundlagen werden im Anhang (Datengrundlagen) zu dieser Arbeit nochmals zusammenfassend beschrieben.

Nachfolgend wird der Untersuchungsraum kurz charakterisiert (Kap. 11.1). Anschließend wird der analytische Operationalisierungsansatz des Vulnerabilitätskonzepts auf Basis vorliegender Datensätze erprobt (Kap. 11.2 bis 11.4).

---

[5] An dieser Stelle gebührt der Landeshauptstadt Saarbrücken ein großer Dank für die Möglichkeit, die im Rahmen der konkreten Projektarbeit zum Freiraumentwicklungskonzept verwendeten und generierten Datensätze als Grundlage für die vorliegende Arbeit nutzen und weiterentwickeln zu können.

[6] Ein besonderer Dank gilt zugleich Beate Manderla (agl) und Adrian Joswowitz-Niemierski (agl) für die Unterstützung bei der technischen GIS-Umsetzung für die in Kapitel 11 erstellten Karten.

11.1 Beschreibung des Untersuchungsraums

11.1.1 Die Landeshauptstadt Saarbrücken

Saarbrücken grenzt als Landeshauptstadt des Saarlandes unmittelbar an die französische Region Grand Est. Die Stadt ist Teil des Eurodistrikts SaarMoselle, der als Europäischer Verbund für territoriale Zusammenarbeit verfasst ist und eine Plattform für die grenzüberschreitende Zusammenarbeit der Gebietskörperschaften bietet (Eurodistrict SaarMoselle 2023). Der Eurodistrict wiederum liegt inmitten der Großregion, die sich aus dem Staat Luxemburg sowie Teilregionen Deutschlands, Frankreichs und Belgiens zusammensetzt (Die Großregion 2023; vgl. Abb. 58). Die Großregion gilt als Grenzregion mit der höchsten grenzüberschreitenden Mobilität von Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmern innerhalb der Europäischen Union (ebd.).

Die Landeshauptstadt Saarbrücken ist seit der Kommunalreform im Jahr 1974 Mitglied im Regionalverband Saarbrücken und damit nicht (mehr) kreisfrei (Regionalverband Saarbrücken 2023a). Der Regionalverband übernimmt für die zehn angehörigen Städte und Gemeinden wesentliche Aufgaben, vor allem im Bereich der Jugend-, Gesundheits- und Sozialpolitik, aber auch in der Flächennutzungs- und Landschaftsplanung (Regionalverband Saarbrücken 2023b).

Als Oberzentrum erfüllt Saarbrücken im Saarland, im Regionalverband und in der Agglomeration SaarMoselle eine wichtige Rolle als Arbeitsort und hinsichtlich der Daseinsvorsorge (Ministerium für Umwelt des Saarlandes 2006: 16). Dies belegen unter anderem die vergleichsweise hohen Zahlen von Einpendlerinnen und Einpendlern nach Saarbrücken: Knapp über 72.000 Personen pendeln berufsbezogen ein, davon nahezu 6.100 aus Frankreich (Saarbrücken 2023). Dem stehen knapp über 24.000 Personen gegenüber, die berufsbezogen auspendeln (ebd.).

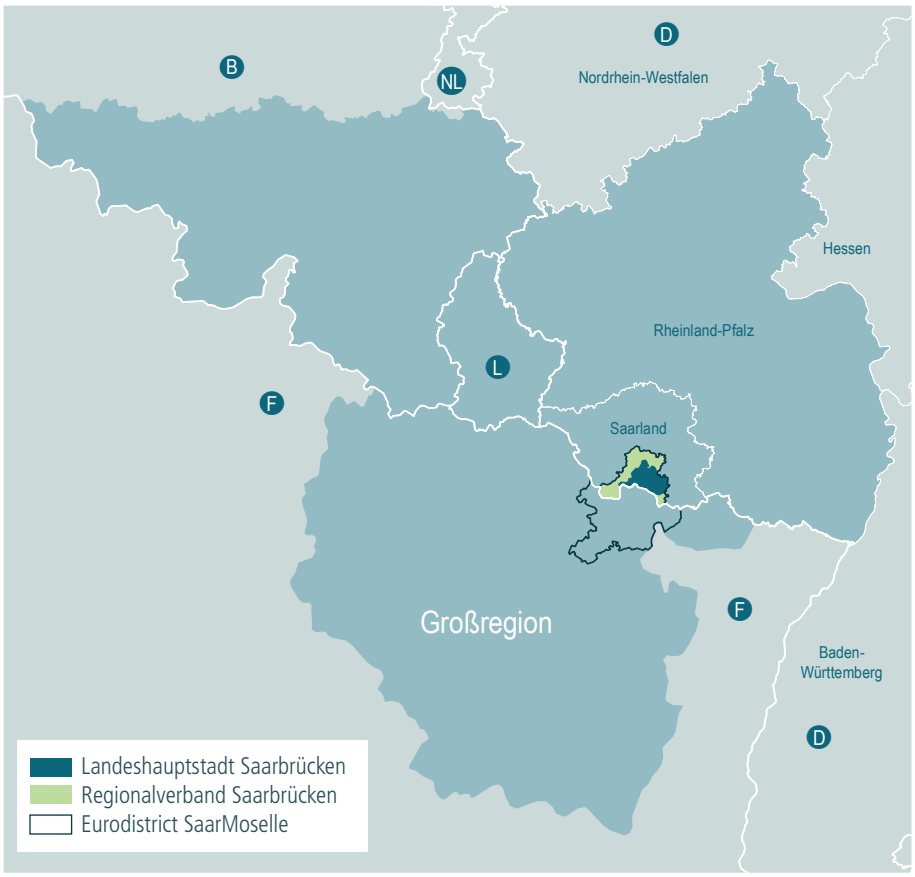


Abbildung 58: Lage der Landeshauptstadt und des Regionalverbands Saarbrücken sowie des Eurodistricts SaarMoselle in der Großregion
Quelle: eigene Darstellung (Datenbasis: Geoportal der Großregion 2023; LHS 2019)

Saarbrücken befindet sich wie andere Städte im Saarland in einem tiefgreifenden wirtschaftlichen Strukturwandel, der die Entwicklung „der ehemaligen Montanstadt hin zu einem Dienstleistungsstandort“ umfasst (LHS 2009: 8). Der Strukturwandel macht sich nicht nur in der wirtschaftlichen Prosperität, sondern in erheblichem Umfang auch in den Bevölkerungsdaten bemerkbar: Zwischen 1970 und 2007 hat Saarbrücken fast 16 % seiner Stadtbevölkerung verloren (ebd.: 9). Mit der Energie- und der Mobilitätswende gehen weitere Transformationsprozesse der Wirtschaftsstruktur einher, welche die Stahl- und Automobilindustrie sowie ihre Zulieferbetriebe als gewerblich-industriellen Kern im Saarland betreffen.

11.1.2 Demographische und sozioökonomische Faktoren im Überblick

Die statistischen Informationen der LHS geben Aufschluss über die Bevölkerungsentwicklung und -zusammensetzung (LHS 2023: 6 ff.): Die Bevölkerung sank Anfang der 1980er-Jahre unter 200.000 Einwohnerinnen und Einwohner (EW) und liegt derzeit bei rund 185.000 EW. Zwischen 2007 und 2014 fielen die Zahlen unter 180.000 EW; seit 2015 nehmen sie leicht zu, was unter anderem auf den Zuzug Geflüchteter vor allem aus Syrien und aktuell aus der Ukraine zurückzuführen ist. Die Prognosen der Bertelsmann Stiftung weisen einen leichten Rückgang der Bevölkerungszahlen um 0,6 % bis 2040 aus (Wegweiser Kommune 2023a).

Die heutige Altersstruktur in Saarbrücken zeigt im Vergleich zum Jahr 1991 den eindeutigen Trend einer Verschiebung hin zu den höheren Altersgruppen und damit einem höheren Altersquotienten, der das Verhältnis von Personen im Rentenalter zu 100 Personen im erwerbsfähigen Alter beschreibt (LHS 2023: 18). Die LHS vollzieht damit den allgemeinen Bundestrend nach (vgl. Kap. 10.1.3), was sich auch für die Zukunft (Prognose 2040) in vergleichbarer Weise darstellt (Wegweiser Kommune 2023b; vgl. Abb. 59).

Der Ausländeranteil erhöhte sich mit dem verstärkten Zuzug Geflüchteter auf knapp 44.450 Personen und somit 24 % (Stand Mai 2023) (Saarbrücken 2023). Die Zuwanderung bedingt unter anderem einen leichten Anstieg des Anteils von Kindern und Jugendlichen; dieser lag 2022 bei 15,1 % im Vergleich zu 14,2 % im Jahr 2013 (LHS 2023: 6). Im gleichen Zeitraum sank das Durchschnittsalter von 43,8 Jahren (2013) auf 43,6 Jahre (2022) (ebd.). Darüber hinaus nehmen die Haushalte Alleinerziehender und Einpersonenhaushalte weiter zu (LHS 2023: 6): Die Haushalte Alleinerziehender erreichen 2022 einen Anteil von 5 %; der Anteil der Einpersonenhaushalte beträgt sogar fast 58 %. Letzterer lag 2013 noch bei 55,2 %. Saarbrücken liegt mit diesem Anteil deutlich über dem bundesweiten Durchschnitt mit 40,8 % (Destatis 2023f). Die Zahl der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten am Arbeitsort stieg seit 1987 mit einigen Schwankungen bis auf knapp über 113.00 Personen im Jahr 2021 an (LHS 2022: 3). Die insgesamt positive Entwicklung auf dem Arbeitsmarkt führt auch zu einem Rückgang der Arbeitslosenzahlen. Die Corona-Jahre haben hier jedoch ihre Spuren hinterlassen; eine vollständige Erholung des Arbeitsmarkts ist bislang noch nicht erfolgt (ebd.). Der Anteil der Regelleistungsberechtigten (SGB II) steigt seit den Jahren 2012 bis 2014 deutlich an und erreicht mittlerweile wieder fast das Niveau von 2008, mit Ausnahme des Anteils regelleistungsberechtigter Kinder (vgl. Abb. 60).

Die Karten in Abbildung 61 und 62 geben die Bevölkerungsverteilung sowie die Bevölkerungszusammensetzung auf Basis ausgewählter Parameter für die einzelnen Stadtteile wieder (Klasseneinteilung über Mittelwertbildung und Standardabweichungen). Wie in allen Städten verteilt sich die Anzahl der Arbeitslosen und Leistungsberechtigten nach SGB II ungleich im Stadtgebiet (vgl. Abb. 62). Hier stechen besonders Teile von Burbach (Hochstraße, Füllengarten) und Malstatt mit den höchsten Anteilen an Arbeitslosen sowie Regelleistungsberechtigten nach SGB II hervor. Dort finden sich auch die höchsten Anteile von Nichtdeutschen, Alleinerziehenden und Kindern

unter 6 Jahren. Demgegenüber sind die über 75-Jährigen am stärksten am Eschberg und am Rotenbühl vertreten. Im Nauwieserviertel gibt es die meisten Einpersonenhaushalte, allerdings weisen noch einige weitere Distrikte hohe Zahlen von Einpersonenhaushalten auf.

Die Studie von HELBIG und JÄHNEN bescheinigt Saarbrücken einen im bundesweiten Vergleich auffallend hohen sozialen Segregationsindex (Helbig/Jähnen 2018: 30). Dies gilt vor allem für arme Kinder: Saarbrücken gehört zu jenen Städten, wo „soziale Brennpunkte entstanden, in denen die Mehrheit der Kinder arm ist" (ebd.: 57). Der Bericht zu sozialräumlichen Ungleichheiten für Kinder bestätigt diesen Befund: „Saarbrücken weist von allen westdeutschen Städten einen der höchsten Werte für die soziale Segregation auf" (Heinrich-Böll-Stiftung et al. 2021: 2). Die Stadtteile mit den höchsten Anteilen an armen Kindern liegen im Westen und Süden Saarbrückens; es handelt sich vor allem um Wohnquartiere in Burbach und Alt-Saarbrücken (ebd.).

Abbildung 59: Altersstruktur der Bevölkerung in Saarbrücken (2021 und Prognose für 2040)
Quelle: eigene Darstellung (Datenbasis: Wegweiser Kommune 2023b)

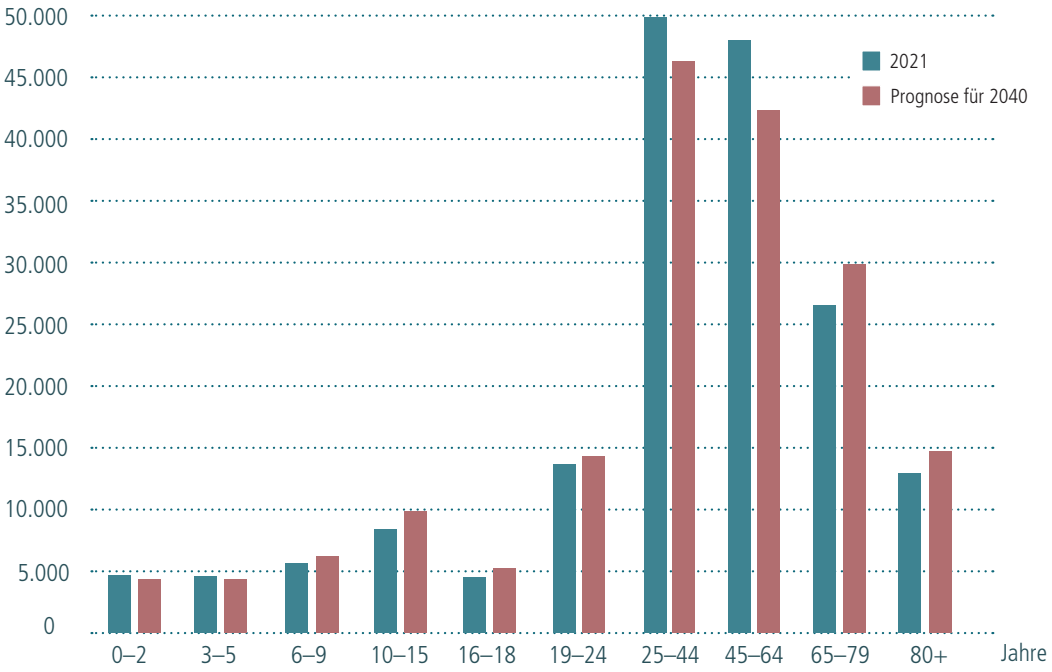


Abbildung 60: SGB II – Entwicklung der Anzahl Regelleistungsberechtigter zwischen 2008 und 2021 (Index 2008 = 100)
Quelle: LHS 2022: 22; grafische Darstellung angepasst

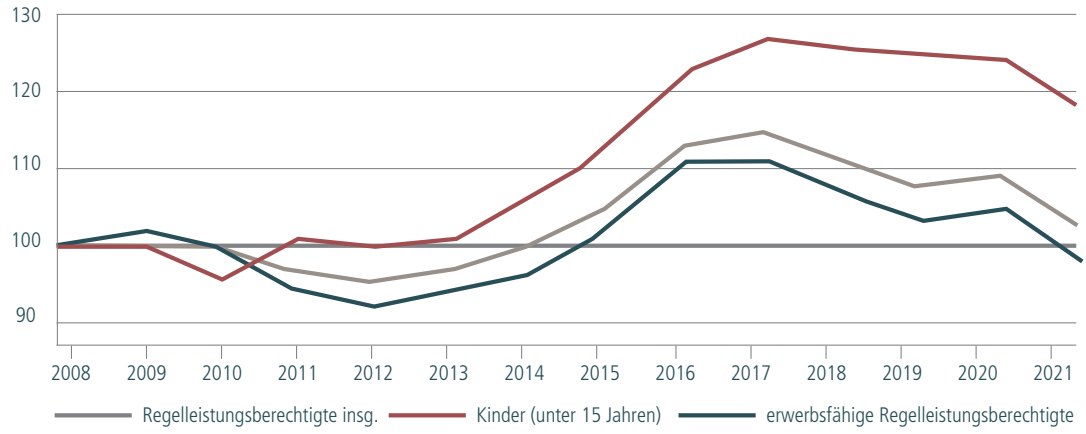
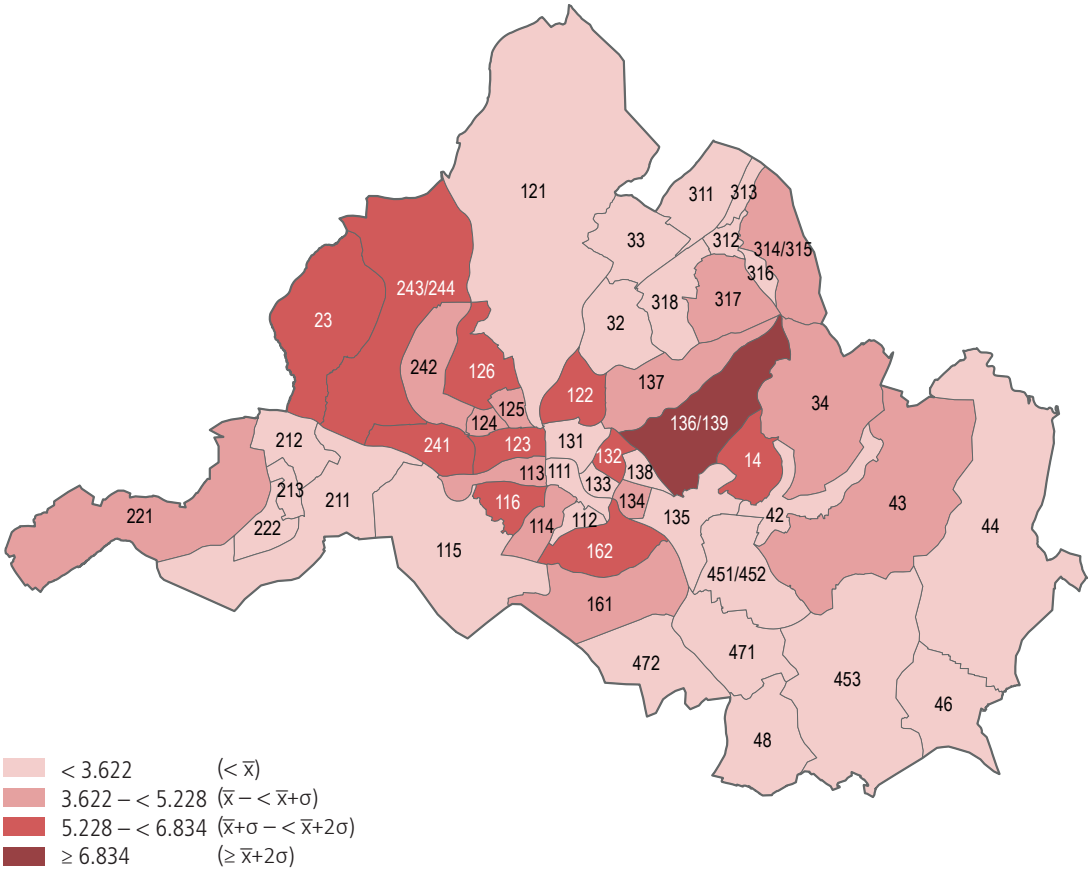


Abbildung 61: Bevölkerungsverteilung in den Distrikten/Stadtteilen Saarbrückens
Quelle: eigene Darstellung (Datenbasis: LHS 2023; Stand 12/2022)

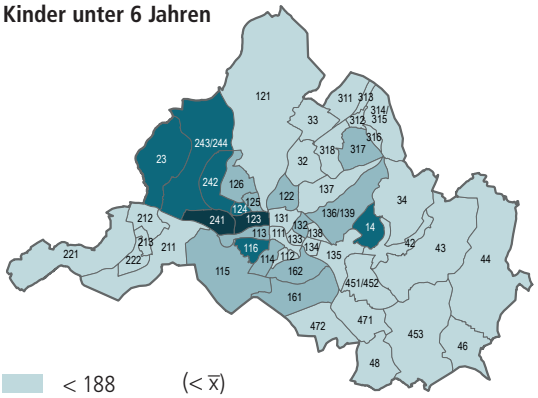


Distrikt/STADTTEIL

111	Schlossplatz	136/139	Rotenbühl/Universität	313	Flitsch
112	Reppersberg	137	Am Homburg	314/315	Kitten/Pfaffenkopf
113	Malstatter Straße	138	Bruchwiese	316	Geisenkopf
114	Triller	14	ESCHBERG	317	Dudweiler-Süd
115	Glockenwald	161	Wackenberg	318	Wilhelmshöhe-Fröhn
116	Bellevue	162	Winterberg	32	JÄGERSFREUDE
121	Rußhütte	211	Gersweiler-Mitte	33	HERRENSOHR
122	Rodenhof	212	Ottenhausen	34	SCHEIDT
123	Unteres Malstatt	213	Neu-Aschbach	42	SCHAFBRÜCKE
124	Leipziger Straße	221	Klarenthal	43	BISCHMISHEIM
125	Jenneweg	222	Krughütte	44	ENSHEIM
126	Rastpfuhl	23	ALTENKESSEL	451/452	Brebach/Neufechingen
131	Hauptbahnhof	241	Hochstraße	453	Fechingen
132	Nauwieser Viertel	242	Ottstraße	46	ESCHRINGEN
133	St. Johanner Markt	243/244	Füllengarten/Von-der-Heydt	471	Alt-Güdingen
134	Am Staden	311	Dudweiler-Nord	472	Schönbach
135	Kaninchenberg	312	Dudweiler-Mitte	48	BÜBINGEN

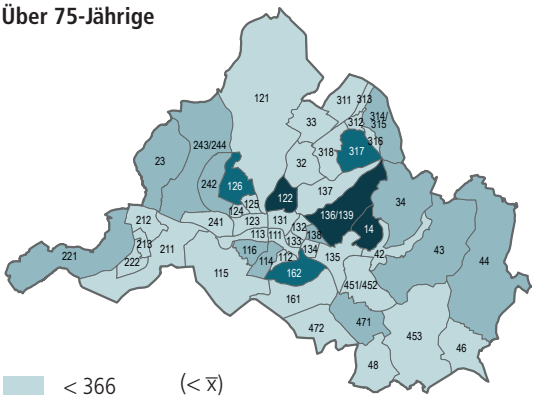
Abbildung 62: Bevölkerungszusammensetzung auf Basis ausgewählter demographischer und sozioökonomischer Parameter für die Distrikte/Stadtteile Saarbrückens
Quelle: eigene Darstellung (Datenbasis: LHS 2023; Stand 12/2022)

Kinder unter 6 Jahren



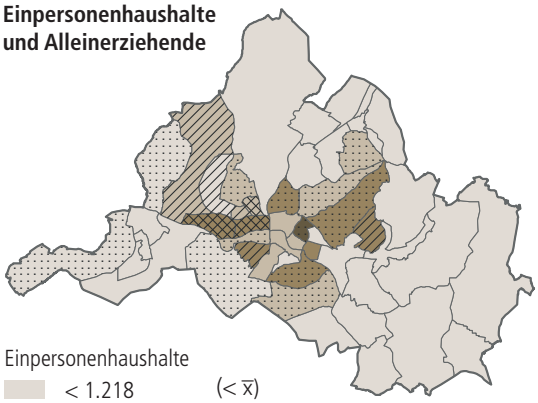
	< 188	(< x̄)
	188 – < 304	(x̄ – < x̄+σ)
	304 – < 420	(x̄+σ – < x̄+2σ)
	≥ 420	(≥ x̄+2σ)

Über 75-Jährige



	< 366	(< x̄)
	366 – < 580	(x̄ – < x̄+σ)
	580 – < 794	(x̄+σ – < x̄+2σ)
	≥ 794	(≥ x̄+2σ)

Einpersonenhaushalte und Alleinerziehende



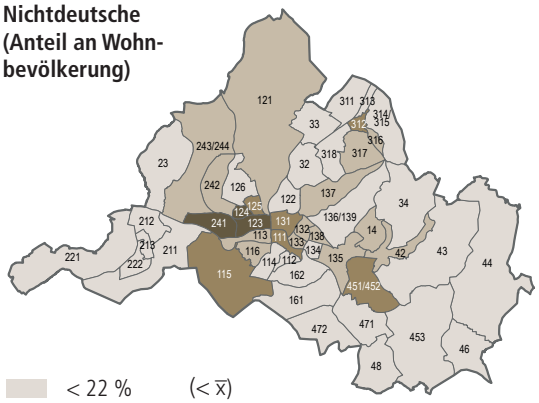
Einpersonenhaushalte

	< 1.218	(< x̄)
	1.218 – < 1.911	(x̄ – < x̄+σ)
	1.911 – < 2.604	(x̄+σ – < x̄+2σ)
	≥ 2.604	(≥ x̄+2σ)

Alleinerziehende

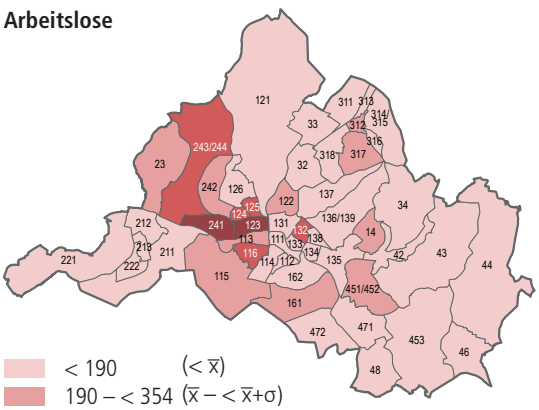
	16 – 97	(< x̄)
	98 – 163	(x̄ – < x̄+σ)
	164 – 229	(x̄+σ – < x̄+2σ)
	≥ 230 – 323	(≥ x̄+2σ)

Nichtdeutsche (Anteil an Wohnbevölkerung)



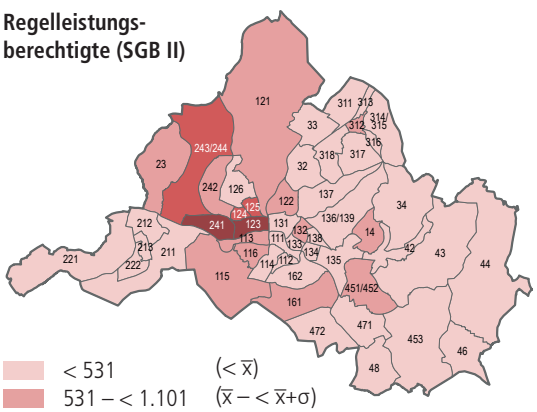
	< 22 %	(< x̄)
	22 – < 33 %	(x̄ – < x̄+σ)
	33 – < 44 %	(x̄+σ – < x̄+2σ)
	≥ 44 %	(≥ x̄+2σ)

Arbeitslose



	< 190	(< x̄)
	190 – < 354	(x̄ – < x̄+σ)
	354 – < 518	(x̄+σ – < x̄+2σ)
	≥ 518	(≥ x̄+2σ)

Regelleistungsberechtigte (SGB II)



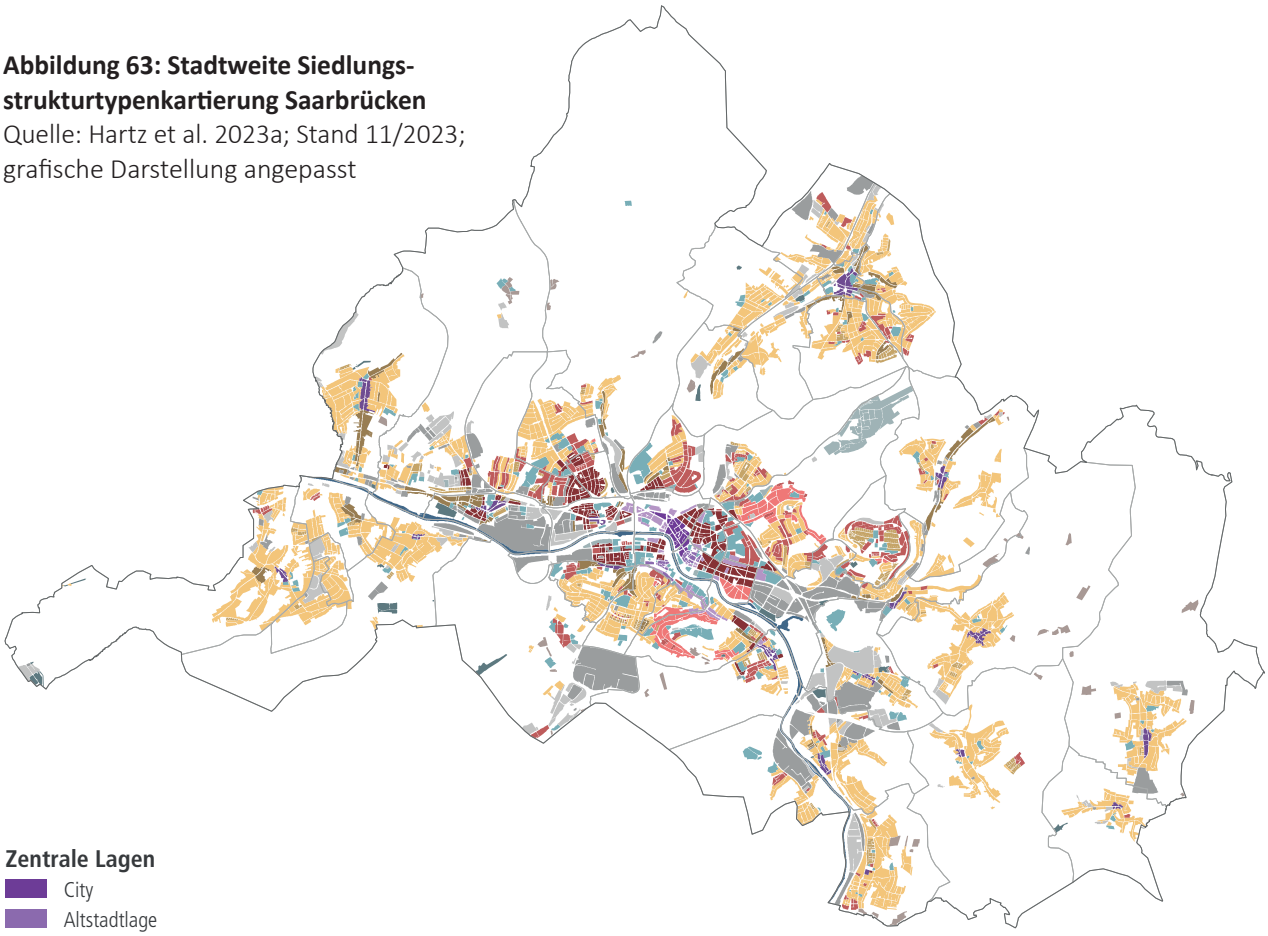
	< 531	(< x̄)
	531 – < 1.101	(x̄ – < x̄+σ)
	1.101 – < 1.671	(x̄+σ – < x̄+2σ)
	≥ 1.671	(≥ x̄+2σ)

11.1.3 Die Siedlungsstruktur Saarbrückens

Eine wesentliche Grundlage für die Operationalisierung des Vulnerabilitätskonzepts stellt die Siedlungsstruktur dar (vgl. Abb. 63). Der Strukturtypenansatz hat sich im Bereich der räumlichen Planung bewährt, da eine stadtweite Kartierung von Strukturtypen eine detaillierte kartographische Darstellung der städtischen gebauten Struktur wie der Freiraumstruktur ermöglicht. Siedlungsstrukturtypen werden als weitgehend homogene Bereiche der Bebauung definiert (Siedentop et al. 2006: 42 f.), die sich über Bauformen, zugeordnete Infrastrukturen und Freiräume charakterisieren lassen. Hinweise zur Abgrenzung von Siedlungsstrukturtypen finden sich in der Literatur (ebd.), gleichwohl ist eine stadtspezifische Konkretisierung unabdingbar.

Für Saarbrücken liegt bereits seit 2008 eine Siedlungsstrukturtypenkartierung für die Gesamtstadt vor (LHS 2008), die 2012 (Hartz et al. 2012) erstmals aktualisiert wurde. Für die derzeitige Neuaufstellung des FEP wurde der vorliegende GIS-Datensatz in den Jahren 2021 und 2022 auf Basis

Abbildung 63: Stadtweite Siedlungsstrukturtypenkartierung Saarbrücken
Quelle: Hartz et al. 2023a; Stand 11/2023; grafische Darstellung angepasst



der Stadtgrundkarte, von ALKIS- und Realnutzungsdaten sowie weiterer Fachdaten vollständig überarbeitet (Hartz et al. 2023a). In Abstimmung mit der Stadtverwaltung wurden 20 Siedlungsstrukturtypen differenziert und gemeinsam validiert. Bei Unsicherheiten in der Zuordnung erfolgte eine Verifizierung der Siedlungsstrukturtypen über aktuelle Luftbilder, Google Maps 3D und über Ortsbegehungen. Abbildung 63 und Tabelle 16 geben einen Überblick über Verteilung und Charakteristik der Siedlungsstrukturtypen. Die Ein- und Zweifamilienhausbebauung kommt dabei auf einen Anteil von 49,6 %. Der Versiegelungsanteil gibt Hinweise auf die Baudichten, die erwartungsgemäß in den City- und zentralen Lagen, aber auch in den verdichteten Wohnlagen entlang von Hauptverkehrsstraßen am höchsten ausfallen, teilweise bis nahezu 100 %.

Über den Strukturtypenansatz können Bevölkerungsdaten kleinräumig disaggregiert und den entsprechenden Siedlungsstrukturtypen zugeordnet werden (Siedentop et al. 2006: 43). Im Vordergrund stehen im Rahmen dieser Arbeit alle Siedlungsstrukturtypen mit einem nennenswerten Anteil an Wohnbevölkerung (vgl. Tab. 16). Zwar gibt es beispielsweise auch in Industrie- und Gewerbeflächen vereinzelt Wohnungen, allerdings lassen sich diesen aus Datenschutzgründen in der Regel keine demographischen oder sozioökonomischen Daten zuordnen. Aus der Selektion der Siedlungsstrukturtypen mit Wohnbevölkerung ergeben sich die räumlichen Umgriffe, denen die Bevölkerungsdaten, die für die statistischen Blöcke vorliegen, zugeordnet werden können (vgl. Abb. 64). Dieser Arbeitsschritt ermöglicht durch die Verknüpfung mit Daten zur Ausprägung von Gefahrenarten und Stressoren eine wesentlich kleinräumigere und somit detailliertere Expositionsanalyse.

Abbildung 64: Siedlungsstrukturtypen Wohnen (Ausschnitt)
Quelle: eigene Darstellung auf Basis von Hartz et al. 2023a; Stand 11/2023

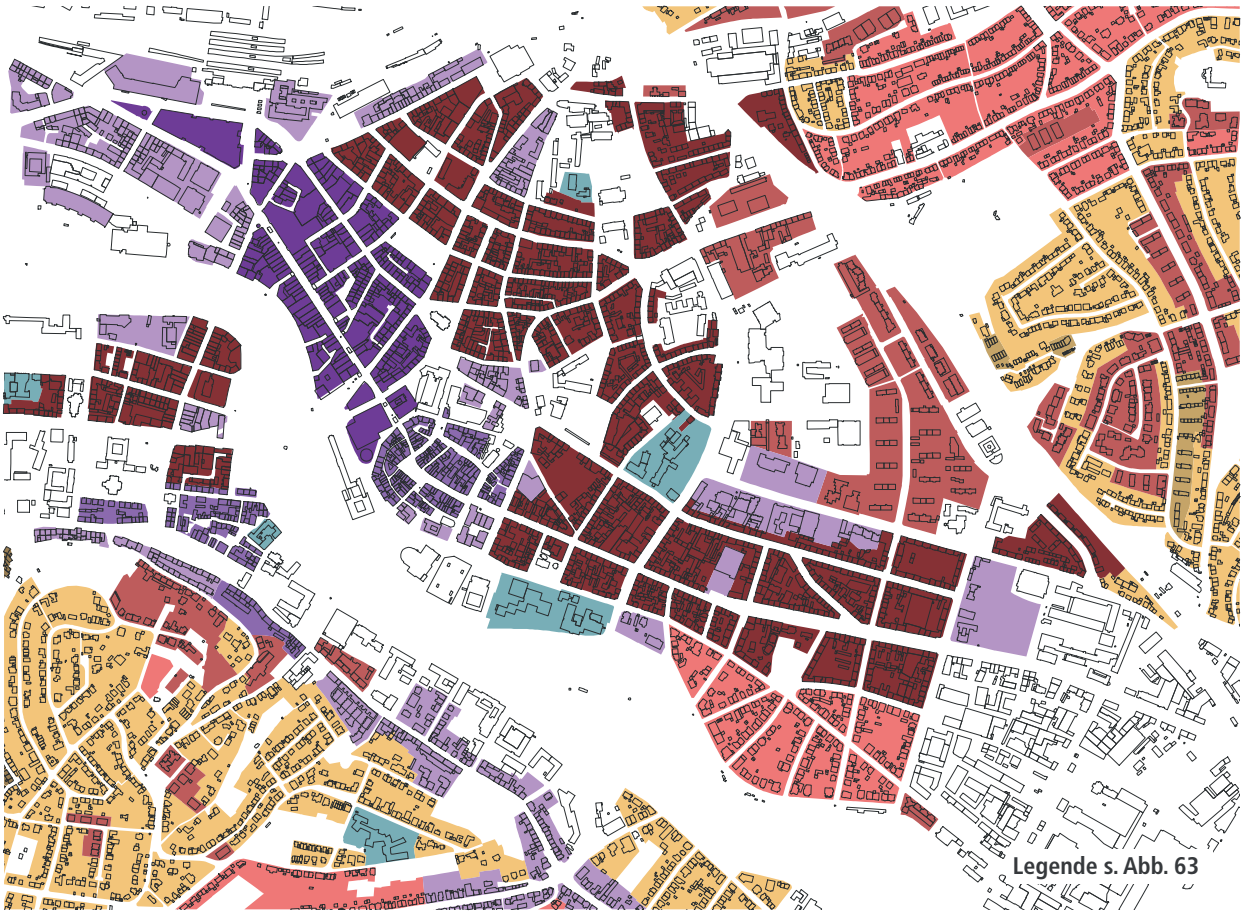


Tabelle 16: Siedlungsstrukturtypen (SST) für Saarbrücken
Quelle: eigene Darstellung; Stand 11/2023

Kategorie	Siedlungs-strukturtyp	Beschreibung	Flächen-anteile	Versiege-lungswerte	Wohnnutzung	SST Woh-nen
Zentrale Lagen	City	Hochverdichtete City-bebauung mit Fußgän-gerzone und zentralen Einkaufslagen, geprägt durch den Wiederaufbau	0,15 km² 0,4 %	Min. 80,1 % Max. 100 % Ø 98,3 % M 99,7 %	Vereinzelte Wohnnutzung	x
	Altstadt	Altstadt mit historischer Bebauung und Fußgän-gerzone, ausgeprägter Nutzungsmix	0,07 km² 0,2 %	Min. 52,9 % Max. 100 % Ø 94,1 % M 99,1 %	Wohnnutzung vorhanden	x
	Verdichtete städtische Bebauung	Heterogene innenstadt-nahe Bebauung, über-wiegend mehrgeschossig, ausgeprägter Nutzungs-mix	0,40 km² 1,1 %	Min. 38,1 % Max. 100 % Ø 83,4 % M 88,6 %	Wohnnutzung vorhanden	x
	Stadtteil-/ Ortskern	Verdichteter Stadtteil- und Ortskern, überwiegend mehrgeschossig, Nut-zungsmix mit Einrichtun-gen der Daseinsvorsorge	0,53 km² 1,4 %	Min. 39,4 % Max. 99,7 % Ø 76,4 % M 78,5 %	Wohnnutzung vorhanden	x
Geschosswoh-nungsbau	Mehrge-schossige Blockrand-bebauung	Verdichtete, mehrge-schossige Blockrandbe-bauung, teilweise nicht mehr geschlossen, teilwei-se bebaute Innenhöfe	1,35 km² 3,6 %	Min. 25,4 % Max. 99,9 % Ø 78,6 % M 81,4 %	Schwerpunkte der Wohnnut-zung	x
	Zeile und Großform	Mehrgeschossige Zeilen-bebauung und Punkt-hochhäuser, teilweise mit großen Grünflächen im Umfeld	2,43 km² 6,4 %	Min. 23,8 % Max. 100 % Ø 55,5 % M 53,2 %	Schwerpunkte der Wohnnut-zung	x
	Villen-/ Appartement-hausbebau-ung	Mehrgeschossige Villen- und villenähnliche Appar-tementhausbebauung, teilweise mit größeren Grünflächen, teilweise stark verdichtet	0,85 km² 2,3 %	Min. 28,3 % Max. 81,9 % Ø 50,6 % M 50,3 %	Schwerpunkte der Wohnnut-zung	x
Ein- und Zwei-familienhaus-bebauung	Verdichtete Straßenrand-bebauung	Verdichtete, meist zwei- oder mehrgeschossige Straßenrandbebauung, oftmals mit (größeren) Gartenarealen	1,36 km² 3,6 %	Min. 25,1 % Max. 100 % Ø 62,4 % M 62,8 %	Schwerpunkte der Wohnnut-zung	x
	Reihenhaus-bebauung in Zeile	In Reihe angeordnete Einfamilienhäuser, mit Gartenarealen	0,88 km² 2,3 %	Min. 20,6 % Max. 99,1 % Ø 56,5 % M 55,4 %	Schwerpunkte der Wohnnut-zung	x
	Einzel- und Doppelhaus-bebauung	Überwiegend freistehende Ein- und Zweifamilien-hausbebauung, teilweise mit großen Gartenarealen	16,53 km² 43,7 %	Min. 10,2 % Max. 98,3 % Ø 47,7 % M 46,7 %	Schwerpunkte der Wohnnut-zung	x

Sonstige Siedlungstypen	Soziale, kulturelle, sportliche und andere besondere Einrichtung	Heterogene Bebauung in Abhängigkeit von der Nutzungsart; teilweise mit größeren Grün- und Freiflächen	2,68 km² 7,1 %	Min. 31,3 % Max. 95,4 % Ø 61,5 % M 62,9 %	Wohnnutzung bei Senioren- und Behindertenheimen, Kliniken, Justizvollzugsanstalt	x
	Universität/ Hochschulbereich	Campusuniversität mit heterogener Großformbebauung	0,69 km² 1,8 %	Min. 32,7 % Max. 100 % Ø 61,4 % M 59,0 %	Vereinzelte Wohnnutzung	
	Ver- und Entsorgung	Technisch geprägte Standorte der Ver- und Entsorgung, z. B. Kläranlagen	1,06 km² 2,8 %	Min. 4,8 % Max. 96,6 % Ø 41,8 % M 30,2 %	Vereinzelte Wohnnutzung	
	Siedlungsfläche im Außenbereich	Streusiedlungen außerhalb der geschlossenen Siedlungslage, Einzelhäuser oder Hausgruppen	0,56 km² 1,5 %	Min. 1,6 % Max. 71,7 % Ø 35,4 % M 35,8 %	Vereinzelte Wohnnutzung	
Industrie- und Gewerbegebiet	Hochversiegeltes Industrie- und Gewerbegebiet	Industrie- und Gewerbegebiet mit einem Anteil ab 75 % (teil-)versiegelter Flächen	5,14 km² 13,6 %	Min. 75,0 % Max. 100 % Ø 86,5 % M 85,1 %	Vereinzelte Wohnnutzung	
	Industrie- und Gewerbegebiet	Industrie- und Gewerbegebiet mit einem Anteil unter 75 % (teil-)versiegelter Flächen	3,14 km² 8,3 %	Min. 6,6 % Max. 74,8 % Ø 58,2 % M 62,1 %	Vereinzelte Wohnnutzung	

Erläuterung: Min. = Minimalwert; Max. = Maximalwert; Ø = Mittelwert; M = Median

11.1.4 Saarbrücken im Klimawandel

Das Klima im Saarland ist aufgrund der westlichen Lage deutlich ozeanisch beeinflusst und somit eher mild und vergleichsweise niederschlagsreich (DWD 2023: 12). Vor allem im Saartal und damit auch in der Landeshauptstadt Saarbrücken wirkt sich der ozeanische Einfluss aus. Die Jahresmitteltemperatur im Regionalverband Saarbrücken liegt bei 9,7°C, der durchschnittliche jährliche Niederschlag bei 875,5 mm (GERICS 2021: 2).

Tabelle 17 gibt einen Überblick zu hitzebezogenen Kenntagen im Regionalverband auf Basis von Beobachtungsdaten des DWD für die Zeitperiode 1971 bis 2000 sowie eine Einschätzung des zukünftigen Trends (ebd.: 1 f.). Im Jahr 2022 gab es im Saarland 80,4 Sommertage (Maximum mind. 25°C, Gebietsmittel), was einem Prozentsatz von knapp über 269 % bezogen auf die internationale Referenzperiode 1961 bis 1990 entspricht (DWD 2023: 17). Bei den Hitzetagen sind es 29,8 Tage und knapp über 619 % (ebd.). Diese Zahlen machen nochmals die Zunahmen der hitzebezogenen Kenntage für das Jahr 2022 deutlich, das in einer Reihe von überdurchschnittlich warmen Jahren in den vergangenen zwei Jahrzehnten steht.

Zukünftig ist im Vergleich zur Referenzperiode von 1971 bis 2000 weiterhin von einer Zunahme der Jahresmitteltemperaturen auszugehen. Für den Regionalverband Saarbrücken liegt diese für die nahe Zukunft (2036 bis 2065) in Abhängigkeit der RCP-Szenarien in einem Korridor zwischen 0,4 und 1,8°C (RCP2.6), 0,9 bis 2,5°C (RCP4.5) sowie 1,3 und 3,0°C (RCP8.5) (GERICS 2021: 5). Das bedeutet eine Spannbreite zwischen 0,4 und 3,0°C Veränderung gegenüber der Referenz-

Tabelle 17: Ausgewählte Klimakennwerte für den Regionalverband Saarbrücken für die Zeitperiode 1971 bis 2000 sowie Angabe der Trends für unterschiedliche RCP-Szenarien
Quelle: eigene Darstellung nach GERICS 2021: 1 ff.

Kenntag	Tage im Jahr	Trend RCP8.5	Trend RCP4.5	Trend RCP2.6
Sommertage	36,1 Tage/Jahr	Zunahme (robust) (1) min. 3,9 – max. 46,1 (2) min. 15,0 – max. 79,7	Zunahme (robust) (1) min. 5,8 – max. 37,7 (2) min. 4,3 – max. 45,6	Zunahme (robust) (1) min. 2,2 – max. 26,8 (2) min. 1,5 – max. 24,5
Heiße Tage	5,9 Tage/Jahr	Zunahme (robust) (1) min. 0,5 – max. 27,7 (2) min. 3,7 – max. 63,3	Zunahme (robust) (1) min. 0,2 – max. 21,7 (2) min. 0,6 – max. 26,8	Zunahme (robust) (1) min. -0,4 – max. 10,1 (2) min. 0,3 – max. 11,7
Tropische Nächte	0,2 Tage/Jahr	Zunahme (robust) (1) min. 0,0 – max. 20,7 (2) min. 1,4 – max. 54,4	Zunahme (robust) (1) min. 0,1 – max. 15,3 (2) min. 0,3 – max. 22,5	Zunahme (robust) (1) min. 0,0 – max. 8,0 (2) min. 0,0 – max. 8,1
Maximale Dauer von Hitzeperioden	3,2 Tage	Zunahme (robust) (1) min. 0,1 – max. 8,8 (2) min. 1,8 – max. 23,4	Zunahme (robust) (1) min. 0,3 – max. 6,1 (2) min. 0,2 – max. 8,9	Tendenz zur Zunahme (1) min. -0,3 – max. 3,7 (2) min. -0,2 – max. 3.8

Erläuterung:
Zunahme: Mindestens 2/3 der Simulationen zeigen eine Zunahme, mindestens 50 % sogar eine signifikante Zunahme; Tendenz zur Zunahme: Mindestens 2/3 der Simulationen zeigen eine Zunahme, aber weniger als 50 % eine signifikante Zunahme; Experteneinschätzung zur Robustheit in Klammern
(1) Änderungen für die nahe Zukunft (2036–2065) in Tagen gegenüber der Referenzperiode 1971–2000, Minimum und Maximum bezogen auf die Gesamtheit der Simulationen; (2) Änderungen für die ferne Zukunft (2069–2098) in Tagen gegenüber der Referenzperiode 1971–2000, Minimum und Maximum bezogen auf die Gesamtheit der Simulationen

periode 1971 bis 2000. Für die ferne Zukunft (2069 bis 2098) reicht die Spannbreite bereits von einem Minimalwert von 0,4°C im günstigsten Szenario bis zu einem Maximalwert von 5,2°C im ungünstigsten Szenario (ebd.). Diese Entwicklungen spiegeln auch die Veränderungen der Kenntage wider (vgl. Tab. 17): Bei den Heißen Tagen beträgt die maximale jährliche Zunahme bis zur Mitte des Jahrhunderts im ungünstigen Szenario RCP8.5 bis zu 27,7 Tage pro Jahr und zum Ende des Jahrhunderts bis zu 63,3 Tage.

11.1.5 Planerische Einordnung und Zielsetzungen

Der **Landesentwicklungsplan** des Saarlandes ist aktuell in der Neuaufstellung; derzeit gültig sind die beiden Teilpläne „Umwelt“ und „Siedlung“ von 2004 beziehungsweise 2006 (Ministerium für Umwelt des Saarlandes 2004, 2006). Die LHS ist gemäß Landesentwicklungsplan das einzige Oberzentrum im Saarland, wobei der Verflechtungsbereich das gesamte Saarland und somit alle Mittel- und Nahbereiche umfasst (Ministerium für Umwelt des Saarlandes 2006: 16). Darüber hinaus strahlen die oberzentralen Funktionen der LHS auf die grenznahen französischen Gemeinden sowie das benachbarte Rheinland-Pfalz aus. Laut Grundsatz soll die Funktion des Oberzentrums Saarbrücken als überregional bedeutsamer Siedlungs-, Wirtschafts-, Arbeits- und Ausbildungsstandort gesichert und weiterentwickelt werden (G 6).

Der Belang „menschliche Gesundheit“ wird im Landesentwicklungsplan im Zusammenhang mit dem Prinzip gleichwertiger Lebensverhältnisse und somit einer Gewährleistung der Daseinsvor-

sorge (ebd.: 9) sowie im Rahmen der Festlegung von Siedlungsachsen (Z 10 und Z 11) angesprochen (jeweils in Bezug auf Einrichtungen der Gesundheitsvorsorge). Darüber hinaus wird in den Festlegungen für die Siedlungsstruktur in den unterschiedlichen Raumkategorien eine Verbesserung der Wohn- und Umweltbedingungen adressiert (G 20), und in der Begründung werden nochmals explizit die negativen Auswirkungen des ständig steigenden Individualverkehrsaufkommens auf menschliche Gesundheit erwähnt (ebd.: 27). Auf eine räumliche Risikovorsorge verweisen explizit nur Festlegungen im Bereich der Hochwasservorsorge: „Überschwemmungsgebiete und hochwassergefährdete Bereiche (Hochwasserabflussbereiche/Retentionsflächen) sind vor einer Inanspruchnahme für Siedlungszwecke zu schützen" (Z 23).

Der Teilplan „Umwelt" trifft Festlegungen zur Flächenvorsorge, zum Schutz der Umwelt sowie zur Entwicklung der Infrastrukturen (Ministerium für Umwelt des Saarlandes 2004). Der Belang der menschlichen Gesundheit wird unter anderem in Bezug auf den Flughafen und der damit verbundenen Lärmbeeinträchtigung thematisiert (ebd.: 30). Risikovorsorge wird ebenfalls in Verbindung mit dem Hochwasserschutz und dem Festsetzen von Überschwemmungsgebieten in den Vorranggebieten für Hochwasserschutz beziehungsweise deren Freihalten von Bebauung erwähnt (Z 60).

Die Aufstellung des **Flächennutzungsplans** obliegt dem Regionalverband Saarbrücken; der derzeit gültige Plan stammt aus dem Jahr 1993 (Umweltamt Stadtverband Saarbrücken 1994). Einzelaktualisierungen finden statt, sofern neue, nicht aus dem Flächennutzungsplan entwickelte Planungen der zehn Städte im Regionalverband diese notwendig machen (Regionalverband Saarbrücken 2023b). Wie alle Flächennutzungspläne steht die Ausweisung neuer Bauflächen im Vordergrund. Dabei gilt: „Flächen, die für ein gesundes Klima in unseren Siedlungen, für die Trinkwasserversorgung, für den Naturschutz oder für die Naherholung wichtig sind, sollten von einer Bebauung weitgehend frei bleiben" (Umweltamt Stadtverband Saarbrücken 1994: 10). Als Grundlage zur Identifikation klimarelevanter Flächen im Stadtverband wurde im Rahmen eines UVP-Modellvorhabens eine Karte auf Basis einer Wärmebild-Befliegung erstellt (ebd.: 14). Flächen für Nutzungseinschränkungen beziehen sich auf den Lärmschutz (Lärmschutzzone) und den Immissionsschutz.

Ein Schwerpunkt in Bezug auf die menschliche Gesundheit liegt – entsprechend der damals aktuellen Aufgabenstellung – in der Bewältigung der Altlastenproblematik im Zusammenhang mit der Stilllegung und Umstrukturierung großer Bergbau- und Industrieanlagen (ebd.: 9 f.). Dazu zählen über 100 kontaminationsverdächtige Flächen in der Wasserschutzzone II, in unmittelbarer Nähe zum genutzten Grundwasser (ebd.: 17). Die Stilllegung dieser Anlagen bot gleichzeitig die Chance, die Wohnqualität in benachbarten Quartieren deutlich zu verbessern (ebd.: 10).

Der **Landschaftsplan** des Regionalverbands Saarbrücken liegt in der Fassung von 2004 vor (Stadtverband Saarbrücken 2004: 72). Im Plan werden Gesundheitsbelange nicht explizit thematisiert. Allerdings stehen vor allem die Sicherung der klimaökologischen Ausgleichsfunktionen der Freiräume (ebd.: 30 f., 35, 38 f.) sowie die klimatische Situation im Saartal im Vordergrund: „Die Landeshauptstadt Saarbrücken hat im Jahre 1996 einen Klimafunktionsplan für ihr Gebiet veröffentlicht, der die Klimatopkarte detaillierter fortschreibt, weil der Klimaausgleich für die Siedlungsbereiche in Saarbrücken von besonders herausragender Bedeutung ist. Das Saartal im Bereich der Landeshauptstadt und der Mittelstadt Völklingen sind besonders empfindliche Bereiche, die auf lokale und regionale Frischluftzufuhr aus den Seitentälern angewiesen sind" (ebd.: 72). Über die Sicherung von Grünzäsuren, Siedlungsrändern und Auen sollen insbesondere die klimaökologischen Ausgleichs- und Hochwasserschutzfunktionen gesichert und von Bebauung freigehalten werden (ebd.: 38).

Das **Stadtentwicklungskonzept** Saarbrücken wurde 2009 vom Stadtrat verabschiedet (LHS 2009). Es formuliert gesamtstädtische Leitlinien, Prinzipien der Stadtentwicklung sowie Zielsetzungen für prioritäre Handlungsfelder. Für das Handlungsfeld „Lebendige Stadtteile" wird das Ziel gesetzt, die

Lebensqualität und Lebenschancen der Bevölkerung in den einzelnen Stadtteilen und Quartieren zu verbessern (ebd.: 50). Konkret bedeutet dies unter anderem, die Wohnqualitäten zu stärken, die sozialen Dienste und Infrastrukturen für alte Menschen zu entwickeln und in die stadtteilbezogene Gesundheitsförderung zu intensivieren (ebd.). In Bezug auf die Gesundheitsförderung in den Stadtteilen wird im Stadtentwicklungskonzept Folgendes ausgeführt:

> „Die Lebensqualität in den Stadtteilen, Umweltfaktoren sowie sozioökonomische Faktoren wie bspw. Einkommen, Bildungsstand, Arbeitssituation bzw. Arbeitslosigkeit, Wohnsituation, soziale Sicherheit und soziales Umfeld beeinflussen die gesundheitliche Situation von Menschen. Verschiedene Studien belegen, dass Angehörige sozioökonomisch benachteiligter Bevölkerungsgruppen mehr von Krankheiten und schlechter gesundheitlicher Lage betroffen sind als Angehörige sozioökonomisch bessergestellter Gruppen.
>
> Entsprechend ist die gesundheitliche Situation von Menschen in benachteiligten Wohngebieten schlechter als in anderen Quartieren. Ihre Krankheitsrisiken sind stark erhöht. Die Schuleingangsuntersuchungen zeigen deutliche Unterschiede zwischen den verschiedenen Grundschulstandorten in Saarbrücken sowie deutschen und nichtdeutschen Kindern.
>
> Hieraus ergeben sich Verpflichtungen für eine gesundheitliche Allgemeinbildung. Deshalb ist es wichtig, in benachteiligten Stadtteilen Gesundheitsförderung und Prävention zu intensivieren und damit neue Entwicklungschancen für diese Stadtteile zu eröffnen. Gezielte Projekte im Stadtteil sowie im schulischen Bereich können Grundlagen schaffen, um das Gesundheits-, Bewegungs- und Ernährungsverhalten positiv zu beeinflussen.“ (ebd.: 58 f.)

Auf die Kinderarmut in Saarbrücken wird vertieft eingegangen und der Zusammenhang zwischen Armut und Gesundheitszustand betont: *„Armut beeinflusst zentrale Lebensbedingungen der betroffenen Menschen, wie bspw. Gesundheitszustand, Wohnbedingungen, Bildungs- und Berufschancen*“ (ebd.: 129). In Bezug auf ältere Menschen sollen „die spezifischen sozialen Probleme und Bedürfnisse dieser Bevölkerungsgruppen in der Sozial- und Altenpolitik“ in besonderem Maße Berücksichtigung finden (ebd.: 142). Ziel ist es, „den Menschen ein Altern in Gesundheit und Wohlbefinden sowie eine aktive, eigenständige Gestaltung ihres Lebens auch im Alter zu ermöglichen“ (ebd.: 144). Gesundheitsförderung und Prävention spielen somit eine Schlüsselrolle im gesamten Lebenslauf mit Blick auf ein gesundes Altern (ebd.: 150).

In Bezug auf die Risikovorsorge bleiben die Aussagen und Ziele des Stadtentwicklungskonzepts zurückhaltend. Erwähnt werden Zusammenhänge zwischen Stadtentwicklung sowie Lebens- und Wohnqualität vor allem in Verbindung mit der baulichen Flächeninanspruchnahme der Flusstäler: „Insbesondere die Täler unterlagen einer regen Bautätigkeit, obwohl sie bei Hochwasserereignissen als Retentionsflächen gebraucht werden und darüber hinaus eine wichtige stadtklimatische Funktion als Luftleitbahnen zur Fischluftzufuhr übernehmen (Verbesserung der Luftqualität)“ (ebd.: 157). Ziele, die sich daraus ableiten, beziehen sich in erster Linie auf den Schutz der natürlichen Retentionsflächen, die Lärmminderung im Straßenverkehr sowie die Reduktion der Belastungen mit Feinstaub und Stickoxiden (ebd.: 157 f.).

Das **Freiraumentwicklungsprogramm** der LHS wurde 2008 vom Stadtrat verabschiedet (LHS 2008) und im Jahr 2012 vor dem Hintergrund erforderlicher Klimaanpassungsmaßnahmen aktualisiert (Hartz et al. 2012). Die Aktualisierung fand im Rahmen des ExWoSt-Forschungsprogramms „Urbane Strategien zum Klimawandel – Kommunale Strategien und Potenziale“ statt. Das Modellprojekt zielte darauf ab, klimarelevante Freiräume zu identifizieren und in das Freiraumentwicklungsprogramm zu integrieren. Unterschieden wurde zwischen Freiräumen mit klimawirksamen Leistungen für stadtregionale Luftaustauschprozesse, Freiräumen mit lokaler Klimarelevanz sowie

Anpassungsbedarfen für die Freiräume im Siedlungskontext (ebd.: 62 ff.). Ein weiterer Schwerpunkt lag auf der Hochwasservorsorge; hier wurde nicht nur der Umgriff des HQ_{100} herangezogen, sondern zugleich Zonen möglicher Kellerflutungen und Straßenüberflutungen ausgewiesen (ebd.: 91). Derzeit erfolgt wiederum eine Anpassung, um neuere Datengrundlagen, insbesondere im Bereich der Klimaanpassung, integrieren zu können.

Die Ableitung eines konsistenten Zielsystems für das Schutzgut Mensch und menschliche Gesundheit für die raumplanerische Risikovorsorge ist auf Basis der genannten Pläne und Programme nur vom Grundsatz her möglich. Detailliertere Zielsetzungen oder gar Schwellenwerte, beispielsweise für die Reduktion von Hitzestress, lassen sich nicht ableiten. Auf diese Problematik wurde in den vorangegangenen Kapiteln bereits ausführlich eingegangen (vgl. Kap. 6.5, 10.1.1. und 10.3.3).

11.2 Vorgehensweise und Datengrundlagen

Die indikatorengestützte Analyse ist einer der Kernbausteine der Operationalisierung des Vulnerabilitätskonzepts im Kontext der räumlichen Planung. Darauf fokussiert sich auch die Erprobung im Rahmen dieser Arbeit. Das grundsätzliche Vorgehen zeigt Abbildung 21 in Kapitel 7.2. Gefährdung und Vulnerabilität werden getrennt modelliert und über die Exposition zum Risiko verknüpft. Die Modellierung der Vulnerabilität erfolgt als strukturtypenbasierte Analyse; hierbei dient die aktuelle Strukturtypenkarte Saarbrückens als Grundlage (vgl. Kap. 11.1.3). Die Strukturtypologie liegt in Form eines GIS-Projekts vor. Zur Erarbeitung wurde die ESRI-Software ArcGIS (ESRI ArcGIS Desktop 10.8.2 und ESRI ArcGIS Pro 3.2) verwendet, die auch für die weitere Prozessierung der Geodaten und statistischen Daten zum Einsatz kamen. Die Modellierungen beziehen sich auf den Status quo, was dem Referenzverfahren entspricht (vgl. Kap. 7.2.2).

Die stadtklimatologischen Modellierungen auf gesamtstädtischer Ebene liefern mittlerweile räumlich hoch aufgelöste Daten, teilweise in einem Raster von 5 m x 5 m (Birkmann et al. 2023: 21). Dies gilt gleichermaßen für andere Gefahrenarten, zum Beispiel für die Hochwasser- oder Starkregengefährdung. Die Datensätze werden in den nachfolgenden Kapiteln und im Anhang (Datengrundlagen) näher beschrieben. Demgegenüber liegen Daten zu Demographie oder zur sozialen Lage der Bevölkerung (meist aus Datenschutzgründen) nur für (größere) statistische Raumeinheiten vor, die ein deutlich gröberes räumliches Muster ergeben. Für eine Analyse der sozialen Vulnerabilität sind vor allem diese Daten ausschlaggebend. Daraus ergibt sich ein grundsätzliches Problem, weshalb nichtamtliche Datensätze privater Anbieter an Bedeutung gewinnen (Zehner 2004: 54). Diese liegen oftmals hochaufgelöst und aktuell vor (Goebel/Hoppe 2015: 31). Auch für die vorliegende Arbeit wurden – ergänzend zu den offiziellen Statistiken – weitere nichtamtliche Daten der Firma microm herangezogen (microm 2022; vgl. Kap. 10.3.4).

Als Analyseeinheit bieten sich die kleinsten statistischen Raumeinheiten der jeweiligen Gemeinden an, zumeist die statistschen Blöcke. Diese variieren allerdings sowohl zwischen Gemeinden als auch innerhalb der Gemeinde sehr stark in Bezug auf räumliche Ausdehnung und Bevölkerungszahlen, was zu teilweise starken Verzerrungen führen kann (Dohnke 2012: 147). Deshalb werden sehr bevölkerungsarme Teilräume aus der Analyse oftmals herausgefiltert (ebd.).

Ein Ansatz, um die räumliche Auflösung von Daten zu verbessern, ist die Disaggregation auf kleinere räumliche Einheiten (BMVBS/BBSR 2013: 62; BBK 2011: 368). Für die Analyse der sozialen Vulnerabilität können – auf Basis des strukturtypologischen Ansatzes – die statistischen Daten, zum Beispiel zu Bevölkerungszahlen oder Alterskohorten, innerhalb der statistischen Blöcke auf die Siedlungsstrukturen mit Wohnnutzung disaggregiert werden, wodurch eine kleinräumigere Betrachtung von Vulnerabilitätsmustern der Wohnbevölkerung und – über Verschneidung mit

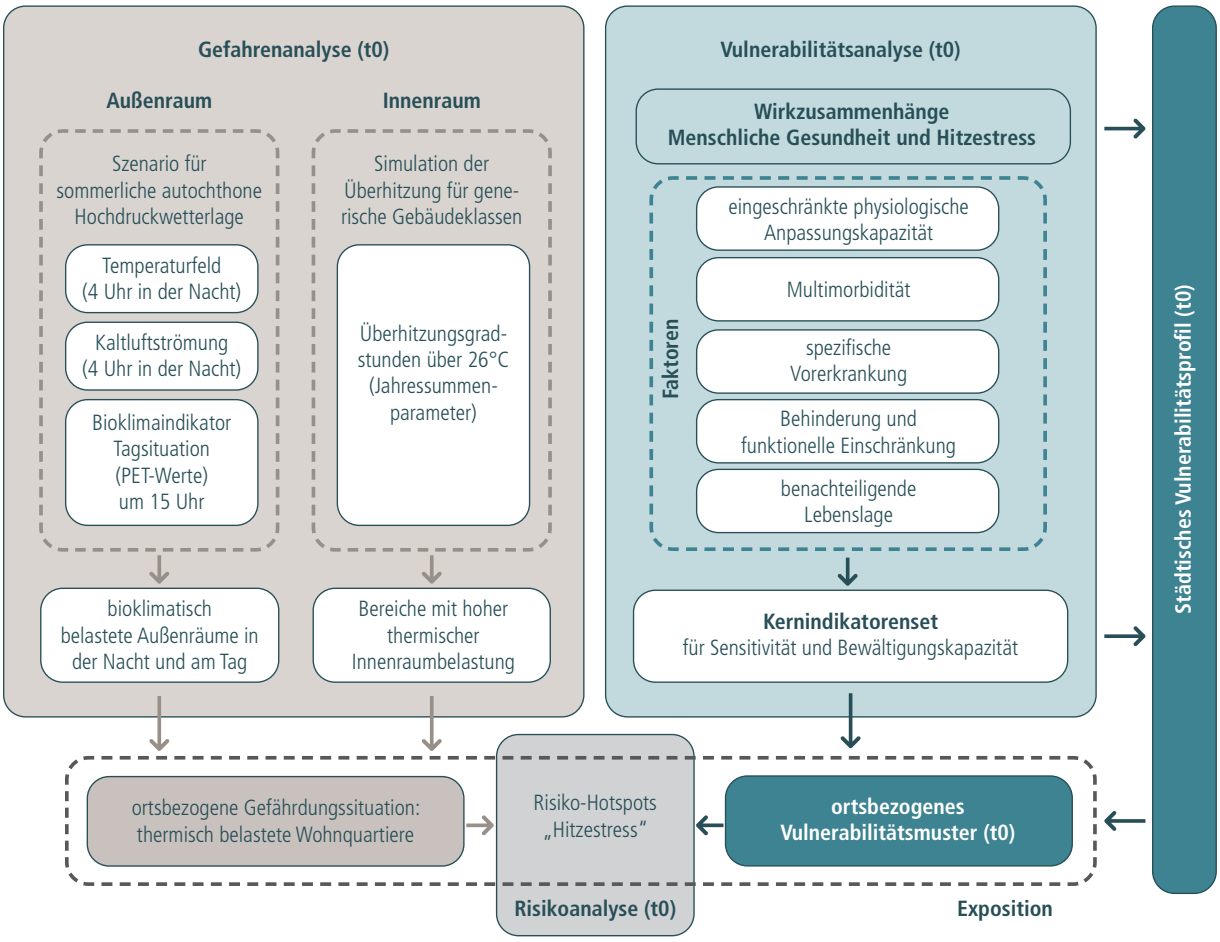
Daten zu Gefährdungen – von räumlichen Risiken möglich wird. Für Saarbrücken liegt eine aktuelle Strukturtypologie vor (vgl. Kap. 11.1.3).

Die Daten werden im Analyseprozess über Standardabweichungen klassifiziert, teilweise auch normalisiert, um eine Aggregation der Daten zu ermöglichen. Grundsätzlich ist es jedoch wichtig, die einzelnen Datensätze in ihrer ursprünglichen Skalierung mitzuführen, um Vulnerabilitätsmuster auch in ihren qualitativen Ausprägungen sicht- und lesbar zu machen. Über eine Normalisierung sind rechnerische Skaleninterpretationen möglich, bei einer Überlagerung nichtnormalisierter Datensätze hingegen nicht. Letztere erlaubt neben der qualitativen eine lediglich eingeschränkte quantitative Interpretation. Dementsprechend müssen die Schritte der Aggregation von Datensätzen transparent dargestellt und Interpretationsgrenzen aufgezeigt werden.

11.3 Thermische Belastung und Vulnerabilität in Saarbrücken

Für Saarbrücken stehen unterschiedliche Datensätze zur Verfügung, die eine Modellierung der thermischen Belastung sowie der damit verbundenen Vulnerabilität der Stadtbevölkerung ermöglichen. Abbildung 65 zeigt die Grundlogik und das Vorgehen im Rahmen der indikatorengestützten Modellierung von Gefährdung und Vulnerabilität für den Gefahrenbereich Hitzestress.

Abbildung 65: Indikatorengestützte Modellierung von Vulnerabilität und Risiko im Zusammenhang mit der thermischen Belastung für Saarbrücken
Quelle: eigene Darstellung



11.3.1 Modellierung der thermischen Situation im Außenraum

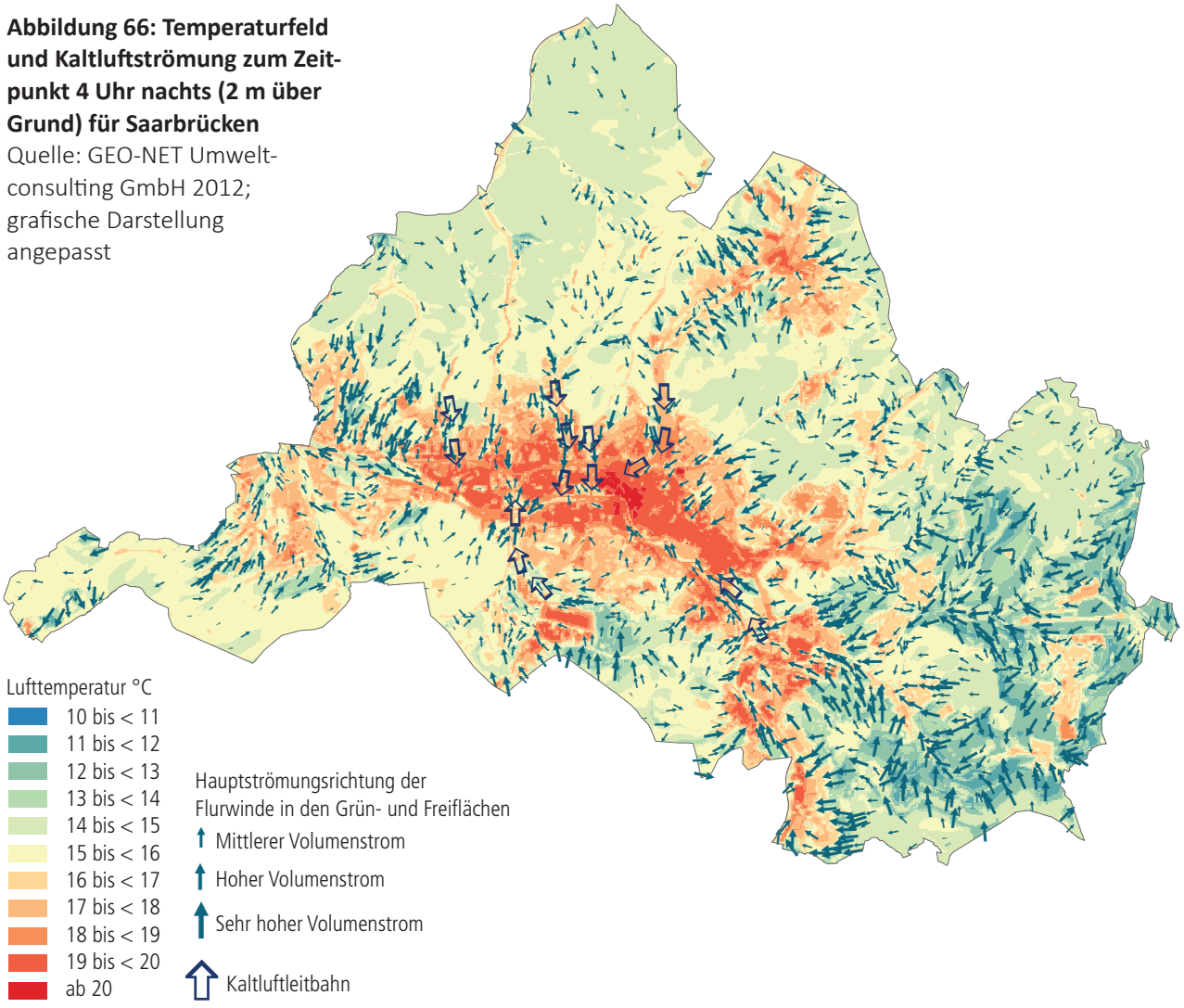
Die Nachtsituation

Die Stadtklimaanalyse für Saarbrücken stammt aus dem Jahr 2011 (GEO-NET Umweltconsulting GmbH 2012). Für die numerische Simulation mit dem mesoskaligen FITNAH-Modell wurden folgende Eingangsdaten genutzt (ebd.: 3 ff.):

- ein digitales Geländehöhenmodell der Stadt Saarbrücken, das durch DTED-Höhendaten ergänzt (Digital Terrain Elevation Data-NGA 2004) wurde, um das für die Modellrechnung erforderliche Raster (25 m x 25 m) zu erzeugen,
- die Nutzungsstrukturen des Freiraumentwicklungsprogramms der Stadt Saarbrücken, ergänzt durch ATKIS-Daten und Corine-Landnutzungsinformationen, überprüft auf Basis von Luftbildern,
- die über Nutzungstypen klassifizierte Höhe der Baustrukturen sowie des Versiegelungsgrads.

Das bodennahe Temperaturfeld (2 m über Grund) wurde für 4 Uhr in der Nacht für eine sommerliche autochthone Hochdruckwetterlage modelliert (ebd.: 12; vgl. Abb. 66). Das Feld umfasst Minimalwerte von 11°C bis Maximalwerte von bis zu 21°C. Es zeigt eine starke räumliche Differenzierung innerhalb des bebauten Bereichs auf, wobei sich erwartungsgemäß die Innenstadtlagen

Abbildung 66: Temperaturfeld und Kaltluftströmung zum Zeitpunkt 4 Uhr nachts (2 m über Grund) für Saarbrücken
Quelle: GEO-NET Umweltconsulting GmbH 2012; grafische Darstellung angepasst



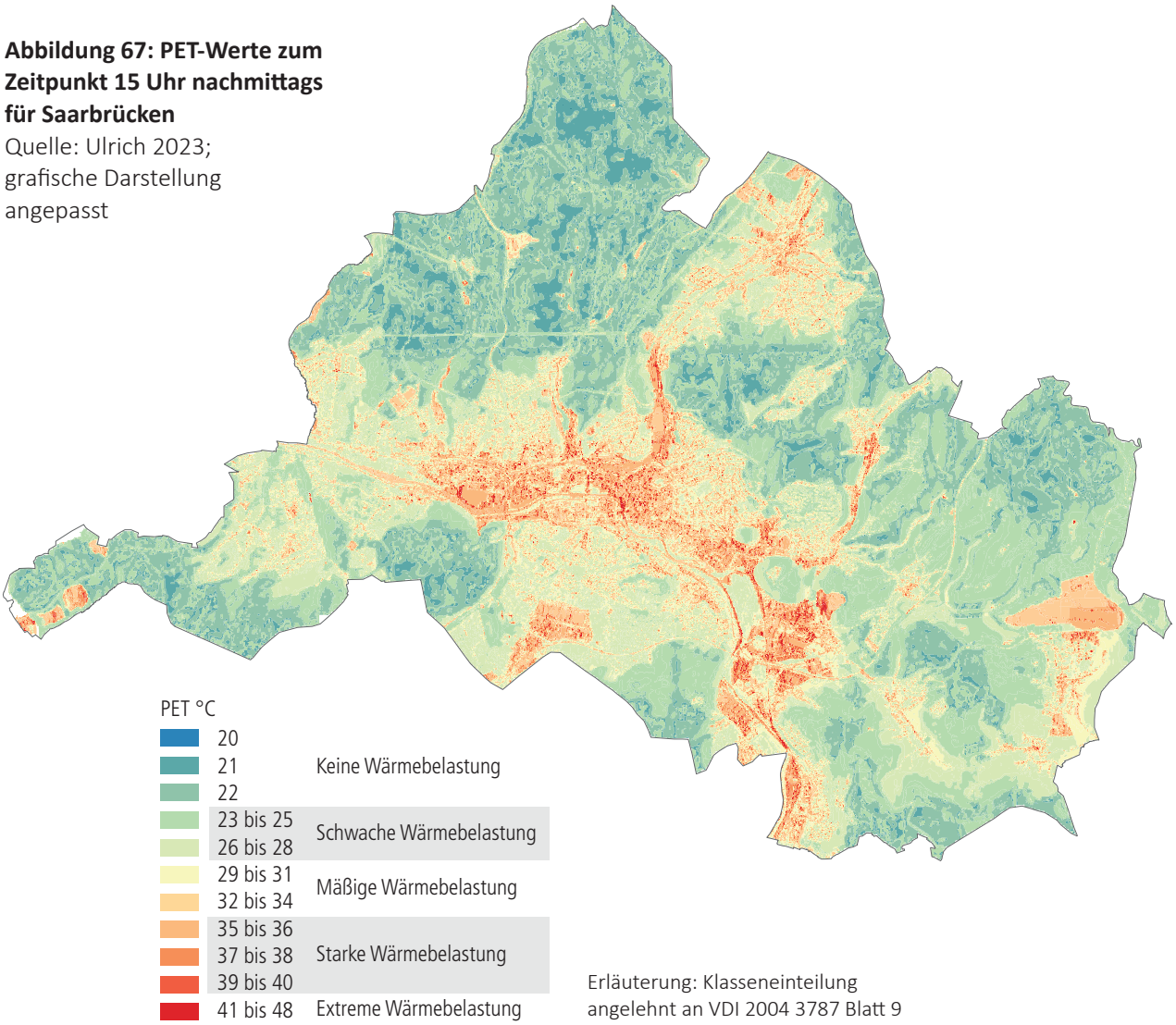
sowie die verdichteten städtischen Quartiere und die Blockrandbebauung durch maximale Werte auszeichnen. Vergleichbare Werte erzielen auch die großflächigen Gewerbegebiete im Südwesten und Osten des Stadtgebiets. Als zweiter wesentlicher Parameter wurde das Strömungsfeld modelliert (4 Uhr nachts), das die Strömungsrichtung und -geschwindigkeit aufzeigt (ebd.: 20 f.).

Hänge mit deutlich mehr als einem Grad Neigung führen zu Kaltluftabflüssen; diese weisen gegenüber den rein thermisch angetriebenen Flurwinden meist höhere Strömungsgeschwindigkeiten auf (ebd.: 21). Kaltluftströmungen aus dem Umland erreichen große Teile des Innenstadtbereichs nicht oder nicht im nennenswerten Maße, „da die hohe Bebauungsdichte und das im Vergleich zum Freiland höhere Temperaturniveau die Kaltluftströmung abschwächen“ (ebd.: 22). Auch weist der Kaltluftvolumenstrom für die innenstadtnahen Siedlungsflächen einen meist sehr geringen bis geringen Umfang auf (ebd.: 23).

Die Tagsituation

Im Rahmen der Aktualisierung des Freiraumentwicklungsprogramms Saarbrücken wurde zudem die thermische Belastung am Tage (15 Uhr) mithilfe des ENVI-met-Modells berechnet (Ulrich 2023). Als Grundlagen dienten neben der aktualisierten Strukturtypenkarte auch der Gebäude-

Abbildung 67: PET-Werte zum Zeitpunkt 15 Uhr nachmittags für Saarbrücken
Quelle: Ulrich 2023; grafische Darstellung angepasst



Erläuterung: Klasseneinteilung angelehnt an VDI 2004 3787 Blatt 9

und Stadtbaumbestand der Stadt Saarbrücken sowie aktuelle Versiegelungsdaten für die Gesamtstadt (LUP 2022). Das Modell wird auf einer räumlichen Auflösung von 10 m x 10 m betrieben. Als Analyseszenario wird wiederum die sommerliche autochthone Hochdruckwetterlage angesetzt (volle Sonneneinstrahlung, windarme Situation, Maximaltemperatur von 30°C um 15 Uhr, Luftfeuchte bei 55 %). Die numerische Simulation richtet sich an der VDI-Richtlinie 3785, Blatt 1, aus und berücksichtigt zahlreiche meteorologische Faktoren: Lufttemperatur, Oberflächentemperatur der Erdoberfläche sowie umliegender Gebäude, Strahlungsbilanz aus solarer und thermischer Ein- und Ausstrahlung, Luftfeuchtigkeit und Windgeschwindigkeit (Ulrich 2023).

Berechnet wurde die PET als thermodynamische Kenngröße (vgl. Kap. 10.3.3) zum Analysezeitpunkt 15 Uhr und gemäß VDI-Richtlinie für einen „Durchschnittsmenschen" (75 kg Gewicht, 180 cm Körpergröße, leichte Kleidung). Die PET hängt in erster Linie ab von der direkten Sonneneinstrahlung, der Verschattung, der Windgeschwindigkeit und der Rückstrahlung von Gebäuden. Die Einteilung der PET orientiert sich in Bezug auf das Wärmeempfinden an den in Tabelle 11 dargestellten Werten.

Als Ergebnis der Simulationsrechnung treten in Saarbrücken vereinzelt maximale PET-Werte von 47°C beziehungsweise 48°C auf. Erhöhte und hohe PET-Werte ergeben sich für die verdichteten Stadtbereiche, wobei insbesondere Straßenschluchten mit Sonneneinstrahlung höchste PET-Werte erreichen (Ulrich 2023; vgl. Abb. 67).

11.3.2 Modellierung der thermischen Situation im Innenraum

Die Modellierung der Innenraumbelastung für Saarbrücken ist eine Weiterentwicklung der Vorgehensweise für die Stadt Reutlingen (Hartz et al. 2020b, 2020d; vgl. Kap. 10.3.3). Die Simulationsstudie wurde auch in diesem Fall von PFAFFEROTT erstellt (Hartz et al. 2023b). Als Eingangsdaten dienten im Wesentlichen die aktuellen Testreferenzjahre des DWD sowie – zur Kalibrierung – die im Kontext der Arbeiten am FEP erstellte PET-Berechnung (vgl. Kap. 11.3.1).

Die Simulationsstudie basiert auf dem sogenannten Simple-Hourly-Method-Modell nach DIN EN ISO 13790:2008-09 (Pfafferott et al. 2021). Im Gegensatz zur Simulation in Reutlingen baut diese Simulation im Grundsatz auf drei sogenannten generischen Gebäudetypen auf, die das thermale Verhalten eines kühlen, durchschnittlichen und warmen Gebäudes – „cool (MIN), normal (MEAN), and warm (MAX) building" – repräsentieren (ebd.: 15; vgl. Tab. 18): Das generische Modell beruht insbesondere auf verallgemeinerten Annahmen bezüglich des Gebäudestandards und des Nutzerverhaltens in Wohngebäuden.

Ein umfangreicher Datensatz von gemessenen Raumtemperaturen aus verschiedenen Messkampagnen wurde statistisch ausgewertet, um Gebäudeeigenschaften für die Berechnung von Raumtemperaturen im Sommer zu definieren. Wichtige Parameter sind dabei der mittlere Wärmedurchgangskoeffizient, die Wärmespeicherkapazität, die internen und solaren Wärmegewinne sowie die vom Nutzerverhalten abhängige minimale und maximale Luftwechselrate (ebd.: 13). Für die generischen Gebäudetypen wird das dynamische Temperaturverhalten bestimmt. Das generische Modell bildet daher in Verbindung mit dem Nutzerverhalten generalisierte bauphysikalische Parameter ab (ebd.: 13 ff.).

Die operative Raumtemperatur im Innenraum bezieht sich auf die Luft- und die mittlere Strahlungstemperatur und ist mit der gefühlten Außentemperatur vergleichbar, wie sie im deutschen Hitzewarnsystem verwendet wird (Hartz et al. 2020d: 67). Als Schwellenwert wurde eine operative Raumtemperatur von 26°C angesetzt (vgl. Matzarakis 2016; Koschenz et al. 2021; Tab. 11).

Mit diesem Schwellenwert erfolgte die Bestimmung der Überhitzungsgradstunden: Diese werden über das Jahr als Summenwert berechnet, wobei nicht nur die Überschreitung von 26°C in die Berechnung eingeht, sondern auch die Höhe der Überschreitung (Pfafferott et al. 2021).

Für die Simulation wurden die drei Gebäudetypen (MIN, MEAN, MAX) für vier Stadtlagen (L1 bis L4) und vier Gebäudeorientierungen – Nord (n), Ost (o), Süd (s) und West (w) – sowie den Mittelwert aus den Gebäudeorientierungen (nosw) gerechnet (Hartz et al. 2023b auf Basis von Pfafferott 2023). Die Stadtlagen (L) werden über die unterschiedlichen PET-Klassen bestimmt und lassen sich über die PET-Berechnung für Saarbrücken verorten:

- L1: ≤ 29°C (keine oder schwache Wärmebelastung im Außenraum)
- L2: > 29 bis 35°C (mäßige Wärmebelastung im Außenraum)
- L3: > 35 bis 41°C (starke Wärmebelastung im Außenraum)
- L4: > 41°C (extreme Wärmebelastung im Außenraum)

Daraus wurde ein Datensatz generiert, der für die 12 Fallkonstellationen (MIN.L1 bis MAX.L4) die mittlere operative Raumtemperatur im Innenraum (in Grad Celsius) und die Überhitzungsgradstunden (über 26°C) als jährlicher Summenwert (in Kelvin) angibt (vgl. Tab. 18). Die maximale thermische Innenraumbelastung ergibt sich für die Westausrichtung in allen Gebäudeklassen und für alle Lagen.

Tabelle 18: Simulationsergebnisse der thermischen Innenraumbelastung für Saarbrücken
Quelle: Hartz et al. 2023b auf Basis von Pfafferott 2023; grafische Darstellung angepasst, verändert

gGT	Lage (L1 bis L4)	[e]	[mT] n	[mT] o	[mT] s	[mT] w	[mT] nosw	[e]	[Kh] n	[Kh] o	[Kh] s	[Kh] w	[Kh] nosw
MIN	Umland (L1)	19,1	21,1	25,9	22,8	26,0	24,0	780,7	0,0	1954,7	0,0	2066,4	1005,3
	Stadtrand (L2)	20,3	21,7	26,5	23,4	26,6	24,5	1024,9	11,5	2628,0	47,7	2755,3	1360,6
	Stadtgebiet (L3)	20,7	22,0	26,7	23,7	26,8	24,8	1170,1	52,7	2927,4	140,7	3060,5	1545,3
	Stadtzentrum (L4)	21,4	22,5	27,0	24,2	27,2	25,2	1477,2	179,2	3405,4	368,5	3541,5	1873,6
MW	Umland (L1)	19,1	20,9	26,2	23,5	26,3	24,3	780,7	18,6	2568,3	79,2	2676,2	1335,6
	Stadtrand (L2)	20,3	22,3	27,0	24,3	27,1	25,1	1024,9	257,0	3477,0	527,0	3592,8	1963,4
	Stadtgebiet (L3)	20,7	22,8	27,2	24,7	27,3	25,5	1170,1	439,4	3866,7	842,8	3987,4	2284,1
	Stadtzentrum (L4)	21,4	23,6	27,7	25,3	27,8	26,1	1477,2	832,2	4508,4	1471,8	4642,7	2863,8
MAX	Umland (L1)	19,1	22,7	26,5	24,2	26,6	25,0	780,7	281,2	3247,6	607,4	3351,8	1872,0
	Stadtrand (L2)	20,3	23,6	27,3	25,2	27,5	25,9	1024,9	903,2	4336,2	1542,7	4454,7	2809,2
	Stadtgebiet (L3)	20,7	24,1	27,7	25,6	27,8	26,3	1170,1	1255,9	4816,9	2040,7	4944,9	3264,6
	Stadtzentrum (L4)	21,4	24,7	28,2	26,2	28,3	26,8	1477,2	1859,8	5594,8	2878,0	5745,0	4019,4

Stadtlage:
L1: ≤ 29°C
L2: > 29 bis 35°C
L3: > 35 bis 41°C
L4: > 41°C

Generische Gebäudetypen (gGT):
MIN: kühles Gebäude
MW = MEAN: mittleres Gebäude
MAX: warmes Gebäude

Temperaturen und Überhitzungsgradstunden:
[mT] = mittlere operative Raumtemperatur in °C als jährliches Mittel
[Kh] = Überhitzungsgradstunden (über 26°C) als jährlicher Summenwert in Kelvin
[e] = Umgebungstemperatur (exterior)

Gebäudeorientierung:
n = Nordorientierung
o = Ostorientierung
s = Südorientierung
w = Westorientierung
nosw = Mittelwert aller Gebäudeorientierungen

Verräumlichung der Simulationsergebnisse

Die Definition von Gebäudetypen mit vergleichbarem Temperaturverhalten ist aus bauphysikalischer Sicht zwar sinnvoller als eine Klassifizierung über Baualtersstufen gemäß der sogenannten Deutschen Wohngebäudetypologie (IWU 2015, 2022) (vgl. Pfafferott et al. 2021). Da jedoch die Wohngebäudetypologie zumeist die einzige einfach zugängliche Möglichkeit einer stadtweiten Klassifizierung ist und Gebäude gleichen Bautyps und Alters in der Regel ähnliche Charakteristika und (thermische) Eigenschaften aufweisen, werden die für das Modell in Saarbrücken genutzten fünf IWU-Gebäudetypen mit je spezifischem Baualter den generischen Gebäudetypen zugeordnet (Hartz et al. 2023b nach Pfafferott 2023). Dies geschieht über die Gebäudeparameter, die in der Deutschen Wohngebäudetypologie angegeben sind, beispielsweise Raumgröße, U-Wert, Fenster/Wand-Verhältnis oder verwendete Materialien (ebd.; vgl. Tab. 19).

Auf Grundlage der im Rahmen der Arbeiten am FEP aktualisierten Geodaten zur Siedlungsstruktur wurden für die (teilweise weiter differenzierten) Wohnbaublöcke zunächst die fünf Baualtersklassen über Angaben aus städtischen Bebauungsplänen, eine Auswertung von Onlinekartendiensten sowie durch Ortsbegehungen bestimmt (Hartz et al. 2023a, b; vgl. Abb. 68). In 0,4 % der Fälle war eine Zuordnung nicht möglich; dies betraf in erster Linie Einzelgebäude und Gehöfte im Außenbereich. Im nächsten Schritt erfolgte eine Zuordnung der generischen Gebäudetypen zu den Baualtersklassen (vgl. Abb. 69). Darauf aufbauend wurden die Ergebnisse der Simulation zu den Überhitzungsgradstunden auf die Wohnbaublöcke entsprechend der generischen Gebäudetypen und des Lagekriteriums übertragen.

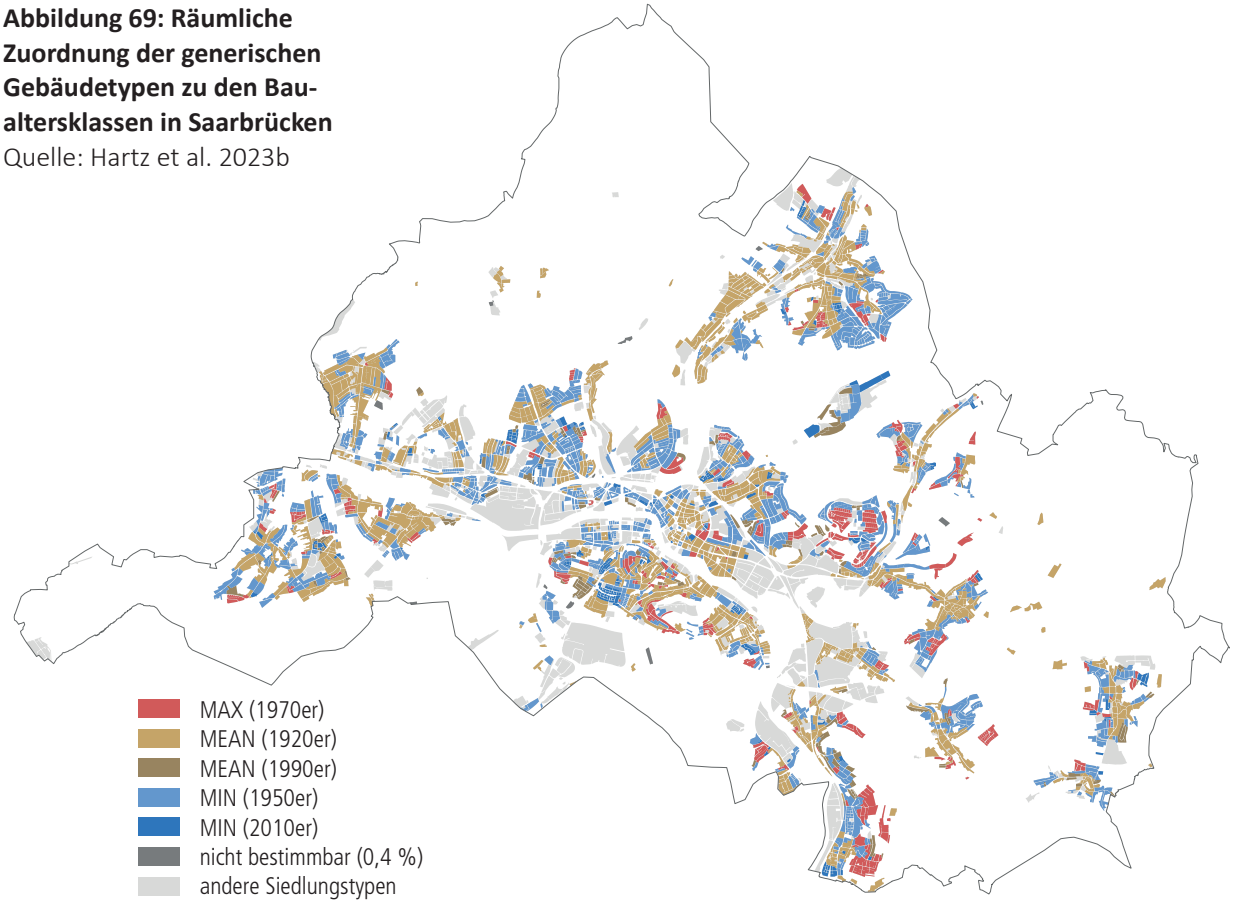
Tabelle 19: Zuordnung der generischen Gebäudetypen zur Wohngebäudetypologie und den Baualtersklassen des IWU
Quelle: eigene Darstellung nach IWU 2015, 2022; Hartz et al. 2023b und Pfafferott et al. 2021: 13 ff.

Wohngebäudetypologie des IWU*	Charakterisierung**	Generische Gebäudetypen***
Baualtersklassen A, B und C bis 1948 („1920er")	Gebäude der vorindustriellen Phase sowie der Gründerzeit; ab den 1920er-Jahren zunehmende Industrialisierung der Baustoffherstellung	Gebäudetyp „normal" (MEAN) building
Baualtersklassen D und E bis 1968 („1950er")	Einfache Bauweise der Nachkriegszeit; seit den 1960er-Jahren wird die Verwendung von Stahlbeton in vielen Variationen bestimmend	Gebäudetyp „cool" (MIN) building
Baualtersklassen F und G 1983 („1970er")	Neue industrielle Bauweisen und Fertighaus-Bauweise; ab Ende der 1970er-Jahre höhere wärmetechnische Anforderungen (1. Wärmeschutzverordnung)	Gebäudetyp „warm" (MAX) building
Baualtersklassen H und I bis 2001 („1990er")	Weiter verbesserter Wärmeschutz gemäß 2. Wärmeschutzverordnung (WSchV 84) und 3. Wärmeschutzverordnung (WSchV 95)	Gebäudetyp „normal" (MEAN) building
Baualtersklassen J, K und L ab 2002 („2010er")	Energieeinsparverordnung EnEV 2002; neue Anforderungen der EnEV ab Herbst 2009; Niedrigenergiehäuser als Regel-Standard; Förderung für KFW-Effizienzhäuser 70, 55 und 40	Gebäudetyp „cool" (MIN) building

* Haustypenmatrix in IWU 2015: 9; ** ausführliche Beschreibung in IWU 2015: 10 ff.;
*** Beschreibung der jeweiligen bauphysikalischen Parameter in Pfafferott et al. 2021: 13 ff.

Abbildung 68: Zuordnung der Baualtersklassen zu den Siedlungsstrukturtypen in Saarbrücken (Ausschnitt)
Quelle: eigene Darstellung auf der Basis von Hartz et al. 2023b

Abbildung 69: Räumliche Zuordnung der generischen Gebäudetypen zu den Baualtersklassen in Saarbrücken
Quelle: Hartz et al. 2023b



Da sich die Gebäudeorientierung für die Gesamtstadt nicht mit angemessenem Aufwand differenziert darstellen lässt, wurde für die Verräumlichung der Simulationsergebnisse ein Wert für den jeweiligen Siedlungsstrukturtyp beziehungsweise die räumlich differenzierteren Baualtersklassen angenommen. Hierzu wurde zum einen der Mittelwert aus der Gebäudeorientierung (nosw), zum anderen die Westausrichtung gewählt. Letztere dient dazu, den Worst Case zu beschreiben, zumal – vor dem Hintergrund einer Zunahme der thermischen Belastung im Zuge Klimawandels – mit dem Vorsorgeprinzip in der räumlichen Planung argumentiert werden kann.

Die beiden Matrizes in Abbildung 70 ordnen nochmals die einzelnen Komponenten der Simulation sowie der Verräumlichung (Lagekriterium) den gerechneten Überhitzungsgradstunden zu. Sie beziehen sich auf die beiden oben beschriebenen unterschiedlichen Gebäudeausrichtungen innerhalb der Siedlungsstrukturtypen mit Wohnnutzung. Die Farbcodierung vermittelt die Einteilung in Bewertungsklassen. Die Klasseneinteilung folgt für die jährlichen Summenwerte der Überhitzungsgradstunden über 26°C in Kelvin (Kh) den Empfehlungen von PFAFFEROTT in Anlehnung an die ISO 7730 (Hartz et al. 2023b):

- sehr geringe Wärmebelastung < 1.250 Kh/a
- geringe Wärmebelastung < 2.080 Kh/a
- mittlere Wärmebelastung < 2.920 Kh/a
- hohe Wärmebelastung < 3.750 Kh/a
- sehr hohe Wärmebelastung > 3.750 Kh/a

Bei der Westausrichtung ergibt sich eine sehr deutliche Überschreitung des Schwellenwerts für die Bewertungsklasse sehr hohe Wärmebelastung: Der Maximalwert liegt bei einem ungünstigen Gebäudebestand und in zumeist zentralen Lagen mit hohen PET-Werten bei 5.745 Überhitzungsgradstunden. Der generische Gebäudetyp „warm“ (MAX) überschreitet den Schwellenwert in fast allen städtischen Lagen.

Die räumliche Verteilung der Überhitzungsgradstunden in Saarbrücken wurde für die beiden Fälle – (1) Mittelwert der Gebäudesaurichtung (nosw) und (2) Westausrichtung (w) des Wohngebäudebestands – über die Baualtersklassen beziehungsweise generischen Gebäudetypen (vgl. Abb. 68 und Abb. 69) sowie die PET-Werte als Lagekriterium bestimmt. Zur Bestimmung des Lagekriteriums erfolgte eine Zuordnung der PET-Werte zu den Siedlungsstrukturtypen anhand des PET-Maximalwerts im Bereich des jeweiligen Gebäudebestands.

Abbildung 71 zeigt die Ergebnisse für die oben beschriebene Klasseneinteilung in geringe bis sehr hohe Wärmebelastung. Die Flächenanteile der Klassen verteilen sich wie folgt:

- sehr geringe Wärmebelastung: 1,1 % (nsow)
- geringe Wärmebelastung: 59,8 % (nosw) und 1,1 % (w)
- mittlere Wärmebelastung: 33,8 % (nosw) und 20,7 % (w)
- hohe Wärmebelastung: 4,8 % (nosw) und 39,1 % (w)
- sehr hohe Wärmebelastung: 0,1 % (nosw) und 38,7 % (w)

Bereiche mit sehr geringer Wärmebelastung treten demnach sehr kleinflächig lediglich im Fall der Mittelwerte der Gebäudesaurichtung (nosw) auf (1,1 % Flächenanteil), fehlen hingegen im Fall der Westausrichtung (w) ganz. Bei der sehr hohen Wärmebelastung dreht sich dieses Verhältnis um: Hier liegt der Flächenanteil im Fall der Westausrichtung bei 38,7 %, im Fall der Mittelwerte der Gebäudesaurichtung bei lediglich 0,1 %. Insgesamt verschiebt sich der Schwerpunkt durch eine westliche Orientierung der Gebäudeausrichtung sehr stark in Richtung hohe und sehr hohe Wärmebelastung. Für die höchsten Werte bei dieser Ausrichtung ließe sich wohl eine weitere Bewertungsklasse im Sinne einer „extremen“ Wärmebelastung anschließen. Diese Verschiebung im Falle dieses Worst-Case-Szenarios verweist auch auf mögliche Auswirkungen des Klimawandels bei weiter zunehmendem Hitzestress in den Städten.

Die räumliche Verteilung der Wärmebelastung in Innenräumen folgt der Ausprägung des Gebäudebestands, demnach der Verteilung der generischen Gebäudetypen in der Stadt sowie der Ausprägung der Umgebungstemperatur (PET-Werte). Letztere differenziert die Verteilung dahingehend, dass zentrale und hochverdichtete Lagen durchaus sichtbar werden. Gleichwohl ergibt sich durch den hohen Einfluss der Bausubstanz ein räumlich sehr differenziertes Bild, das bei Weitem nicht allein der Ausprägung der typischen städtischen Wärmeinsel folgt. Vielmehr tritt insbesondere der Gebäudebestand der Baualtersklassen F und G des IWU („1970er") deutlich hervor, weitgehend unabhängig vom Lagekriterium.

Zusammenfassend belegen die Ergebnisse den hohen Einfluss des wärmetechnischen Verhaltens und der Ausrichtung der Gebäude. Die teilweise erhebliche Abweichung von der Umgebungstemperatur wird in Kapitel 11.3.3 nochmals vertieft betrachtet. Hierfür und zur Bestimmung des Risikos (vgl. Kap. 11.3.5) kommen die Mittelwerte der Gebäudeausrichtung zum Einsatz.

Abbildung 70: Überhitzungsgradstunden für den (1) Mittelwert der Gebäudeausrichtung sowie für die (2) Westausrichtung des Wohngebäudebestands in Kelvin (Kh) für Saarbrücken
Quelle: Hartz et al. 2023b

(1) Mittelwert aller Gebäudeorientierungen (nosw)			Wärmebelastung im Außenraum			
			Lage 1 ≤ 29°C (keine oder schwache Wärmebelastung im Außenraum)	Lage 2 > 29 – 35°C (mäßige Wärmebelastung im Außenraum)	Lage 3 > 35 – 41°C (starke Wärmebelastung im Außenraum)	Lage 4 > 41°C (extreme Wärmebelastung im Außenraum)
gen. Gebäudetypen	MIN	1950er (1949–1968) 2010er (ab 2002)	**1.005,3**	**1.360,6**	**1.545,3**	**1.873,6**
	MEAN	1920er (bis 1948) 1990er (1984–2001)	**1.335,6**	**1.963,4**	**2.284,1**	**2.863,7**
	MAX	1970er (1969–1983)	**1.872,0**	**2.809,2**	**3.264,6**	**4.019,4**

(2) Westorientierung der Gebäude (w)			Wärmebelastung im Außenraum			
			Lage 1 ≤ 29°C (keine oder schwache Wärmebelastung im Außenraum)	Lage 2 > 29 – 35°C (mäßige Wärmebelastung im Außenraum)	Lage 3 > 35 – 41°C (starke Wärmebelastung im Außenraum)	Lage 4 > 41°C (extreme Wärmebelastung im Außenraum)
gen. Gebäudetypen	MIN	1950er (1949–1968) 2010er (ab 2002)	**2.066,4**	**2.755,3**	**3.060,5**	**3.541,5**
	MEAN	1920er (bis 1948) 1990er (1984–2001)	**2.676,2**	**3.592,8**	**3.987,4**	**4.642,7**
	MAX	1970er (1969–1983)	**3.351,8**	**4.454,7**	**4.944,9**	**5.745,0**

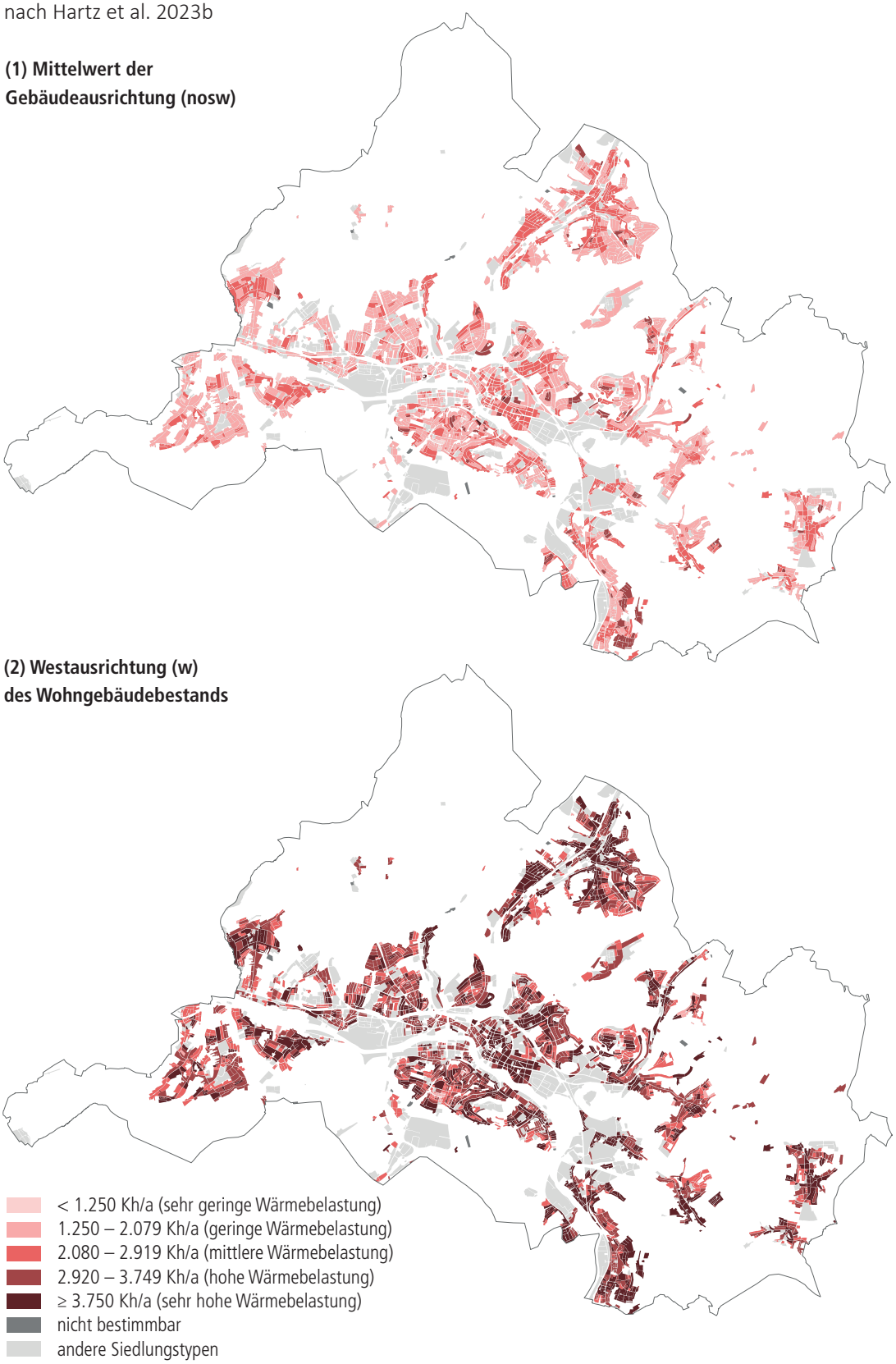
Erläuterung: Die Farbeinteilung spiegelt die Klassifizierung der Wärmebelastung im Innenraum wider; vgl. Abb. 71

Abbildung 71: Simulationsergebnisse der jährlichen Überhitzungsgradstunden über 26°C in Kelvin (Kh) für den (1) Mittelwert der Gebäudeausrichtung sowie für die (2) Westausrichtung des Wohngebäudebestands in Saarbrücken

Quelle: eigene Darstellung
nach Hartz et al. 2023b

(1) Mittelwert der Gebäudeausrichtung (nosw)

(2) Westausrichtung (w) des Wohngebäudebestands



11.3.3 Exposition der Siedlungsstrukturtypen Wohnen gegenüber Hitzestress

Die Identifikation von gegenüber Hitzestress exponierten Wohnquartieren baut auf den Ergebnissen der Gefährdungsmodellierung auf. Hierüber wird die Expositionssituation in ihrem räumlichen Umfang und ihrer Intensität dargestellt.

Über die Modellierung der Außentemperatur in der Nacht lässt sich die städtische Wärmeinsel nachvollziehen. Für eine Abgrenzung der bioklimatischen Belastungssituation in der Nacht erfolgt eine Zuordnung relevanter Klimaparameter zu den Blockflächen der digitalen Nutzungsinformationen und damit eine Abgrenzung klimaökologisch wirksamer Nutzungsstrukturen (GEO-NET Umweltconsulting GmbH 2012: 12). Diese dienen als Bezugseinheiten für die Klimafunktionskarte, die bioklimatisch belastete Siedlungsräume (Wirkungsraum) und Kaltluft produzierende, unbebaute und vegetationsgeprägte Flächen (Ausgleichsräume) differenziert (ebd.: 32). Die bioklimatische Belastungssituation der Baublöcke in der Nacht wurde als PMV-Wert (Predicted Mean Vote, vgl. Kap. 10.3.3) ausgegeben (ebd.: 34). Die Berechnung des PMV-Werts basiert auf meteorologischen Parametern und bildet die bioklimatische Situation für eine Sommernacht mit geringem Luftaustausch und ungehinderter langwelliger Ausstrahlung bei einem wolkenlosen Himmel ab (ebd.: 14 f.). Die thermische nächtliche Belastung korreliert im Wesentlichen mit der Bebauungsdichte und dem Versiegelungsgrad, allerdings werden die Effekte durch den Einfluss von Grünflächen und lokalen Kaltlufteinwirkungen kleinräumig deutlich modifiziert (ebd.: 15). Die bioklimatisch ungünstigen und weniger günstigen Wirkungsräume vermitteln einen Eindruck von der Ausbildung einer städtischen Wärmeinsel bei sommerlichen autochthonen Hochdruckwetterlagen.

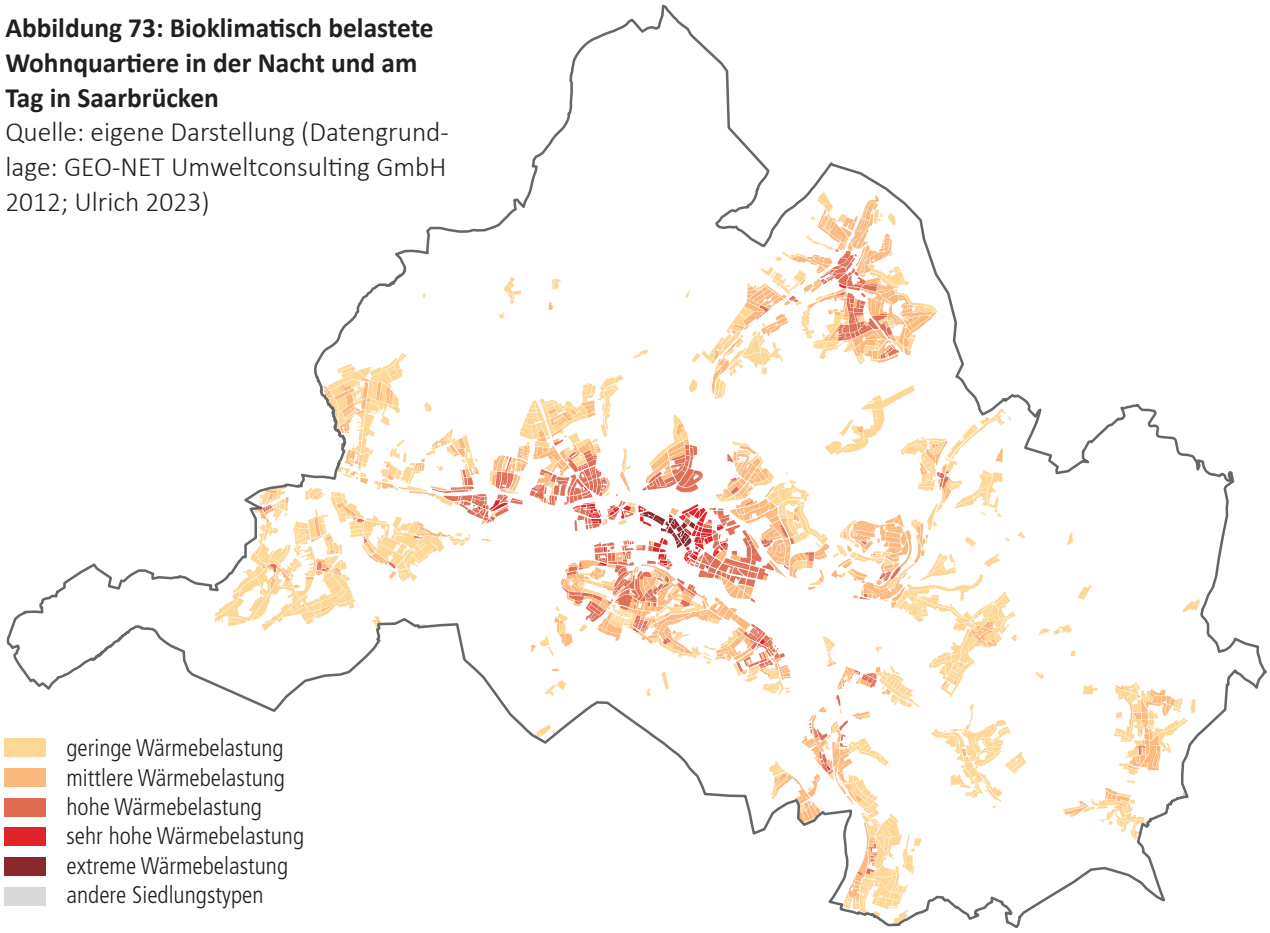
Die Modellierung der PET-Werte zeigt Hotspots des Hitzestresses am Tag im Außenraum. Die Klassifizierung der PET-Werte entspricht der Einteilung in Tabelle 11. Diese wurde über einen Matrixansatz mit der nächtlichen Wärmebelastung verknüpft (vgl. Abb. 72). Dazu erfolgte zunächst eine Umlegung der PMV-Werte auf ein 10 m x 10 m-Raster – vergleichbar zu den PET-Werten. Für beide Parameter wurden – bezogen auf die Einheiten der Siedlungsstrukturtypen – Mittelwerte berechnet und wiederum den Klassen zugeordnet. Die Mittelwertbildung für die Siedlungsstrukturtypen führt dazu, dass die Kategorie der extremen Wärmebelastung nicht zum Tragen kommt, wenngleich beispielsweise einzelne PET-Werte 41°C in der Modellierung überschreiten.

Die Ergebnisse zeigt Abbildung 73: Deutlich wird die Konzentration thermisch stark belasteter Siedlungsbereiche in den hoch verdichteten und versiegelten städtischen Lagen. Dabei entfallen 31,2 % der Siedlungsstrukturtypen mit Wohnnutzung in die Kategorie der mittleren Wärmebelastung; 14,2 %

Abbildung 72: Matrix zur Verknüpfung der thermischen Belastung am Tag und in der Nacht im Außenraum
Quelle: eigene Darstellung

PET-Wert (Tag) / Bioklima (Nacht)	schwache Wärmebelastung > 22 – 29°C	mäßige Wärmebelastung > 29 – 35°C	starke Wärmebelastung > 35 bis 41°C	extreme Wärmebelastung > 41°C
sehr günstige bioklimatische Situation	gering	gering	mittel	hoch
günstige bioklimatische Situation	gering	mittel	hoch	sehr hoch
weniger günstige bioklimatische Situation	mittel	hoch	sehr hoch	extrem
ungünstige bioklimatische Situation	hoch	sehr hoch	extrem	extrem

Abbildung 73: Bioklimatisch belastete Wohnquartiere in der Nacht und am Tag in Saarbrücken
Quelle: eigene Darstellung (Datengrundlage: GEO-NET Umweltconsulting GmbH 2012; Ulrich 2023)



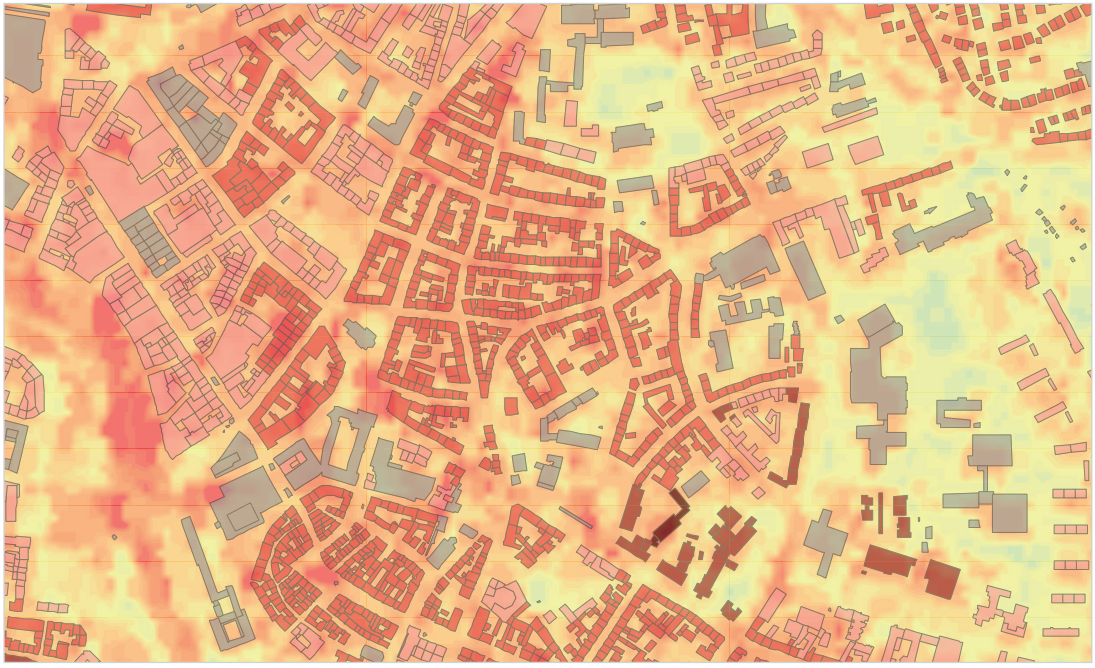
in die Kategorie hohe Wärmebelastung. Nur bei 1,6 % der Flächen ist von einer sehr hohen und lediglich bei 0,6 % von einer extremen Wärmebelastung auszugehen. Der überwiegende Anteil der Siedlungsflächen liegt somit in Bereichen mit mittlerer und geringer Wärmebelastung.

Ein differenziertes Bild ergibt sich in der Zusammenschau mit Bereichen (sehr) hoher thermischer Innenraumbelastung in Saarbrücken. Die Kartenausschnitte in Abbildung 74 zeigen die Überlagerung der thermischen Belastung im Außenraum am Tag (PET-Werte) und die modellierte thermische Innenraumbelastung für Wohngebäude. Dabei handelt es sich bei St. Johann um eine innerstädtische Lage mit sowohl hoher Außen- als auch hoher Innenraumbelastung. Demgegenüber wird für das Wohngebiet Eschberg im Nordosten Saarbrückens und in ausgesprochener Randlage die Differenz zwischen geringer Außentemperatur aber hoher Innenraumbelastung offenkundig.

Die Kartenausschnitte in Abbildung 75 zeigen dieselben Bereiche. Sie beziehen sich auf Basis normalisierter Datensätze jedoch explizit auf die Differenz zwischen PET- und Innenraumwerten. Sowohl die Werte der Innenraumbelastung als auch die PET-Werte wurden vorab über eine Min-Max-Normalisierung einheitlich skaliert. Die Differenz ergibt sich über die Subtraktion der PET-Werte von den Werten der thermischen Innenraumbelastung. Demnach sind die Differenzen an beiden Enden der Ergebnisskala besonders groß. Rote Farbwerte bedeuten eine hohe Innen- und eine geringe Außenraumbelastung; bei gelb-ockerfarbenen Farbwerten ist dies umgekehrt; bei den Blautönen sind die Differenzen gering. Die rot oder gelb-ockerfarben gekennzeichneten Flächen betreffen 39,7 % der Siedlungsstrukturtypen Wohnen in der Gesamtstadt. Für die thermische Belastung der Wohnbevölkerung ergibt sich somit in großen Teilbereichen der Stadt eine sehr unterschiedliche Exposition gegenüber Hitzestress – je nachdem, ob die Innenraum- oder die Außenraumbelastung betrachtet wird.

Abbildung 74: Überlagerung von Innenraummodellierung (jährliche Überhitzungsgradstunden in Kelvin [Kh] für den Mittelwert der Gebäudeausrichtung Wohnen) und PET-Modellierung (15 Uhr) in Saarbrücken (Ausschnitte)
Quelle: eigene Darstellung

Kartenausschnitt im Bereich St. Johann



Kartenausschnitt im Bereich Eschberg

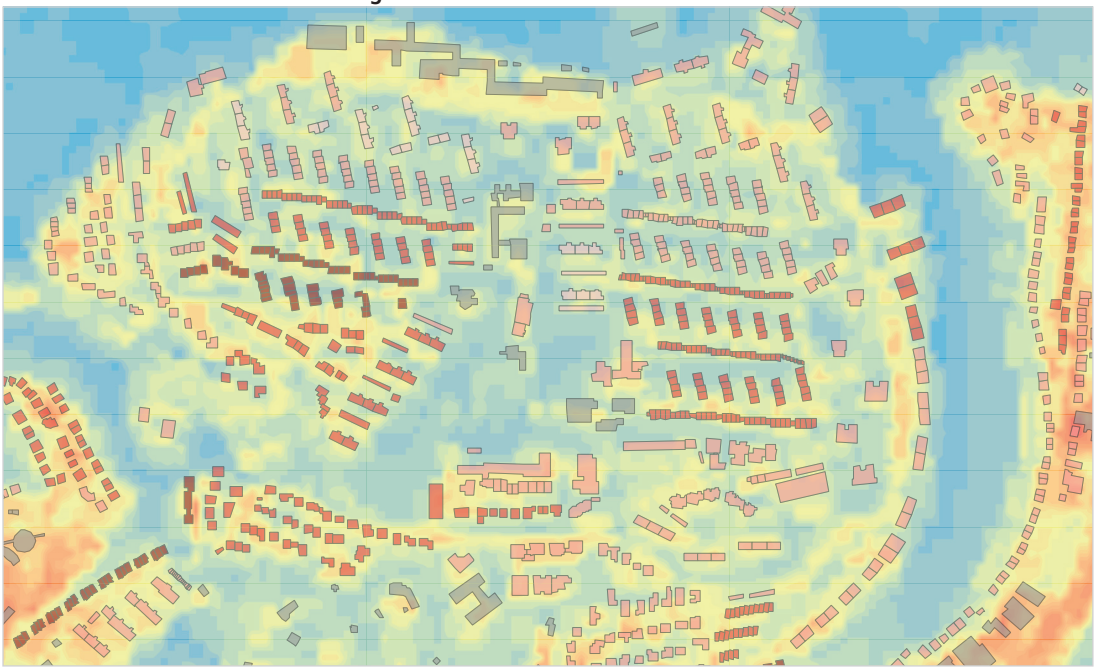
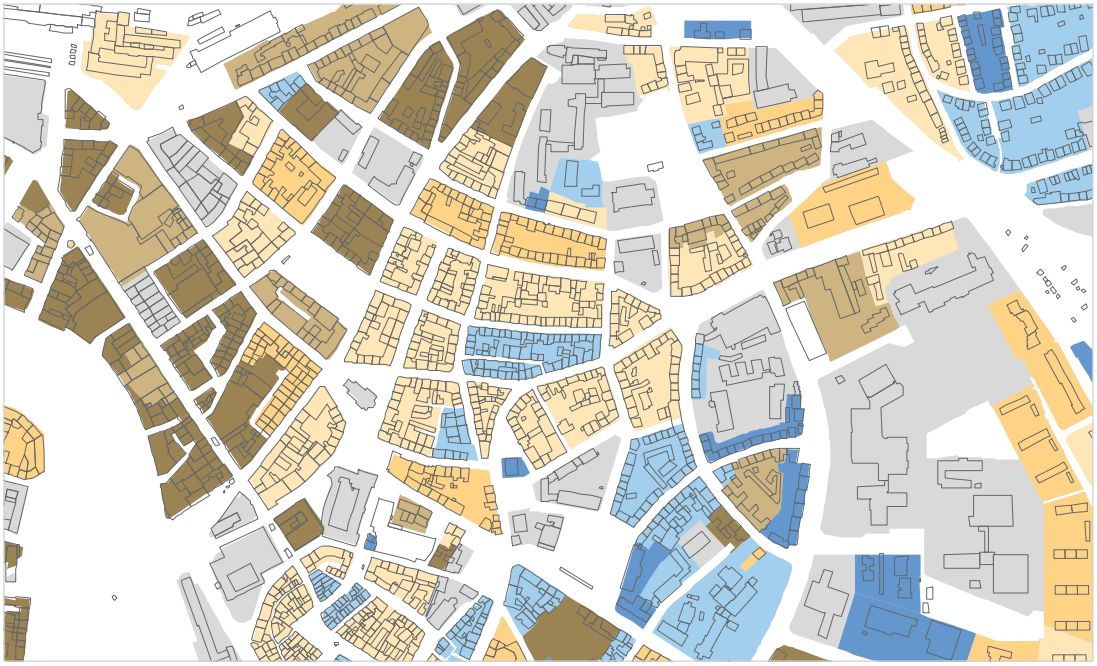
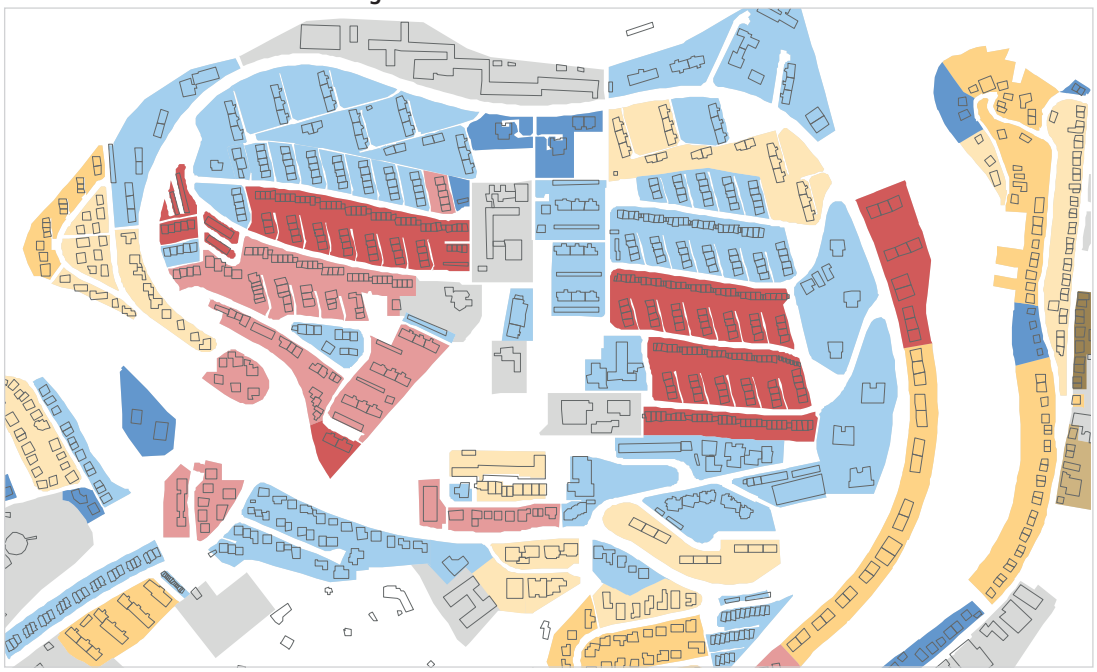


Abbildung 75: Differenz von Innenraummodellierung (jährliche Überhitzungsgradstunden in Kelvin [Kh] für den Mittelwert der Gebäudeausrichtung Wohnen) und PET-Modellierung (15 Uhr) in Saarbrücken (Ausschnitte)
Quelle: eigene Darstellung

Kartenausschnitt im Bereich St. Johann



Kartenausschnitt im Bereich Eschberg



Differenz der min-max-normalisierten Werte

- > 0,3 – 0,4
- > 0,2 – 0,3
- > 0,1 – 0,2
- > 0,0 – 0,1
- > - 0,1 – 0,0
- > - 0,2 – - 0,1
- > - 0,3 – - 0,2
- > - 0,4 – - 0,3
- > - 0,5 – - 0,4
- ≤ - 0,5
- nicht bestimmbar
- andere Siedlungstypen

Erläuterung: Rote Farbwerte bedeuten eine hohe Innen- und eine geringe Außenraumbelastung; bei gelb-ockerfarbenen Farbwerten ist dies umgekehrt; bei den Blautönen sind die Differenzen gering. Werte über 0,4 treten nicht nicht auf.

11.3.4 Modellierung der hitzebezogenen Vulnerabilität

Die beiden zentralen Komponenten zur Modellierung der Vulnerabilität – Sensitivität und Bewältigungskapazität – werden für die GIS-gestützte Analyse über ein Indikatorenset gefasst. Dieses Indikatorenset legt die Basis für das hitzebezogene Vulnerabilitätsprofil, das die räumliche Ausprägung von Vulnerabilität in einer Kartensequenz aufbereitet.

„Gesundheit für alle"-Ansatz und Identifikation vulnerabler Gruppen

Die Modellierung der Sensitivität unterscheidet aufgrund des spezifischen Schutzguts „Mensch und menschliche Gesundheit" zwischen dem „Gesundheit für alle"-Ansatz und der Identifikation vulnerabler Gruppen. Der „Gesundheit für alle"-Ansatz folgt der Erkenntnis, dass Hitzestress alle Bevölkerungsgruppen trifft und damit generell negative Folgen für die menschliche Gesundheit einhergehen (vgl. Kap. 10.3.4). Insofern kann die Bevölkerung insgesamt als Indikator dafür dienen, die Anzahl der Betroffenen in den hitzeexponierten Bereichen abzubilden.

Die Identifikation vulnerabler und somit besonders hitzesensitiver Gruppen orientiert sich an den in Tabelle 12 und Kapitel 10.3.5 ausgeführten Wirkungszusammenhängen; darüber erfolgt eine Zuordnung von Indikatoren, die diese repräsentieren (vgl. Tab. 20). In Tabelle 20 wird zudem vermerkt, ob der Indikator neben der Sensitivität zudem Hinweise auf die Bewältigungskapazität („Coping Capacity") zulässt: So stellt beispielsweise ein geringer Sozialstatus im Falle der Morbidität einen konfundierenden Faktor dar und wirkt sich deshalb auf die Hitzesensitivität aus. Gleichzeitig korreliert ein geringer Sozialstatus negativ mit der Bewältigungskapazität (vgl. Kap. 10.1.1). Für einige Faktoren beziehungsweise Indikatoren stehen für die empirischen Arbeiten keine Daten zur Verfügung; dies ist in der Tabelle angegeben. Das abgeleitete Kernindikatorenset baut auf für die Gesamtstadt verfügbaren Daten auf. Damit können jedoch einige für die Wirkungszusammenhänge bei Hitzestress relevante Faktoren – beispielsweise spezifische Vorerkrankungen – nicht abgebildet werden.

Statistische Daten

Die statistischen Daten stammen vom Amt für Entwicklungsplanung, Statistik und Wahlen der LHS, wobei allerdings nur wenige Datensätze für die Ebene der statistischen Blöcke vorlagen. Das Amt konnte demographische und sozioökonomische Informationen datenschutzkonform bereitstellen. Auf Ebene der statistischen Blöcke wurden drei Merkmale übermittelt: die Bevölkerungszahl (Personen am Ort der Hauptwohnung), die Anzahl der Haushalte, darunter auch Einpersonenhaushalte, sowie die Bevölkerung nach verschiedenen Altersklassen. Aus Datenschutzgründen ist eine Ausgabe nicht für alle Blöcke möglich: Blöcke mit weniger als elf Personen (am Ort der Hauptwohnung) wurden ausgeklammert. So wurden statistische Blöcke, in denen weniger als elf Personen wohnen beziehungsweise die betrachteten Merkmalsausprägungen tragen, anonymisiert.

In Ergänzung zu den amtlichen Daten wurden deshalb Daten des privaten Anbieters microm angekauft. Microm generiert die inhaltlichen Informationen aus mehreren Quellen: Hierzu zählen neben öffentlichen Behörden insbesondere Informationen des Verbands der Vereine Creditreform (microm 2023: 6 f.). Die Daten liegen hochaufgelöst für sogenannte Mikrozellen vor, wobei eine Mikrozelle mindestens vier und durchschnittlich sechs Haushalte umfasst (ebd.). Die im Rahmen dieser Arbeit verwendeten Datensätze wurden seitens microm bereits auf die statistischen Blöcke Saarbrückens aggregiert und entsprechen in ihrem räumlichen Zuschnitt somit den verwendeten amtlichen Daten. Durch Verknüpfung der microm-Daten mit Datenbanken wie etwa dem Sozioökonomischen Panel (SOEP) des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung (DIW) werden diese weitergehend validiert (ebd.). Allerdings bleiben die Datensätze mit Unsicherheiten behaftet, da es sich nicht um eine einheitliche Quelle, sondern um eine Zusammenstellung von Daten aus

Tabelle 20: Besonders hitzesensitive und vulnerable Gruppen (Wohnbevölkerung) und zugeordnete Indikatoren
Quelle: eigene Darstellung

Faktor	Vulnerable Gruppen	Indikator	Sensitivität	Coping	Datenverfügbarkeit	Räumliche Auflösung
Eingeschränkte physiologische Anpassungskapazität	Ältere Menschen, v. a. über 75 bzw. 80 Jahre	Altersgruppe über 80 Jahre	X	x	gegeben	statistische Blöcke
	Säuglinge und Kleinkinder	Altersgruppe unter 6 Jahre	X	x	gegeben	statistische Blöcke
	Schwangere	Schwangere	X		nicht gegeben	
Multimorbidität	Ältere Menschen, insbesondere über 65 Jahre	Altersgruppe über 65 Jahre	X		gegeben	statistische Blöcke
	Menschen mit geringerem Sozialstatus (konfundierender Faktor)	(Sozialindizes) Einzelindikatoren: - Einkommen - Bildung - Arbeitslosigkeit	X		gegeben	statistische Blöcke
Spezifische Vorerkrankung	Menschen mit spezifischen Vorerkrankungen (vgl. Tab. 12)	• Vorerkrankungen, Medikamenteneinnahmen und Übergewicht beziehen sich in erster Linie auf die Sensitivität der betroffenen Personengruppen. • Die Angaben stehen i. d. R. nicht kleinräumig (Ebene der statistischen Blöcke oder Distrikte) zur Verfügung, sondern liegen zumeist nur auf Kreisebene vor. • Eine Annäherung kann in Bezug auf spezifischen Vorerkrankungen über die alterskorrelierte Multimorbidität vorgenommen werden (vgl. Kap. 10.3.5). Dies gilt nicht für Menschen mit starkem Übergewicht.				
	Menschen mit Medikamentierung zur Behandlung der Vorerkrankungen					
	Menschen mit starkem Übergewicht					
Behinderung und funktionelle Einschränkungen	Menschen mit körperlichen Behinderungen	• Personengruppen mit schweren körperlichen bzw. kognitiven Einschränkungen können sich schlechter selbst vor Hitze schützen und besitzen somit eine verminderte Bewältigungskapazität. Dies gilt gleichermaßen für bettlägerige Personen in privaten Haushalten. • Angaben zu körperlicher und geistiger Behinderung sowie zu Bettlägerigkeit in Privathaushalten stehen i. d. R. nicht kleinräumig (Ebene der statistischen Blöcke oder Distrikte) zur Verfügung, sondern liegen zumeist nur auf Kreisebene vor. • Eine Annäherung für bettlägerige Menschen in Privathaushalten kann über die alterskorrelierte Multimorbidität vorgenommen werden (vgl. Kap. 10.3.5)				
	Menschen mit geistigen Behinderungen					
	Bettlägerige Menschen in Privathaushalten					
	Menschen in Pflegeeinrichtungen	Standorte der Pflegeeinrichtungen	x	X	gegeben	statistische Blöcke
Benachteiligende Lebenslage	Sozial isolierte Personen, insbesondere im hohen Alter	Singlehaushalte der über 65-Jährigen	x	X	gegeben	statistische Blöcke
	Obdachlose Menschen	Obdachlose Menschen	x	X	nicht gegeben	
	Sozioökonomisch benachteiligte Menschen	(Sozialindizes) Einzelindikatoren: (s. o.)		X	gegeben	statistische Blöcke
		Nichtdeutsche		X	gegeben	statistische Blöcke
		Flüchtlingsunterkünfte		X	nicht gegeben	

Erläuterung: X = prioritär; x = untergeordnet, bzw. in Kombination mit anderen Faktoren relevant.
Die Daten liegen teilweise personen-, teilweise haushaltsbezogen vor.

unterschiedlichen Quellen mit verschiedenen Raumbezügen handelt, sodass zur Disaggregation auf Mikrozellen multivariate Prognoseverfahren genutzt werden (Goebel/Hoppe 2015: 32).

GOEBEL und HOPPE konnten im Rahmen des Forschungsprojekts „Ausmaß und Trends sozialräumlicher Segregation in Deutschland" im Auftrag des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales über einen teilweisen Abgleich zwischen microm-Daten und veröffentlichten Informationen aus der amtlichen Statistik zum Ausländeranteil vornehmen (ebd.: 35). Hier zeigte sich für die Anzahl an Haushalten mit ausländischen Personen „eine deutliche Übereinstimmung des Musters" (ebd.). Insofern sind die Daten mit den gegebenen Einschränkungen eine sinnvolle Ergänzung der amtlichen Statistiken, um überhaupt eine kleinräumige Abbildung von Vulnerabilität unterhalb der Distrikt-, Stadtteil oder gar Gemeindeebene erzielen zu können. Gleichwohl gilt weiterhin:

> „Die Bereitstellung flächendeckender Informationen für die wissenschaftliche Öffentlichkeit seitens der amtlichen Statistik auf kleinräumiger Ebene ist jedoch sehr zu begrüßen und sollte weiterhin deutlich ausgebaut werden, um für künftige Analyse sozialräumlicher Problemstellungen auch auf offizielle Zahlen zurückgreifen zu können" (ebd.).

Die Beschreibung der verwendeten Datensätze ist dem Anhang (Datengrundlagen) zu entnehmen.

Einzelindikatoren und Aggregation

Die Ausprägungen der Einzelindikatoren wurden innerhalb der statistischen Blöcke auf die Siedlungsstrukturtypen mit Wohnbevölkerung disaggregiert. Für die jeweiligen Indikatorausprägungen erfolgt eine statistische Klassifizierung auf Basis von Mittelwert und Standardabweichung, bezogen auf die Siedlungsstrukturtypen mit Wohnbevölkerung im statistischen Block. Hier gibt es durchaus Alternativen, beispielsweise eine gesetzte oder gleichmäßige Klasseneinteilung, eine Einteilung nach Perzentilen oder auch eine Normierung der Daten (vgl. Kap. 6.2). Da Vulnerabilität als relatives Konzept eingeordnet wird und normierte Schwellenwerte fehlen, geht es in erster Linie um eine Darstellung über- beziehungsweise unterdurchschnittlicher Merkmalsausprägungen in den analysierten Flächeneinheiten im Bezugsraum – hier die Gesamtstadt Saarbrücken. Die Verwendung von Mittelwert und Standardabweichungen zur Klassifizierung ist deshalb ein zielführender und gut kommunizierbarer Ansatz zur Visualisierung von Vulnerabilitätsprofilen.

Grundsätzlich erlaubt die Darstellung von Einzelindikatoren eine Identifikation spezifischer Risikogruppen und damit eine gezielte Adressierung über passgenaue (raum- und stadtplanerische) Strategien und Maßnahmen. Zudem kann das Indikatorenset und damit das Vulnerabilitätsprofil – je nach Datenlage – aktualisiert und erweitert werden.

Darüber hinaus ist eine Aggregation der Daten sinnvoll, um Quartiere zu identifizieren, die überdurchschnittlich hohe Anteile an vulnerablen Gruppen aufweisen. Dazu wurden die Kernindikatoren zu vulnerablen Gruppen einer Min-Max-Normalisierung unterzogen und über eine einfache Addition aggregiert. Im Rahmen einer Aggregation können Gewichtungen von Einzelindikatoren – entsprechend normativer Zielvorgaben oder Vereinbarungen – Schwerpunkte setzen. Darauf wurde im Rahmen der Arbeit in Bezug auf die Einzelindikatoren verzichtet. Allerdings wurde vorab eine Aggregation der Einzelindikatoren, die einen niedrigen Sozialstatus beziehungsweise eine sozioökonomische Benachteiligung widerspiegeln, vorgenommen und das Ergebnis wiederum normalisiert, um eine zu hohe Gewichtung dieser Einzelindikatoren im Verhältnis zu anderen Indikatoren zu vermeiden.

Unterschiedliche Aggregations- und Verknüpfungsregeln führen zu unterschiedlichen Ergebnissen. Die Kartensequenz des Vulnerabilitätsprofils (vgl. Abb. 76; vergrößerte Ausschnitte in Abb. 77) ermöglicht eine detaillierte Einschätzung und Diskussion der Ergebnisse im Rahmen der pla-

Tabelle 21: Flächenanteile der Indikatoren des Vulnerabilitätsprofils
Quelle: eigene Darstellung

Erläuterung:

$\bar{x}$ = Mittelwert; σ = Standardabweichung
SSTW = Siedlungsstruktutyp mit Wohnnutzung; 2,2 % der SSTW wurden anonymisiert (Zahl der EW unter 11).
HH = Haushalte
* Haushalte (HH) ohne/mit anderem Schulabschluss oder mit Hauptschulabschluss
** Aggregation der min-max-normalisierten Werte von HH mit Arbeitslosen, geringem Einkommen und geringem Bildungsabschluss
*** Aggregation der min-max-normalisierten Werte folgender Indikatoren: Personen < 6, 65-80, > 80 Jahre; Einpersonenhaushalte der über 65-Jährigen, Nichtdeutsche (HH), Anteile von HH mit geringem Sozialstatus

Indikator	Klassen		% an SSTW
Einwohnerzahl	$\leq \bar{x}$	≤ 121	43,8
	$> \bar{x} - \bar{x}+\sigma$	> 121 – 234	27,6
	$> \bar{x}+\sigma - \bar{x}+2\sigma$	> 234 – 347	14,6
	$> \bar{x}+2\sigma$	> 347	11,8
Kinder unter 6 Jahre		0	6,8
	$\leq \bar{x}$	≤ 6	44,8
	$> \bar{x} - \bar{x}+\sigma$	> 6 – 14	29,0
	$> \bar{x}+\sigma - \bar{x}+2\sigma$	> 14 – 23	11,0
	$> \bar{x}+2\sigma$	> 23	6,2
über 65-Jährige		0	0,7
	$\leq \bar{x}$	≤ 26	39,0
	$> \bar{x} - \bar{x}+\sigma$	> 26 – 54	32,5
	$> \bar{x}+\sigma - \bar{x}+2\sigma$	> 54 – 81	12,8
	$> \bar{x}+2\sigma$	> 81	12,8
über 80-Jährige		0	3,7
	$\leq \bar{x}$	≤ 8	40,9
	$> \bar{x} - \bar{x}+\sigma$	> 8 – 20	34,6
	$> \bar{x}+\sigma - \bar{x}+2\sigma$	> 20 – 32	9,0
	$> \bar{x}+2\sigma$	> 32	9,6
Einpersonenhaushalte der über 65-Jährigen		0	0,8
	$\leq \bar{x}$	≤ 14	43,2
	$> \bar{x} - \bar{x}+\sigma$	> 14 – 30	33,1
	$> \bar{x}+\sigma - \bar{x}+2\sigma$	> 30 – 46	11,8
	$> \bar{x}+2\sigma$	> 46	8,9
Nichtdeutsche (HH)		0	1,0
	$\leq \bar{x}$	≤ 13	58,0
	$> \bar{x} - \bar{x}+\sigma$	> 13 – 29	24,8
	$> \bar{x}+\sigma - \bar{x}+2\sigma$	> 29 – 46	6,7
	$> \bar{x}+2\sigma$	> 46	7,3
Arbeitslose (HH)		0	2,8
	$\leq \bar{x}$	≤ 8	58,5
	$> \bar{x} - \bar{x}+\sigma$	> 8 – 18	20,9
	$> \bar{x}+\sigma - \bar{x}+2\sigma$	> 18 – 28	8,3
	$> \bar{x}+2\sigma$	> 28	7,3
HH mit geringem Bildungsabschluss*	$\leq \bar{x}$	≤ 30	52,2
	$> \bar{x} - \bar{x}+\sigma$	> 30 – 63	26,3
	$> \bar{x}+\sigma - \bar{x}+2\sigma$	> 63 – 97	11,8
	$> \bar{x}+2\sigma$	> 97	7,5
HH mit Einkommen unter 1.500 Euro		0	52,9
	$\leq \bar{x}$	≤ 23	26,9
	$> \bar{x} - \bar{x}+\sigma$	> 23 – 75	8,5
	$> \bar{x}+\sigma - \bar{x}+2\sigma$	> 75 – 128	3,9
	$> \bar{x}+2\sigma$	> 128	6,6
HH mit niedrigem Sozialstatus**		≤ 0,25	65,7
		> 0,25 – 0,50	18,6
		> 0,50 – 0,75	5,7
		> 0,75 – 1,00	3,8
		> 1,00	4,0
Aggregation der min-max-normalisierten Indikatoren***		≤ 0,25	22,8
		> 0,25 – 0,50	28,7
		> 0,50 – 0,75	16,2
		> 0,75 – 1,00	9,9
		> 1,00	20,2

nerischen, partizipativen und politischen Prozesse wie auch eine Anpassung hinsichtlich der Verwendung von Indikatoren, deren Bewertung, Aggregation und Verknüpfung.

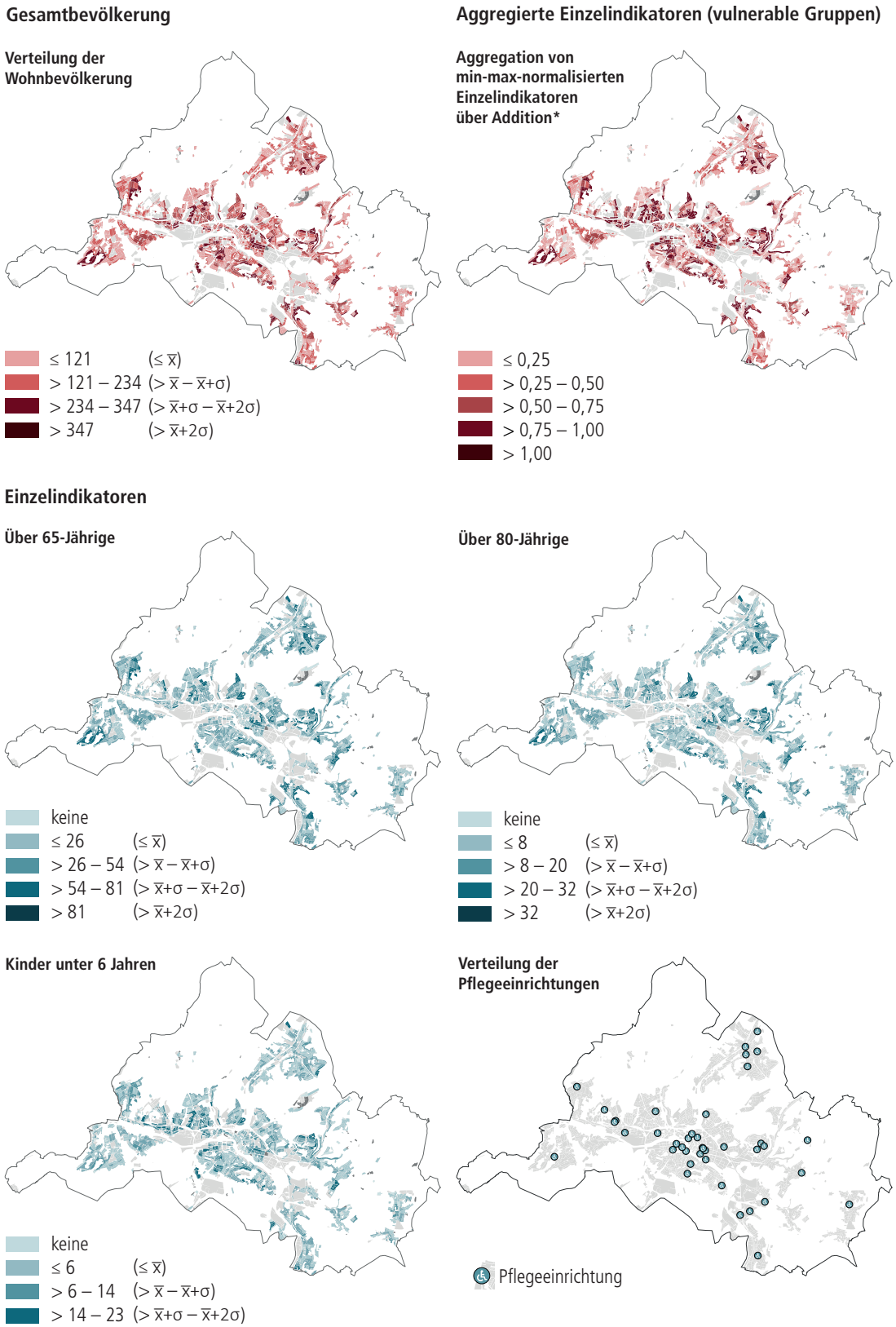
Ergebnis

Abbildung 76 visualisiert das Vulnerabilitätsprofil in seinen Einzelaspekten: Gesamtbevölkerung, aggregierter Indikatorwert sowie Einzelindikatoren zu vulnerablen Gruppen. Diese geben die unterschiedlichen Facetten von Vulnerabilität wieder. Sie können für verschiedene Auswertungsperspektiven und Anwendungszwecke genutzt werden. Die Visualisierung der Einzelindikatoren erlaubt deren direkte Berücksichtigung in den weiteren Analyse- und Planungsprozessen.

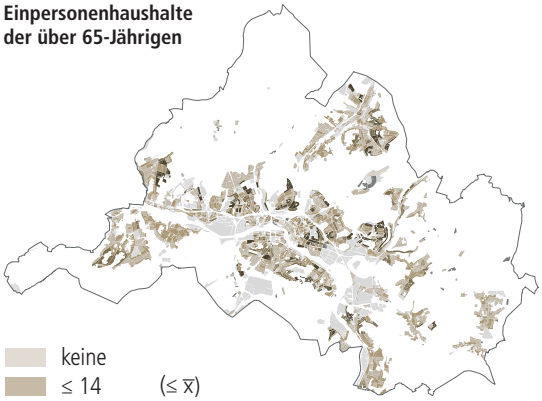
Die räumliche Verteilung der Merkmalsausprägungen legen die Unterschiede offen, was für eine gesonderte Betrachtung sprechen kann – je nach Frage- und Aufgabenstellung (vgl. Ausschnitte in Abb. 77). Tabelle 21 gibt einen Überblick zu den Flächenanteilen der betrachteten Indikatoren. Die Anteile über dem Mittelwert beziehungsweise einer oder zwei Standardabweichungen, geben Hinweise auf Schwerpunkte von Vulnerabilitäten im Stadtgebiet – bezogen auf die unterschiedlichen Bevölkerungsgruppen.

Im nächsten Schritt wird über die Exposition gegenüber Gefährdungen die Risikosituation für die vulnerablen Bevölkerungsgruppen im Fokus bestimmt.

Abbildung 76: Vulnerabilitätsprofil für Saarbrücken
Quelle: eigene Darstellung (Datenbasis: LHS 2023, microm 2023)

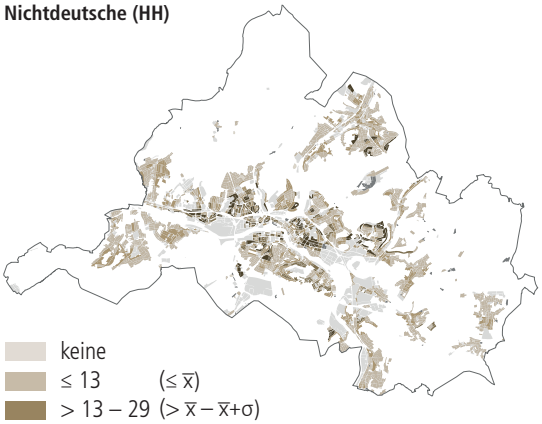


Einpersonenhaushalte der über 65-Jährigen



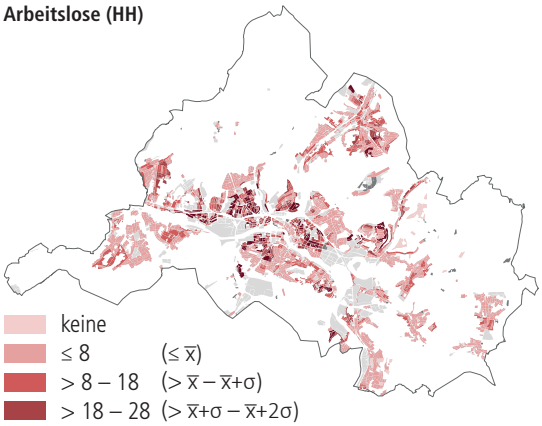
keine
≤ 14 (≤ x̄)
> 14 – 30 (> x̄ – x̄+σ)
> 30 – 46 (> x̄+σ – x̄+2σ)
> 46 (> x̄+2σ)

Nichtdeutsche (HH)



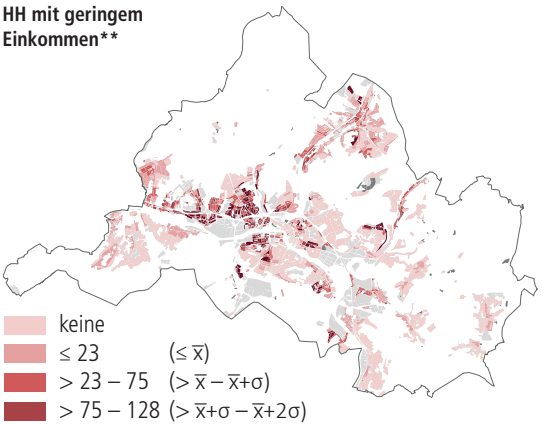
keine
≤ 13 (≤ x̄)
> 13 – 29 (> x̄ – x̄+σ)
> 29 – 46 (> x̄+σ – x̄+2σ)
> 46 (> x̄+2σ)

Arbeitslose (HH)



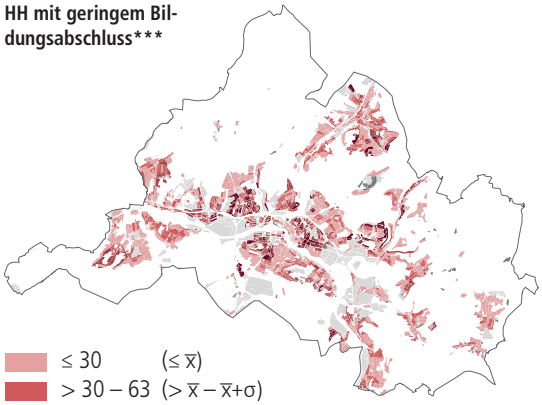
keine
≤ 8 (≤ x̄)
> 8 – 18 (> x̄ – x̄+σ)
> 18 – 28 (> x̄+σ – x̄+2σ)
> 28 (> x̄+2σ)

HH mit geringem Einkommen**



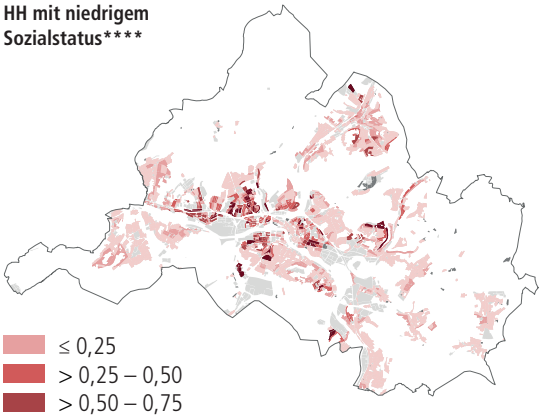
keine
≤ 23 (≤ x̄)
> 23 – 75 (> x̄ – x̄+σ)
> 75 – 128 (> x̄+σ – x̄+2σ)
> 128 (> x̄+2σ)

HH mit geringem Bildungsabschluss***



≤ 30 (≤ x̄)
> 30 – 63 (> x̄ – x̄+σ)
> 63 – 97 (> x̄+σ – x̄+2σ)
> 97 (> x̄+2σ)

HH mit niedrigem Sozialstatus****



≤ 0,25
> 0,25 – 0,50
> 0,50 – 0,75
> 0,75 – 1,00
> 1,00

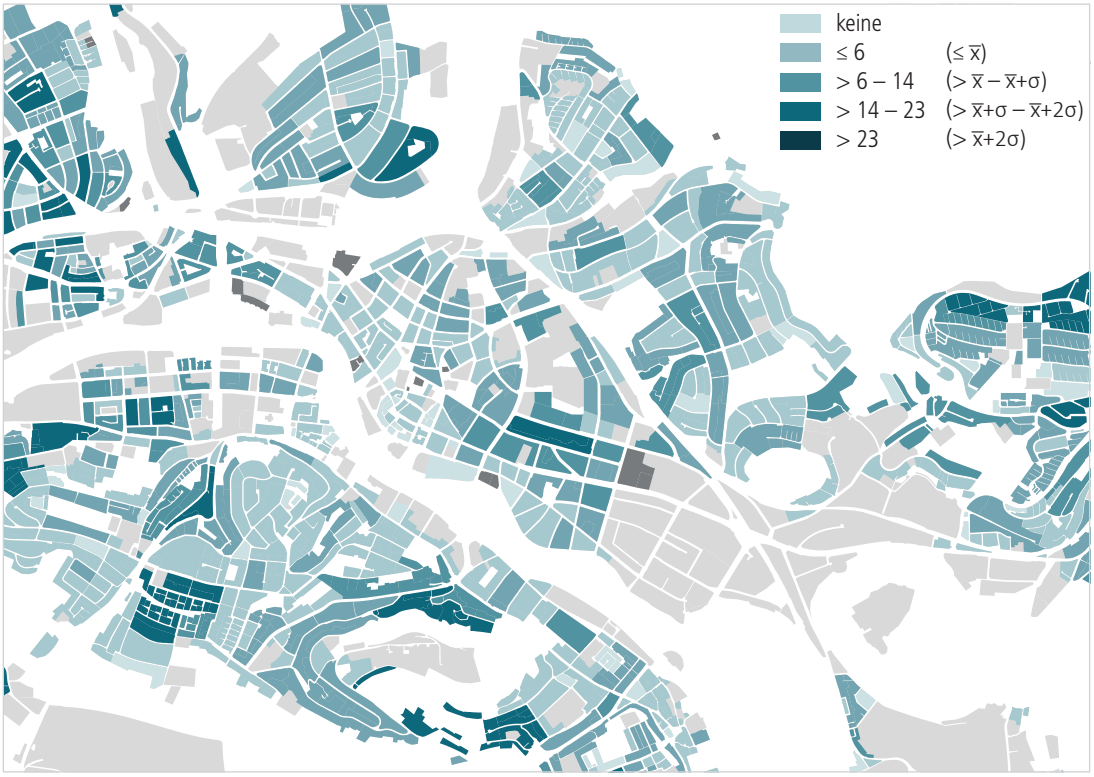
Erläuterung:
* Aggregation der min-max-normalisierten Werte folgender Einzelindikatoren: Personen < 6, 65–80, > 80 Jahre; Einpersonenhaushalte der über 65-Jährigen, Nichtdeutsche (HH), Anteile von HH mit geringem Sozialstatus
** Haushalte (HH) mit einem Nettoeinkommen unter 1.500 Euro
*** Haushalte (HH) ohne/mit anderem Schulabschluss oder mit Hauptschulabschluss
**** Aggregation der min-max-normalisierten Werte von HH mit Arbeitslosen, geringem Einkommen und geringem Bildungsabschluss

anonymisierte Blöcke (unter 11 EW)
andere Siedlungstypen

Abbildung 77: Indikatorenausprägung zu vulnerablen Gruppen im Vergleich (Ausschnitte)
Quelle: eigene Darstellung (Datenbasis: LHS 2023, microm 2023)

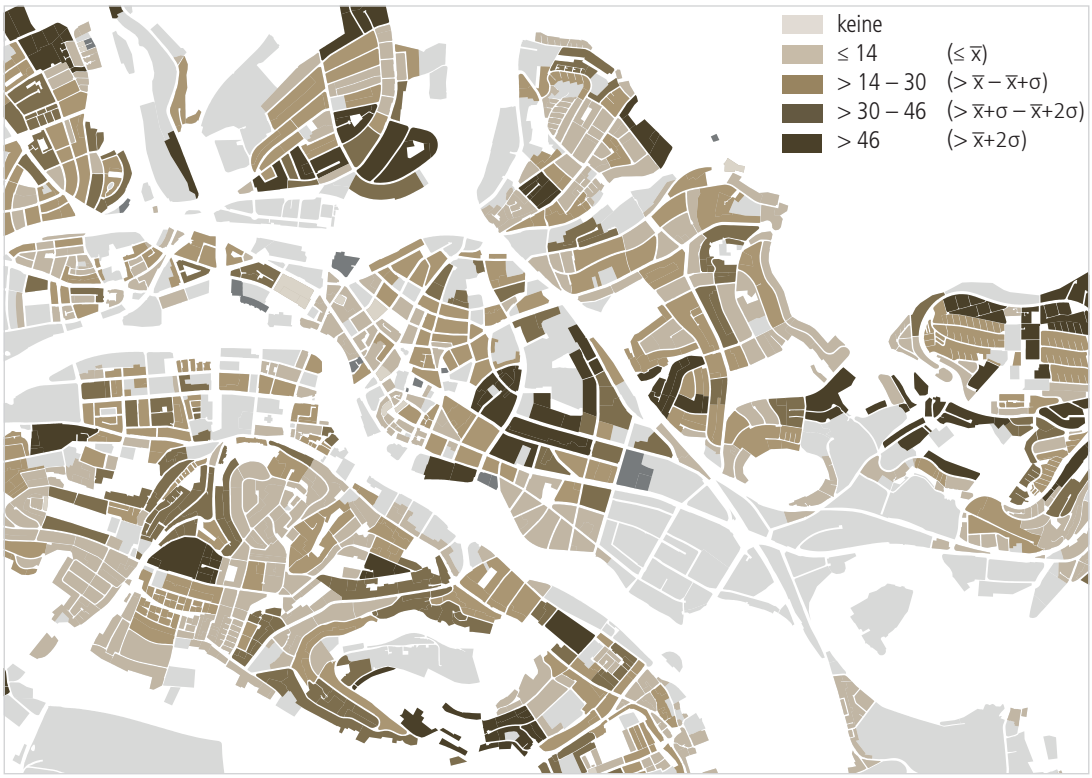
Aggregierte Einzelindikatoren für vulnerable Gruppen

Kinder unter 6 Jahre



Erläuterung: Legendenhinweise s. Abb. 76

Einpersonenhaushalte der über 65-Jährigen



Arbeitslose (HH)

Erläuterung: Legendenhinweise s. Abb. 76

11.3.5 Verknüpfung von Exposition und Vulnerabilität: städtische Risikoprofile für Hitzestress

Über die räumlich konkrete Expositionssituation in Bezug auf Hitzestress lässt sich das ortsbezogene Vulnerabilitätsmuster abbilden, welches mit den Instrumenten und Verfahren der Raumplanung gezielt adressiert werden kann. Die Verknüpfung von Gefährdung und Vulnerabilität ergibt in den exponierten Lagen wiederum das Risiko.

Die Ermittlung des Risikos folgt dem in Kapitel 9.3 beschriebenen Ansatz der räumlichen Risikovorsorge (vgl. BBSR 2020). Dazu wird ein Matrixansatz genutzt, der die Wärmebelastung mit den Bevölkerungsdaten zur Vulnerabilität verknüpft und eine Klasseneinteilung des Risikos ermöglicht. Diese Klasseneinteilung ist – vergleichbar mit anderen Bewertungsschritten – nicht objektiv her- oder normativ ableitbar. Insofern ist eine transparente Darlegung unverzichtbar, um die einzelnen Schritte von Bewertung, Aggregation und Verknüpfung den Entscheidungsprozessen im Rahmen partizipativer und politischer Prozesse in den Planverfahren zugänglich zu machen.

Die Grundmatrix gilt für alle Verknüpfungen; sie wird jedoch aufgrund der unterschiedlichen Skalierungen differenziert nach über Mittelwert und Standardabweichung klassifizierten Daten und min-max-normalisierten Daten (vgl. Abb. 78).

Die Risikoanalyse erfolgte für die Außen- und Innenraumbelastung aufgrund der teilweise erheblichen räumlichen Unterschiede getrennt (vgl. Kap. 11.3.3). Das Risiko wurde exemplarisch für die Gesamtbevölkerung, den aggregierten Indikatorwert zu vulnerablen Gruppen sowie für ausgewählte Einzelindikatoren beziehungsweise für Haushalte mit niedrigem Sozialstatus ermittelt (vgl. Abb. 79 und 80). Es zeigt sich, dass die Kategorien der mittleren bis extremen Hitzestress-Risiken sowohl für die Außen- als auch die Innenraumbelastung in der Regel rund ein Viertel bis ein Drittel der Flächen der Siedlungsstrukturtypen Wohnen betreffen.

Der detailliertere Vergleich der Risikoermittlung für die thermische Belastung im Außenraum in Bezug auf die Gesamtbevölkerung sowie den aggregierten Indikatorwert verdeutlicht, dass das Risiko mit dem Fokus auf vulnerable Gruppen erheblich steigt (vgl. Abb. 81): So entfallen 19,9 % Flächenanteil der Siedlungsstrukturtypen Wohnen bei der Gesamtbevölkerung auf die Risikoklassen hoch bis extrem; im Verhältnis dazu liegen die Werte beim aggregierten Indikatorwert zu vulnerablen Gruppen in diesen Risikoklassen deutlich höher bei 28 % Flächenanteil. Für die betrachteten Einzelindikatoren sowie die Haushalte mit niedrigem Sozialstatus ergibt sich eine Spannbreite von 19,3 % Flächenanteil bei den über 65-Jährigen, 18,4 % bei den Einpersonenhaushalten der über 65-Jährigen sowie 15,6 % bei Haushalten mit niedrigem Sozialstatus. Die Werte für die mittlere Wärmebelastung liegen zwischen 10,2 % Flächenanteil in Bezug auf Haushalte mit niedrigem Sozialstatus und 14,2 % Flächenanteil für die über 65-Jährigen. Im Zuge des Klimawandels und somit steigender Temperaturen rückt sicherlich auch diese Kategorie in den Fokus stadtplanerischer Interventionen.

Für die Innenraumbelastung ergibt sich folgendes Bild: 12,6 % des Flächenanteils der Siedlungsstrukturtypen Wohnen fallen mit Blick auf die Gesamtbevölkerung in die Risikokategorien hoch bis extrem. Beim aggregierten Indikatorwert zu vulnerablen Gruppen steigt der Anteil auf 20,1 % (vgl. Abb. 82). Bei den Einzelindikatoren ergibt sich eine Spannbreite von 5,9 % Flächenanteil für Haushalte mit niedrigem Sozialstatus bis zu 11,7 % Flächenanteil in Bezug auf die über 65-Jährigen. In der Kategorie der mittleren Wärmebelastung ergeben sich Prozentanteile zwischen 10,2 % (Haushalte mit niedrigem Sozialstatus) und 13,3 % (Einpersonenhaushalten der über 65-Jährigen).

Abbildung 78: Grundmatrizes zur Verknüpfung der Vulnerabilitätsindikatoren mit der thermischen Belastung zum Risiko
Quelle: eigene Darstellung

Grundmatrix für eine Klasseneinteilung über Mittelwert und Standardabweichung

therm. Belastung / Bevölkerungsdaten	mittlere Wärmebelastung	hohe Wärmebelastung	sehr hohe Wärmebelastung	extreme Wärmebelastung
$\leq \bar{x}$	gering	mittel	hoch	sehr hoch
$> \bar{x} - \bar{x}+\sigma$	mittel	hoch	sehr hoch	extrem
$> \bar{x}+\sigma - \bar{x}+2\sigma$	hoch	sehr hoch	extrem	extrem
$> \bar{x}+2\sigma$	sehr hoch	extrem	extrem	extrem

Grundmatrix für eine Klasseneinteilung über eine Min-Max-Normalisierung

therm. Belastung / Bevölkerungsdaten	mittlere Wärmebelastung	hohe Wärmebelastung	sehr hohe Wärmebelastung	extreme Wärmebelastung
Klasse 1 (≤ 0,25)	gering	mittel	hoch	sehr hoch
Klasse 2 (> 0,25 – 0,50)	mittel	hoch	sehr hoch	sehr hoch
Klasse 3 (> 0,50 – 0,75)	hoch	sehr hoch	sehr hoch	extrem
Klasse 4 (> 0,75 – 1,00)	sehr hoch	sehr hoch	extrem	extrem
Klasse 5 (> 1,00)	sehr hoch	extrem	extrem	sehr extrem

Erläuterung: Bereiche mit (sehr) geringer Wärmebelastung werden in der Risikoausprägung grundsätzlich mit „gering“ bewertet.

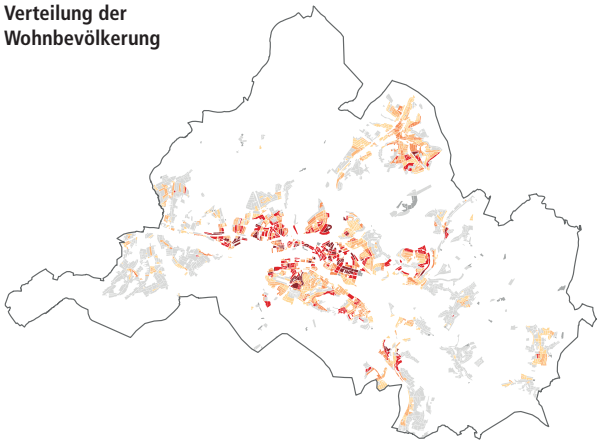
Die räumliche Verteilung auf die Distrikte beziehungsweise Stadtteile in Saarbrücken fallen bei der Risikoermittlung für die thermische Innen- und Außenraumbelastung unterschiedlich aus (vgl. Abb. 81 und 82): Die Außenraumbelastung weist eine deutliche Konzentration auf die Siedlungsbereiche im Saartal und somit auf die städtische Wärmeinsel auf. Hinzu kommt ein weiterer räumlicher Schwerpunkt in Dudweiler. Für die Innenraumbelastung ergibt sich ein diffuseres Bild der räumlichen Verteilung mit über das Stadtgebiet verteilten Siedlungsbereichen mit hohem bis extremem Risiko. Im Stadtteil Eschberg wird nochmals deutlich, dass sich die mit der thermischen Innen- und Außenraumbelastung verbundenen Risiken aus räumlicher Perspektive in der Verteilung nahezu komplementär darstellen.

Abbildung 79: Risikoprofil „Hitzestress im Außenraum“ in Saarbrücken
Quelle: eigene Darstellung

Risikosituation in Bezug auf...

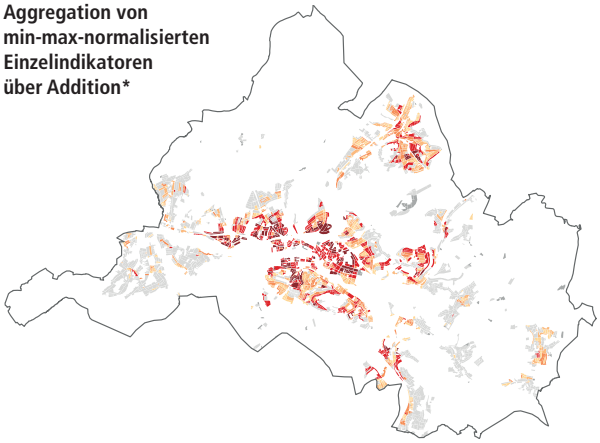
Gesamtbevölkerung

Verteilung der Wohnbevölkerung



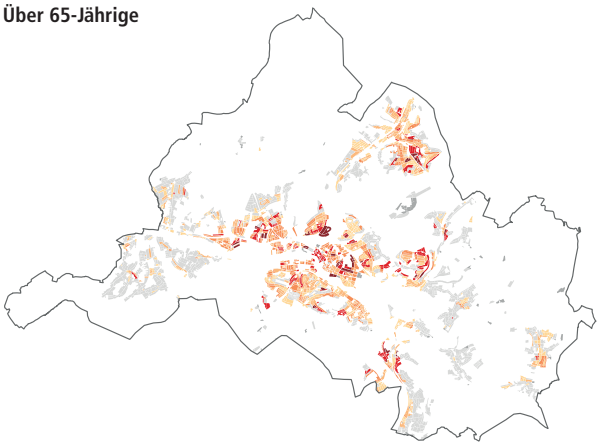
Aggregierte Einzelindikatoren zu vulnerablen Gruppen

Aggregation von min-max-normalisierten Einzelindikatoren über Addition*

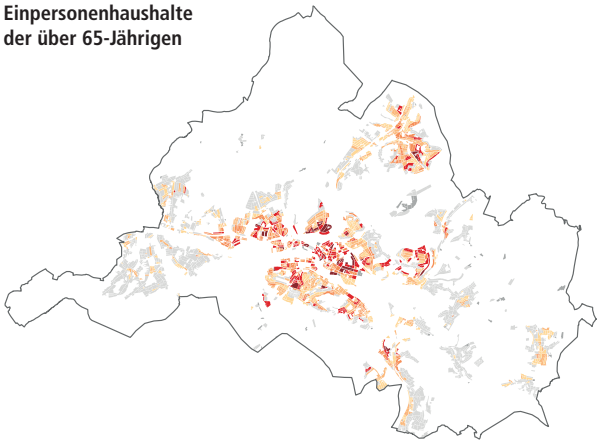


Einzelindikatoren vulnerable Gruppen (Auswahl)

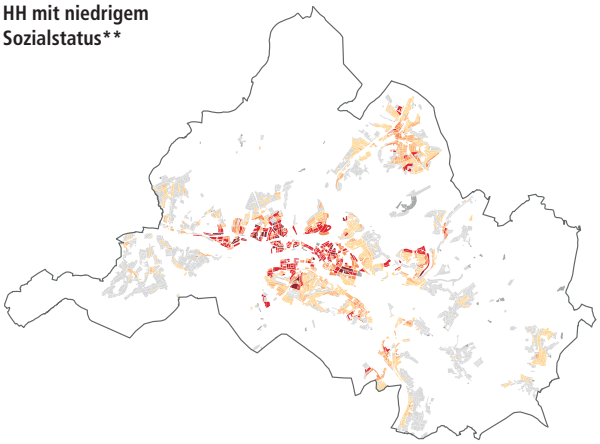
Über 65-Jährige



Einpersonenhaushalte der über 65-Jährigen



HH mit niedrigem Sozialstatus**



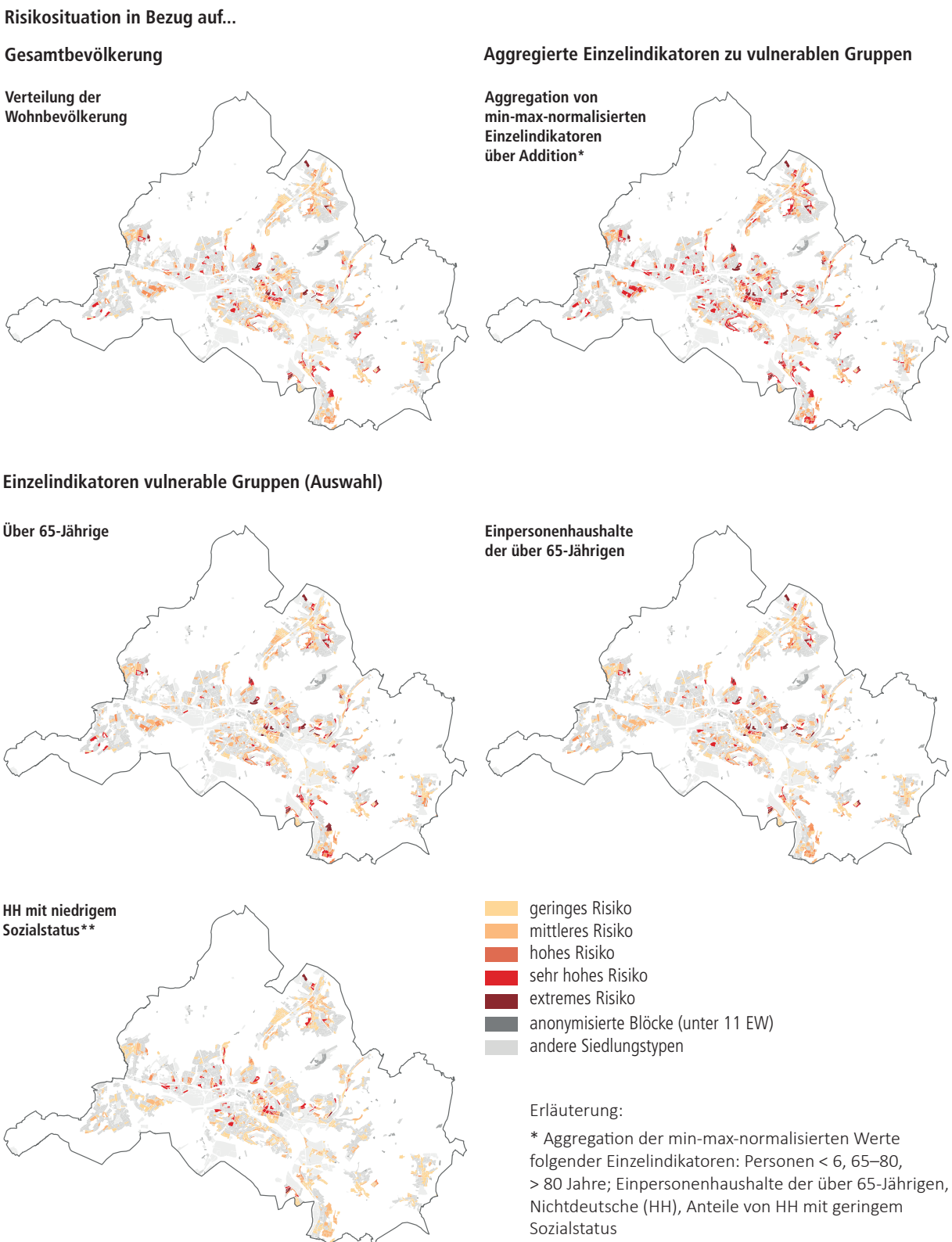
- geringes Risiko
- mittleres Risiko
- hohes Risiko
- sehr hohes Risiko
- extremes Risiko
- anonymisierte Blöcke (unter 11 EW)
- andere Siedlungstypen

Erläuterung:

* Aggregation der min-max-normalisierten Werte folgender Einzelindikatoren: Personen < 6, 65–80, > 80 Jahre; Einpersonenhaushalte der über 65-Jährigen, Nichtdeutsche (HH), Anteile von HH mit geringem Sozialstatus

** Aggregation der min-max-normalisierten Werte von HH mit Arbeitslosen, geringem Einkommen und geringem Bildungsabschluss

Abbildung 80: Risikoprofil „Hitzestress im Innenraum“ in Saarbrücken
Quelle: eigene Darstellung



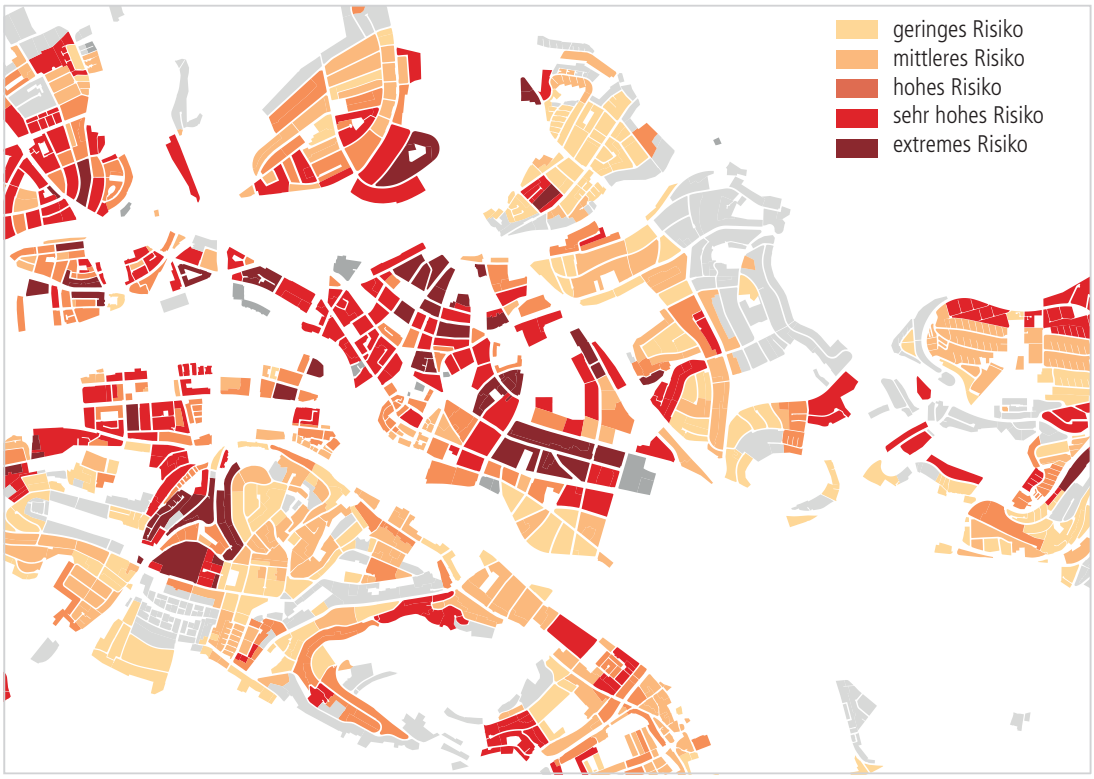
Erläuterung:

* Aggregation der min-max-normalisierten Werte folgender Einzelindikatoren: Personen < 6, 65–80, > 80 Jahre; Einpersonenhaushalte der über 65-Jährigen, Nichtdeutsche (HH), Anteile von HH mit geringem Sozialstatus

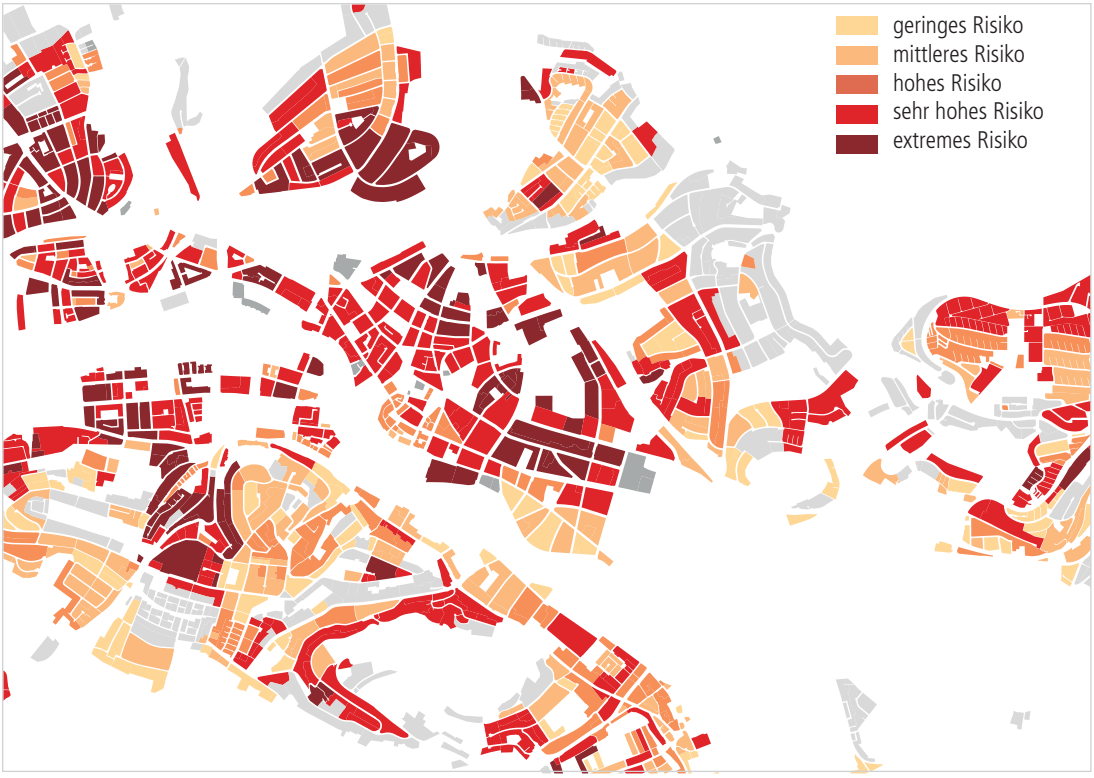
** Aggregation der min-max-normalisierten Werte von HH mit Arbeitslosen, geringem Einkommen und geringem Bildungsabschluss

Abbildung 81: Risikoprofil „Hitzestress im Außenraum“ für die Gesamtbevölkerung und aggregierte Einzelindikatoren (vulnerable Gruppen) im Vergleich (Ausschnitte)
Quelle: eigene Darstellung

Gesamtbevölkerung



Aggregierte Einzelindikatoren zu vulnerablen Gruppen

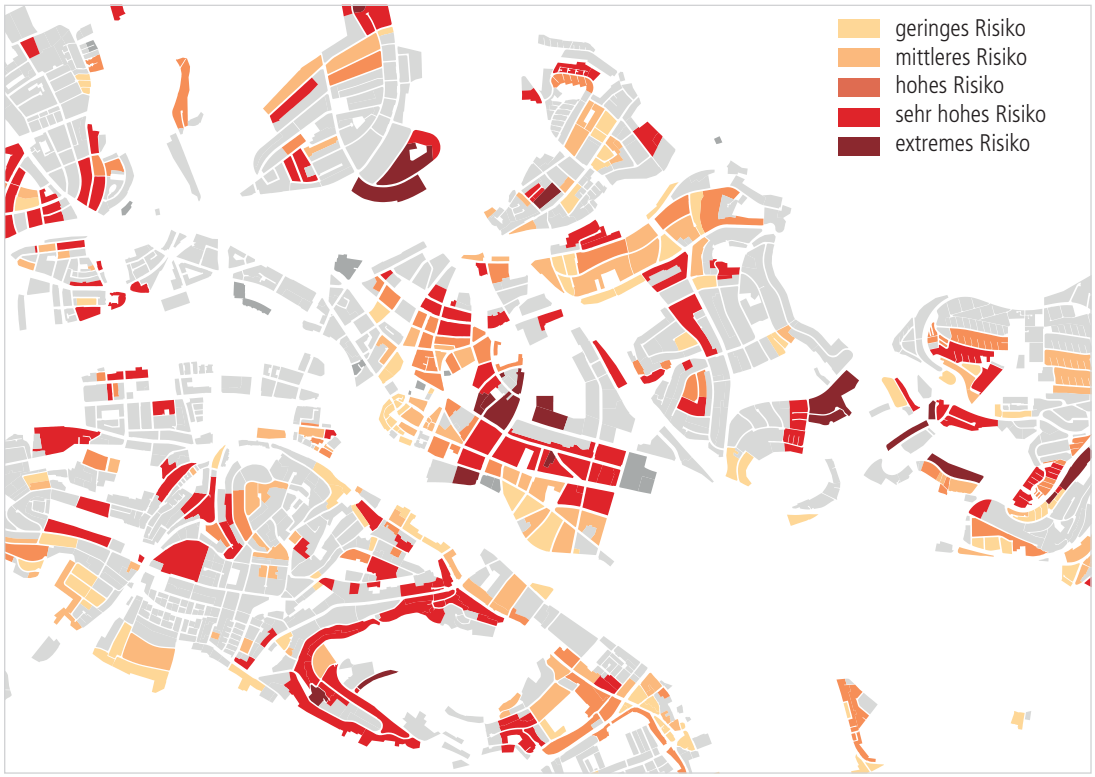


Erläuterung: Legendenhinweise s. Abb. 79

Abbildung 82: Risikoprofil „Hitzestress im Innenraum“ für die Gesamtbevölkerung und aggregierte Einzelindikatoren (vulnerable Gruppen) im Vergleich (Ausschnitte)
Quelle: eigene Darstellung

Gesamtbevölkerung

Aggregierte Einzelindikatoren zu vulnerablen Gruppen

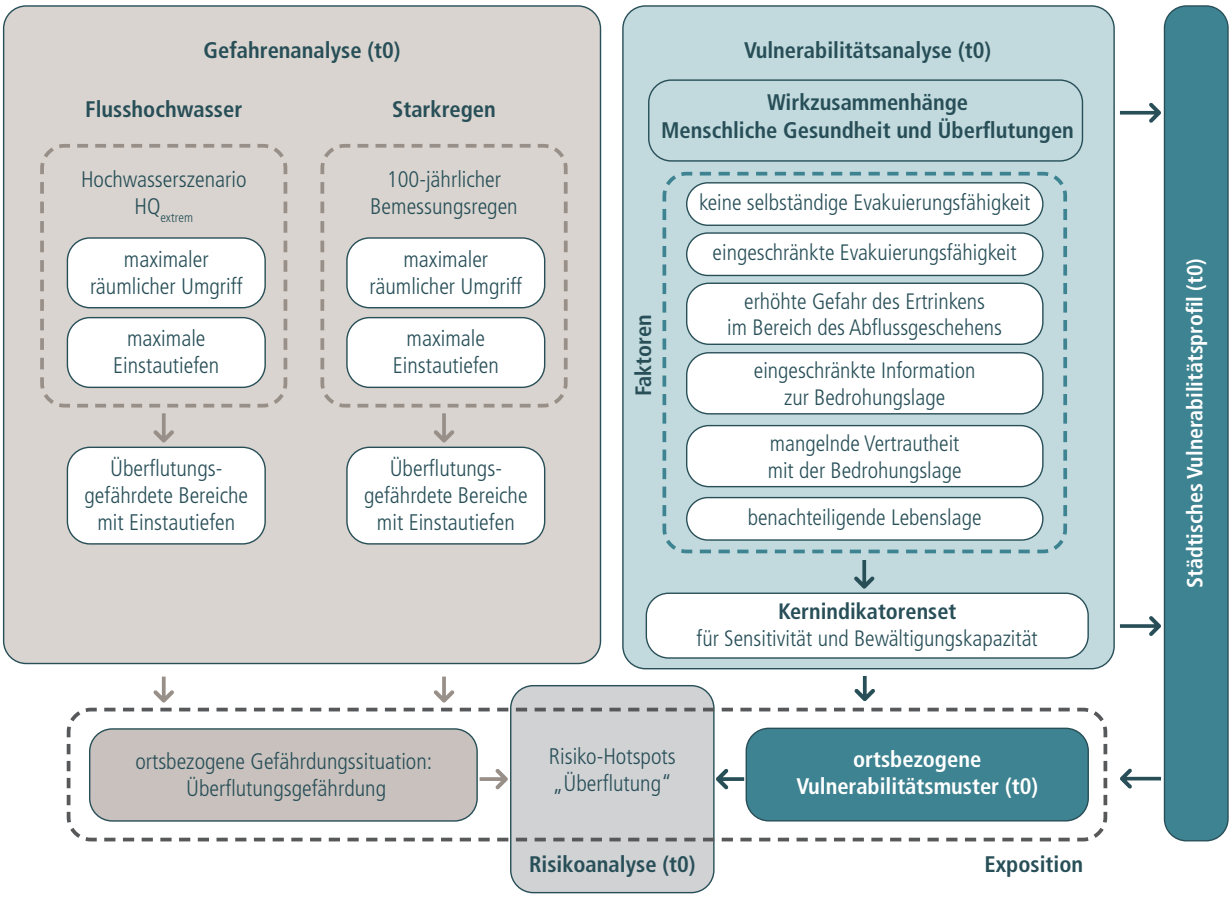


Erläuterung: Legendenhinweise s. Abb. 80

11.4 Hochwasser-/Starkregengefährdung und Vulnerabilität in Saarbrücken

Für Saarbrücken stehen unterschiedliche Datensätze zur Verfügung, die eine Modellierung der Überflutungsgefährdung sowie der damit verbundenen Vulnerabilität der Stadtbevölkerung ermöglichen. Abbildung 83 zeigt die Grundlogik und das Vorgehen im Rahmen der indikatorengestützten Modellierung von Gefährdung und Vulnerabilität für den Gefahrenbereich Überflutung.

Abbildung 83: Indikatorengestützte Modellierung von Vulnerabilität und Risiko im Zusammenhang mit Hochwasser- und Starkregengefährdung für Saarbrücken
Quelle: eigene Darstellung



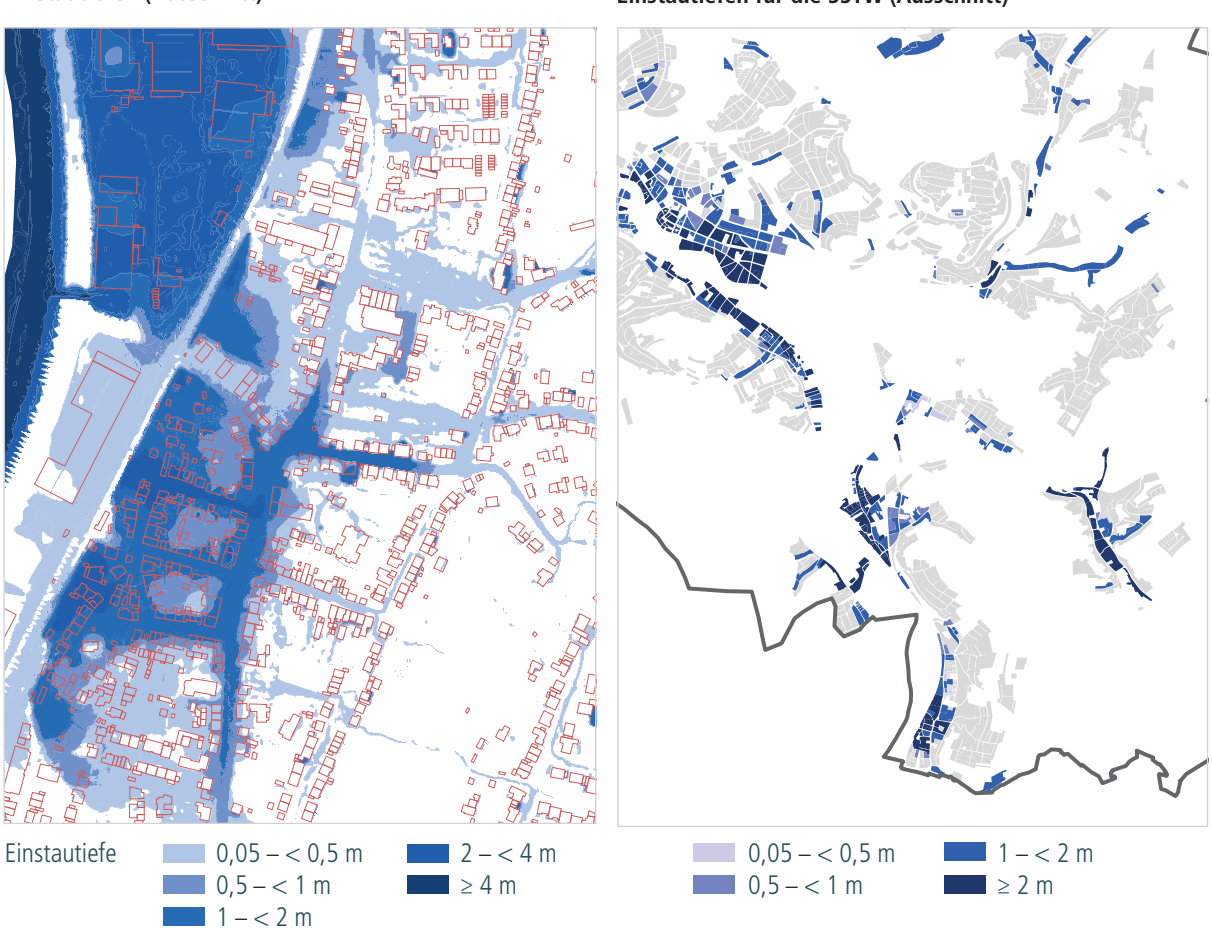
11.4.1 Modellierung der Überflutungsgefährdung

Die Hochwassergefahrenkarten für Saarbrücken stammen aus dem zweiten Zyklus der Gefahrenkarten gemäß HWRM-RL (Ministerium für Umwelt und Verbraucherschutz des Saarlandes 2018). Die Überprüfung der Risikobewertung und der Bestimmung der Risikogebiete erfolgte gemäß § 73 Absatz 6 WHG bis zum 22. Dezember 2018, wobei die Klimawandelfolgen Berücksichtigung finden (ebd.: 1). Im Ergebnis wurden die Gebietskulissen aus dem ersten Zyklus beibehalten (ebd.: 3). Die Auswirkungen des Klimawandels wurden aufgrund der methodischen Unsicherheiten nur insofern berücksichtigt, als dass „die angewendeten Szenarien in allen Analysen die jeweils zum

Zeitpunkt der Ermittlung bekannten zukünftigen Entwicklungen einbeziehen“ (ebd.: 4). Die Modellierung der Hochwassergefährdung entspricht dem in Kapitel 10.4.3 beschriebenen Verfahren. Die Karten sind über das Geoportal des Landesamts für Vermessung, Geoinformation und Landentwicklung (LVGL) verfügbar (LVGL 2023). Downloadbar sind die Umgriffe unterschiedlicher Bemessungsfälle mit den jeweiligen Einstautiefen, nicht jedoch die Fließgeschwindigkeiten.

Mitte der 2010er-Jahre brachte der Zentrale kommunale Entsorgungsbetrieb (ZKE) Saarbrückens die Erarbeitung von Starkregengefahrenkarten auf den Weg; diese lagen 2016 in einer ersten Version vor (eepi Luxembourg Sàrl 2016). Die Modellierung basierte auf einer vereinfachten hydraulischen Geländeanalyse mit einem 20- und einem 100-jährlichen Starkregen (ebd.: 4). Für die Simulation kam das Modell FloodArea der Firma geomer GmbH zum Einsatz, das mit seinem rasterbasierten Ansatz eine zweidimensionale hydrodynamische Modellierung erlaubt (ebd.: 7 f.). Aufgrund der hohen Auflösung in einem Raster von 1 m x 1 m können auch Kleinstrukturen erfasst werden (ebd.). Die verwendeten Niederschlagshöhen stammen aus dem KOSTRA-Atlas des DWD, der Rasterdaten zu Niederschlagshöhen in Abhängigkeit von Niederschlagsdauer und Jährlichkeit vorhält (DWD 2023j). Folgende Datensätze wurden in der Studie verwendet: der 20-jährliche Niederschlag (Dauerstufe D = 1 h) mit einer Höhe hN von 36,6 mm sowie der 100-jährliche Niederschlag (Dauerstufe D = 1 h) mit 48,0 mm (eepi Luxembourg Sàrl 2016: 9). Das gesamte Stadtgebiet wurde mit den jeweiligen Starkniederschlägen flächig beregnet (ebd.: 10). Über die Vorannahmen

Abbildung 84: Überflutungsgefährdung durch Starkregen (100-jährliches Ereignis) und flussbedingtes Hochwasser (HQ_{extrem}) für Saarbrücken
Quelle: eigene Darstellung (Datengrundlage: LVGL 2018, ZKE 2016)



zu Versickerung und Geländerauheit ergab sich ein Worst-Case-Szenario, „das eine generalisierte zeitliche Abbildung der Sturzflutentstehung wiedergibt“ (ebd.: 11).

2019 wurde die Modellierung um eine Abschätzung der Gefährdungspotenziale in ausgewählten Außengebietsbereichen erweitert (eepi Luxembourg Sàrl 2019). In diesem Zuge wurden auch die Ergebnisse der Starkregengefahrenkarten von 2016 nochmals überprüft und konnten weitgehend bestätigt werden (ebd.: 5). Die Klassifizierung der Wassertiefen folgt den Empfehlungen im Merkblatt 119 der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA), die durch die feineren Tiefenklassen unterhalb von 50 cm ein deutlich differenzierteres Bild ergeben als die Einteilung gemäß LAWA 2016 (ebd.: 21).

Für die Analyse der Gefährdung durch Überflutung wurden die Datensätze der Starkregenmodellierung sowie der Hochwassergefahrenkarte für Saarbrücken für die weiteren Analyseschritte in einer Karte zusammengeführt (vgl. Abb. 84, linke Karte). Dabei wurden die Extremszenarien eines 100-jährlichen Starkregenereignisses sowie das HQ_{extrem} für Flusshochwasser gewählt, um auch hier dem Vorsorgecharakter der räumlichen Planung Rechnung zu tragen. Es wurde jeweils die maximale Einstautiefe übernommen; die Klasseneinteilung bleibt unverändert. Dies ist eine Hilfskonstruktion, da es bislang keine gemeinsame Modellierung für Hochwasser und Starkregen gibt. Der Flächenumgriff der potenziellen Überflutungen betrifft rund 15,5 % der gesamten Stadtfläche und 23,4 % aller Siedlungsstrukturtypen. Der hohe Wert in Bezug auf die Siedlungsstrukturtypen kommt durch die Integration der Starkregenmodellierung zustande (ab einer Überstautiefe von 0,05 m). Über 11 % der Siedlungsstrukturtypen weisen Einstautiefen von über 50 cm auf.

11.4.2 Modellierung von Vulnerabilität, Expositon und Risiko

Die Grundlogik entspricht der Modellierung von Vulnerabilität, Exposition und Risiko für Hitzestress (vgl. Kap. 11.3.). Bei der Vulnerabilität wird gleichermaßen von einem „Gesundheit für alle“-Ansatz ausgegangen, der anerkennt, dass alle Menschen durch Überflutungen potenziell bedroht sein können: In Abhängigkeit der Intensität herrscht bei Hochwasserereignissen grundsätzlich Gefahr für Leib und Leben (vgl. Kap. 10.4.4). Hier wird auf die Bevölkerungszahl als Indikator zurückgegriffen. Die Identifikation besonders vulnerabler Gruppen wiederum orientiert sich an den in Tabelle 15 und Kapitel 10.4.5 ausgeführten Wirkungszusammenhängen.

In Tabelle 22 werden die Faktoren, die für eine ausgeprägte Vulnerabilität gegenüber Überflutungen ausschlaggebend sind, (theoretisch) räumlich abbildbaren Indikatoren zugeordnet. Allerdings zeigte sich, dass die Daten zu den gelisteten Indikatoren nur eingeschränkt vorliegen. Letztlich ergibt sich somit für beide Gefahrenarten – Überflutung und Hitzestress – ein vergleichbares Kernindikatorenset. Das hat den Vorteil, dass das auf Basis eines Kernindikatorensets entwickelte Vulnerabilitätsprofil (vgl. Abb. 76) für zumindest diese beiden Gefahrenarten gleichermaßen eingesetzt werden kann. Ein erheblicher Nachteil ist jedoch, dass einige sehr spezifische Indikatoren, vor allem zur Evakuierungsfähigkeit, die zugleich eine Differenzierung zwischen den Gefahrenarten mit sich bringen würden, nicht oder zumindest nicht in GIS-geeigneter Form zur Verfügung stehen.

Die räumliche Differenzierung entsteht über die Expositionssituation: Hierzu wurden die Umgriffe der spezifischen Bemessungsfälle für Starkregen und Flusshochwasser sowie die Einstautiefen genutzt (vgl. Abb. 84, linke Karte). Zunächst erfolgte eine Zuordnung der Umgriffe der Einstautiefen zu den Siedlungsstrukturtypen mit Wohnnutzung. Es wurden nur diejenigen Einheiten der Siedlungsstrukturtypen betrachtet, die über 25 % potenziell überflutete Bereiche aufweisen, um die Vielzahl an Kleinstflächen der Starkregenmodellierung auszuschließen (vgl. Abb. 84, rechte Karte). Bei den betroffen Siedlungsstrukturtypeneinheiten wurde dann der Maximalwert der Einstautiefe

Tabelle 22: Gegenüber Überflutungen besonders vulnerable Gruppen (Wohnbevölkerung) und zugeordnete Indikatoren
Quelle: eigene Darstellung

Faktor	Vulnerable Gruppen	Indikator	Sensitivität	Coping	Datenverfügbarkeit	Räumliche Auflösung
Keine selbstständige Evakuierungsfähigkeit	Menschen mit schweren körperlichen Behinderungen	• Menschen, die sich nicht selbst evakuieren können, sind zumeist besonders sensitiv gegenüber den vielfältigen Auswirkungen einer Flutkatastrophe und verfügen in der Regel über sehr geringe Bewältigungskapazitäten. • Die Angaben stehen i. d. R. nicht bzw. nicht kleinräumig (Ebene der statistischen Blöcke oder Distrikte) zur Verfügung.				
	Menschen mit schweren kognitiven Einschränkungen					
	Bettlägerige Personen in Privathaushalten					
	Personen in Pflegeeinrichtungen	Standorte von Pflegeeinrichtungen	X	X	gegeben	Standortdaten
Eingeschränkte Evakuierungsfähigkeit	Mobilitätseingeschränkte Menschen	• Mobilitätseingeschränkte Menschen sind hoch sensitiv gegenüber einem direkten Kontakt mit dem Abflussgeschehen und können sich deshalb nur eingeschränkt selbst evakuieren. Zudem verfügen sie über eingeschränkte Bewältigungskapazitäten. Für Alleinerziehende mit mehreren und kleinen Kindern gilt dies gleichermaßen. • Die Angaben stehen i. d. R. nicht bzw. nicht kleinräumig (Ebene der statistischen Blöcke oder Distrikte) zur Verfügung. • Eine Annäherung kann über eine Alterskorrelation erfolgen.				
	Alleinerziehende mit mehreren und kleinen Kindern					
Erhöhte Gefahr des Ertrinkens im Bereich des Abflussgeschehens	Ältere Menschen, v. a. über 65 bzw. 80 Jahre	Altersgruppe über 65 Jahre	X	x	gegeben	statistische Blöcke
	Säuglinge und Kleinkinder	Altersgruppe unter 6 Jahre	X	X	gegeben	statistische Blöcke
	Mobilitätseingeschränkte Menschen	s. o.				
Eingeschränkte Information zur Bedrohungslage	Ältere Menschen, v. a. über 65 bzw. 80 Jahre	Altersgruppe über 65 Jahre	X	x	gegeben	statistische Blöcke
	Menschen mit Migrationshintergrund (Sprachbarrieren)	Nichtdeutsche		x	gegeben	statistische Blöcke
	Sozioökonomisch benachteiligte Menschen	(Sozialindizes) Einzelindikatoren: - Einkommen - Bildung - Arbeitslosigkeit		X	gegeben	statistische Blöcke
	Menschen ohne Erfahrung im Umgang mit Flutkatastrophen	• Menschen mit rezenten Hochwassererfahrungen können auf dieses Wissen ggfs. zurückgreifen und verfügen somit über eine größere potenzielle Bewältigungskapazität. • Die Angaben stehen i. d. R. nicht zur Verfügung.				
Mangelnde Vertrautheit mit der Bedrohungslage	Geflüchtete und Neuankömmlinge	Flüchtlingsunterkünfte	x	X	nicht gegeben	
		Ankunftsquartiere	x	X	nicht gegeben	
	Touristinnen und Touristen	• Menschen ohne Ortskenntnisse verfügen potenziell nicht über Kenntnisse der Gefährdungslagen in Bezug auf Hochwasser und Starkregen und sind damit weniger gut auf eine mögliche Flutkatastrophe vorbereitet. • Die Angaben stehen i.d.R. nicht zur Verfügung.				
Benachteiligende Lebenslage	Sozial isolierte Personen, insb. im hohen Alter	Singlehaushalte der über 65-Jährigen	x	X	gegeben	statistische Blöcke
	Obdachlose Menschen	Obdachlose Menschen	x	X	nicht gegeben	
	Sozioökonomisch benachteiligte Menschen	(Sozialindizes) Einzelindikatoren (s. o.)		X	gegeben	statistische Blöcke
		Nichtdeutsche		x	gegeben	statistische Blöcke

Erläuterung: X = prioritär; x = untergeordnet, bzw. in Kombination mit anderen Faktoren relevant
Die Daten liegen teilweise personen-, teilweise haushaltsbezogen vor.

angesetzt. Im Ergebnis sind 17,4 % der Fläche der Siedlungsstrukturtypen mit Wohnnutzung betroffen, davon 15,1 % zumindest in Teilen mit Einstautiefen von über einem Meter.

Der Matrixansatz in Abbildung 85 führt die Gefährdung und die Bevölkerungsdaten zu Vulnerabilität zusammen; die Klassifizierung dient als Grundlage für die Ermittlung des Risikos. Das Risiko wurde – vergleichbar zur thermischen Belastung – für die Gesamtbevölkerung, den aggregierten Indikatorwert zu vulnerablen Gruppen sowie für ausgewählte Einzelindikatoren beziehungsweise für Haushalte mit niedrigem Sozialstatus ermittelt (vgl. Abb. 86).

Wie im Falle des Hitzestresses ergibt sich eine (diesmal leichte) Zunahme des Risikos zwischen der Betrachtung der Gesamtbevölkerung und dem aggregierten Indikatorwert zu vulnerablen Gruppen: Bei Letzterem verschiebt sich der Flächenanteil in Richtung höhere Risikoklassen: Liegen bei der Gesamtbevölkerung 15,7 % der Flächen des Siedlungsstrukturtyps mit Wohnnutzung in den Risikoklassen hoch bis (sehr) extrem, sind dies beim aggregierten Indikatorwert 16,1 % der Flächen, wobei 5,7 % der Flächen ein extremes oder sehr extremes Risiko aufweisen. Im Falle der Gesamtbevölkerung sind es 5,8 % der Flächen, die in die Risikoklasse extrem fallen; die Risikoklasse sehr extrem tritt hier nicht auf. Für die betrachteten Einzelindikatoren sowie die Haushalte mit niedrigem Sozialstatus spannen sich die Werte für das hohe bis (sehr) extreme Risiko zwischen einem Flächenanteil von 15,4 % bei den über 65-Jährigen, 15,7 % bei den Einpersonenhaushalten der über 65-Jährigen sowie gleichfalls 15,7 % bei Haushalten mit niedrigem Sozialstatus auf. Die Verteilung zeichnet das Fließgewässersystem und angrenzende tiefliegende Bereiche nach.

Abbildung 85: Grundmatrizes zur Verknüpfung der Vulnerabilitätsindikatoren mit der Überflutungsgefahr zum Risiko
Quelle: eigene Darstellung

Grundmatrix für eine Klasseneinteilung über Mittelwert und Standardabweichung

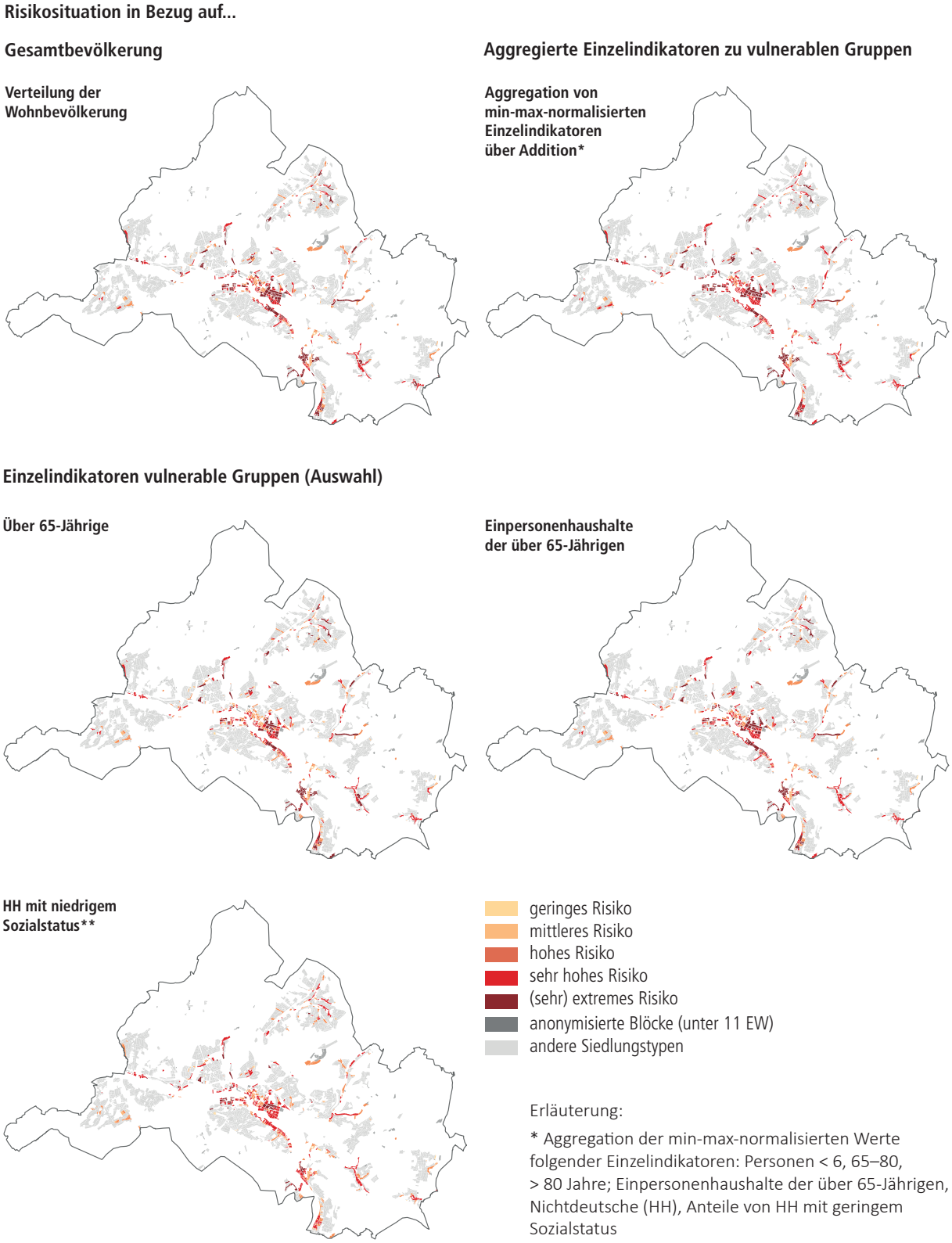
Einstautiefe / Bevölkerungsdaten	0,05 bis < 0,5 m	0,5 bis < 1 m	1 bis < 2 m	über 2 m
≤ x	gering	mittel	hoch	sehr hoch
> $\bar{x}$ – $\bar{x}$+σ	mittel	hoch	sehr hoch	extrem
> $\bar{x}$+σ – $\bar{x}$+2σ	hoch	sehr hoch	extrem	extrem
> $\bar{x}$+2σ	sehr hoch	extrem	extrem	extrem

Grundmatrix für eine Klasseneinteilung über eine Min-Max-Normalisierung

Einstautiefe / Bevölkerungsdaten	0,05 bis < 0,5 m	0,5 bis < 1 m	1 bis < 2 m	über 2 m
Klasse 1 (≤ 0,25)	gering	mittel	hoch	sehr hoch
Klasse 2 (> 0,25 – 0,50)	mittel	hoch	sehr hoch	sehr hoch
Klasse 3 (> 0,50 – 0,75)	hoch	sehr hoch	sehr hoch	extrem
Klasse 4 (> 0,75 – 1,00)	sehr hoch	sehr hoch	extrem	extrem
Klasse 5 (> 1,00)	sehr hoch	extrem	extrem	sehr extrem

Erläuterung: Bereiche unter 0,05 m Einstautiefe wurden von der Bewertung ausgenommen.

Abbildung 86: Risikoprofil „Überflutungen“ in Saarbrücken
Quelle: eigene Darstellung



Erläuterung:

* Aggregation der min-max-normalisierten Werte folgender Einzelindikatoren: Personen < 6, 65–80, > 80 Jahre; Einpersonenhaushalte der über 65-Jährigen, Nichtdeutsche (HH), Anteile von HH mit geringem Sozialstatus

** Aggregation der min-max-normalisierten Werte von HH mit Arbeitslosen, geringem Einkommen und geringem Bildungsabschluss

Abbildung 87: Risikoprofil „Überflutungen“ in Saarbrücken für die Gesamtbevölkerung und aggregierte Einzelindikatoren (vulnerable Gruppen) im Vergleich (Ausschnitte)
Quelle: eigene Darstellung

Gesamtbevölkerung

Aggregierte Einzelindikatoren zu vulnerablen Gruppen

Erläuterung: Legendenhinweise s. Abb. 86

11.5 Städtische Risikoprofile und Risiko-Hotspots

Aus der Verknüpfung der Modellierungsergebnisse zu Vulnerabilitäten und Gefährdungen ergeben sich die gesamtstädtischen Risikoprofile „Hitzestress im Außenraum“, „Hitzestress im Innenraum“ und „Überflutungen“ für Saarbrücken (vgl. Kap. 11.3.5 und 11.4.2). Auf Basis der gefahrenspezifischen Risikoprofile können Risiko-Hotspots und Multirisikolagen identifiziert werden. Die Abbildungen 88 und 89 geben die aggregierten Risikosituationen für die drei untersuchten Gefährdungsexpositionen wieder.

Die Berechnung erfolgte exemplarisch für den aggregierten Indikatorwert zu vulnerablen Bevölkerungsgruppen. Die **erste Variante** visualisiert das Ergebnis addierter Risikoklassen. Dazu wurden die jeweils fünf Risikoklassen der Risikoprofile „Hitzestress im Außenraum“, „Hitzestress im Innenraum“ und „Überflutungen“ summiert. Die Ergebnisse der Risikoklassenaddition – mit einer rechnerischen Bandbreite von 1 bis 15 – werden wiederum in fünf Klassen mit je drei Wertstufen eingeteilt.

Die erste Variante (vgl. Abb. 88) lässt sich im Ergebnis als Multirisikoprofil interpretieren, das heißt, es zeigen sich räumliche Schwerpunkte innerhalb derer mehrere Risikoarten kumulieren (können). Der größte Flächenanteil der Siedlungsstrukturtypen mit Wohnnutzung zeigt eine geringe bis mittlere Risikoakkumulation (aggregierte Risikoklassen 1 und 2); dies sind knapp über die Hälfte der Flächen (50,8 %). 11,6 % der Flächenanteile entfallen auf die Risikoklasse 3, das heißt, hier kumulieren unterschiedliche Risikoarten mit zumindest teilweise hohen Bewertungen. Zudem entfallen 2,6 % auf die Kategorie 4 und 1,8 % auf die Risikoklasse 5. In den Risikoklassen 4 und 5 kumulieren in jedem Falle unterschiedliche Risikoarten mit hohen bis extremen Ausprägungen.

Die **zweite Variante** (vgl. Abb. 89) beruht darauf, dass jeweils die Maximalwerte der betrachteten Risikoarten für die betroffene Einheit der Siedlungsstrukturkurtypen in die Wertung einfließen. Das bedeutet, dass alle Maximalwerte der einzelnen gefahrenbezogenen Risiken in Erscheinung treten. Damit verschiebt sich die Verteilung der Risikoklassen deutlich: Nun liegen 44,8 % der Flächen der Siedlungsstrukturtypen Wohnen in den Risikoklassen hoch bis (sehr) extrem, allein in der Risikoklasse sehr hoch sind es 22,9 % der Flächen, in der Risikoklasse (sehr) extrem noch 11,1 %.

Deutlich wird, dass die Auswertungsvarianten sehr vorsichtig interpretiert und die Verfahren der Aggregation transparent kommuniziert werden müssen. So tragen diese unterschiedlichen Varianten dazu bei, den Blick für kumulierte Risikosituationen zu schärfen und die methodischen Ansätze auf die jeweiligen Anwendungskontexte hin auszuwählen.

Fazit: Über gesamtstädtische, auf Kernindikatoren bezogene Vulnerabilitätsprofile (vgl. Abb. 76) und gefahrenbezogene Risikoprofile (vgl. Abb. 79, 80 und 86) wie auch Risiko-Hotspot-Karten (vgl. Abb. 88 und 89) werden die Grundlagen für eine risikoinformierte Stadtplanung gelegt. Die Ergebnisse sind anschlussfähig an die Instrumente der Stadtplanung und Stadtentwicklung wie auch an den (planungs-)politischen Diskurs zu einer effektiven räumliche Risikovorsorge auf gesamtstädtischer Ebene.

Abbildung 88: Risiko-Hotspots „Hitzestress (Außenraum/Innenraum)“ und „Überflutungen“ in Saarbrücken am Beispiel des aggregierten Indikatorwerts zu vulnerablen Bevölkerungsgruppen, (1) Addition der Risikoklassen (Gesamtstadt und Ausschnitt)

Quelle: eigene Darstellung

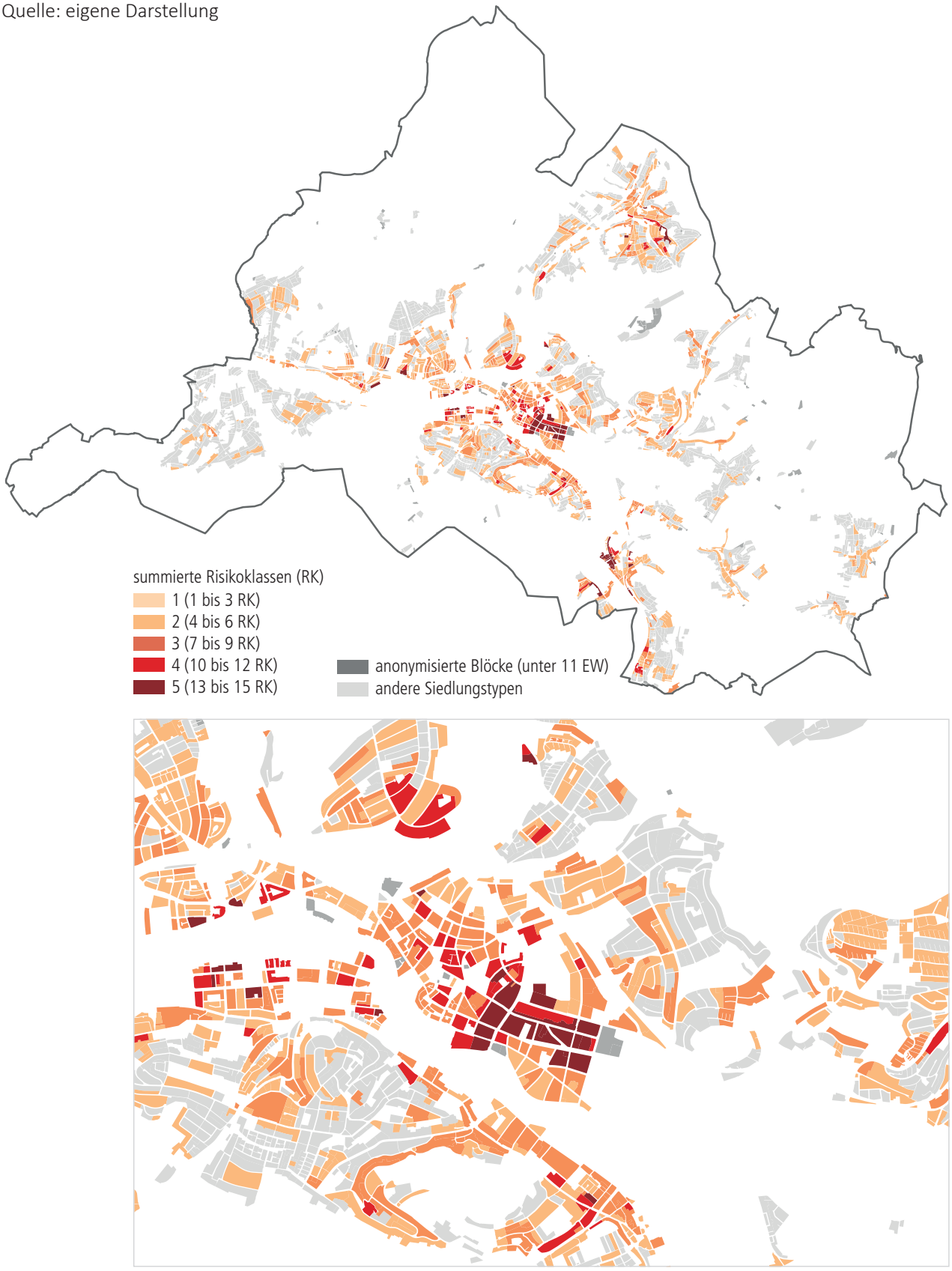
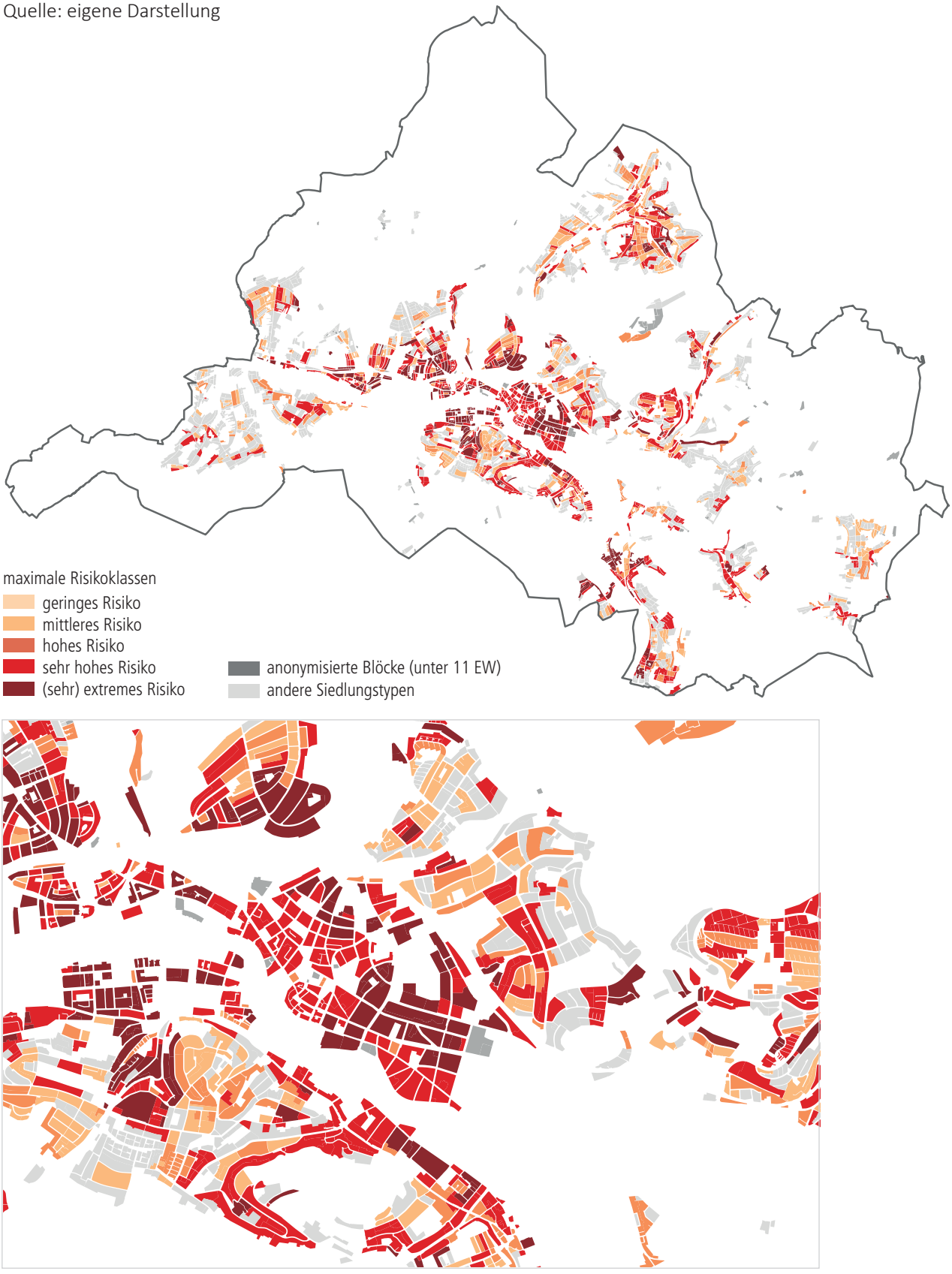


Abbildung 89: Risiko-Hotspots „Hitzestress (Außenraum/Innenraum)“ und „Überflutungen“ in Saarbrücken am Beispiel des aggregierten Indikatorwerts zu vulnerablen Bevölkerungsgruppen, (2) Übernahme der maximalen Risikoklassen (Gesamtstadt und Ausschnitt)
Quelle: eigene Darstellung



TEIL 5:

Erkenntnisse, kritische Reflexion und Ausblick

Teil 5 umfasst die abschließende Reflexion der Ergebnisse. Die zentralen Erkenntnisse der Arbeit werden in Bezug zu den Forschungsfragen gesetzt und in ihrer Bedeutung für die räumliche Planung eingeordnet. Daran schließt sich eine Betrachtung der Reichweite der Ergebnisse und damit verbunden der in diesem Forschungsfeld weiterhin offenen Fragen an.

12. Kritische Reflexion: Vulnerabilität als Schlüsselkonzept

12.1 Erkenntnisse aus der Forschungsarbeit

Der erste Teil der Arbeit „Vulnerabilität als Schlüsselkonzept in der raumplanerischen Risikovorsorge“ beleuchtet einführend die gesellschaftliche Auseinandersetzung mit Risiken und Katastrophen. Es wird aufgezeigt, dass „Naturkatastrophen“ zunehmend als Mensch-Umwelt-Interaktionsphänomene verstanden wurden und spätestens mit dem Beck'schen Begriff der Risikogesellschaft die gesellschaftliche Produktion von Risiken in den Vordergrund rückt.

Auch in der Raumplanung zeichnet sich seit Längerem ein Paradigmenwechsel im Umgang mit Risiken ab. Vor dem Hintergrund der Klimakrise, der Hochwasserkatastrophen der vergangenen Jahre, der SARS-CoV-2-Pandemie, des Ukrainekriegs und in dessen Folge der Energiekrise wird die Raumrelevanz von Risiken nachvollzogen: Die komplexen Auswirkungen und zunehmenden Schäden multipler Krisen legen nahe, dass der räumlichen Risikovorsorge ein höherer Stellwert eingeräumt werden muss. Zugleich wird aufgezeigt, dass eine effektive Risikovorsorge nicht allein an einer Reduktion der Gefährdung ansetzt. Vielmehr bietet – wenn Risiko als Funktion von Gefahr und Vulnerabilität verstanden wird – gerade die Verringerung der Vulnerabilität von Bevölkerung beziehungsweise Gesellschaft einen zentralen Ansatzpunkt für die Raumplanung, um Risiken zu minimieren oder der Entstehung von Risiken vorzubeugen.

Die konzeptionelle Auseinandersetzung mit der räumlichen Risikovorsorge intensiviert sich seit einigen Jahren, allerdings steht eine konsequente Umsetzung in der Planungspraxis noch weitgehend aus. Die vorliegende Arbeit konzentriert sich auf einen zentralen Aspekt der räumlichen Risikovorsorge: die raumrelevante Konzeptionalisierung und Operationalisierung von Vulnerabilität als zentrale Voraussetzung dafür, Risiken im Rahmen der räumlichen Planung identifizieren und über Strategien und Maßnahmen kleinräumig adressieren zu können.

Für die Forschungsarbeit wurden Schwerpunkte gesetzt: Ein Fokus liegt auf dem Schutzgut „Mensch und menschliche Gesundheit“, wodurch sich vielfältige Anknüpfungspunkte an aktuelle Diskurse in der Raumplanung ergeben – beispielsweise an die Themen Umweltgerechtigkeit und die gesunde Stadt. Es wurden zwei Gefahrenarten ausgewählt: Hitzestress und Überflutungen. In beiden Fällen bestehen ausgeprägte Wirkungszusammenhänge mit dem betrachteten Schutzgut Mensch und menschliche Gesundheit. Die Konzentration auf die städtische Ebene bot die Möglichkeit, Gefahren- und Risikosituationen abbilden zu können, die insbesondere in städtischen Räumen kumulieren.

Auf Basis dieser Vorüberlegungen wurden die Forschungsfragen formuliert und in den verschiedenen Teilen der Arbeit beantwortet. Nachfolgend werden die wesentlichen Ergebnisse den Forschungsfragen zugeordnet.

12.1.1 Vulnerabilität als Begriff und Konzept

Wie haben sich Begriff und Konzept in verschiedenen Forschungskontexten entwickelt?

Teil 2 der Arbeit beschreibt die Entwicklung und Bedeutung des Begriffs Vulnerabilität. Ursprünglich aus dem Lateinischen für „verwunden“ abgeleitet, bezieht sich Vulnerabilität auf die Verwundbarkeit von Subjekten, Objekten oder Systemen. In der Wissenschaft hat der Begriff vor allem seit den 1970er-Jahren an Bedeutung gewonnen, insbesondere durch das Hinterfragen der „Natürlichkeit“ von Naturkatastrophen. Um die Genese von Vulnerabilitätskonzepten und deren Unterschiede herausarbeiten und für eine Adaption in der Raumplanung nutzbar machen zu können, wurde die Aufarbeitung der recherchierten Literatur und Dokumente über verschiedene Forschungskontexte systematisiert.

Im Kontext der Entwicklungsländer- und Armutsforschung entstanden Vulnerabilitätsstudien seit Mitte des 20. Jahrhunderts. In diesen Studien stand die Exposition der Bevölkerung gegenüber Armutsrisiken im Fokus. Der Entitlement-Ansatz von SEN und das Sustainable Livelihoods-Konzept trugen dazu bei, dass ökonomische Rahmenbedingungen, Machtverhältnisse und (politische) Ressourcenallokation stärkere Berücksichtigung fanden. Gleichzeitig erfolgte eine konzeptionelle Ausdifferenzierung von Vulnerabilität sowie eine Abgrenzung vom Armutsbegriff. Die Doppelstruktur der Verwundbarkeit nach BOHLE mit einer internen und einer externen Seite hat das Verständnis von Vulnerabilität maßgeblich beeinflusst.

Die Naturgefahren- und Risikoforschung konzentrierte sich zunächst primär auf physische Aspekte von Naturgefahren, erweiterte ihre konzeptionellen Ansätze jedoch mit dem veränderten Verständnis von Katastrophen um soziale und gesellschaftliche Perspektiven. Das Pressure-and-Release-Modell von BLAIKIE et al. setzte hierbei ebenso Maßstäbe wie das Hazards-of-Place-Modell von CUTTER. Letzteres trug dazu bei, die räumliche Dimension von Vulnerabilität zu stärken. Die Arbeiten und Ergebnisse des Forschungsfelds unterstützen die Differenzierung der Konzepte von Gefahr, Vulnerabilität, Risiko und Katastrophe.

Seit den 1990er-Jahren fand Vulnerabilität zunehmend Eingang in die Klimawandelforschung. Die Analyse der IPCC-Berichte demonstriert den Wandel der konzeptionellen Ausrichtung von Vulnerabilität: Sie wurde zunächst als Funktion der Ausprägungen des Klimawandels betrachtet, sozusagen als „Outcome“-Vulnerabilität. Davon waren auch die Vulnerabilitätskonzepte und -studien in Deutschland stark beeinflusst. Erst allmählich integrierte der IPCC über seine Berichte und vielfältige Autorenschaft die konzeptionellen Ideen anderer Forschungsrichtungen, insbesondere der Risikoforschung. Das Kernmodell des Special Report (SREX) des IPCC bedeutete demnach eine konzeptionelle Neuausrichtung.

Parallel dazu verläuft die Entwicklung der Vulnerabilitätskonzepte im Kontext der sozialökologischen Forschung, die den Begriff der Vulnerabilität und dessen gesellschaftliche Relevanz in den Fokus stellen. Gleichzeitig werden Bezüge zu globalen Umweltveränderungen und zu Nachhaltigkeit gesetzt. In diesem Forschungsfeld wird die Vielschichtigkeit des Konzepts herausgearbeitet: Insbesondere TURNER et al. verknüpfen Vulnerabilität mit der Raumdimension („place-based“) – skalenübergreifend („cross-scale“) und ortsübergreifend („beyond place“). Die konzeptionellen Ansätze von BIRKMANN unterstützen die Sichtweise einer kontextuellen Vulnerabilität.

In den vergangenen Jahren konnte sich die Resilienzforschung sehr erfolgreich etablieren. Die Integration der sozialen Dimension sowie die Betonung von Anpassung und Transformation als zentrale Aspekte systemischer Resilienz steigerten die Anschlussfähigkeit von Resilienzkonzepten, auch in den Raumwissenschaften und der räumlichen Planung. Das Verhältnis von Resilienz

und Vulnerabilität erscheint dabei ambivalent. Es handelt sich nicht einfach um reziproke Begriffe; vielmehr wurden und werden die komplexen Zusammenhänge dieser beiden Konzepte seit Jahren intensiv ausgeleuchtet. Letztlich führte die zunehmende Perzeption von Resilienz in der Raumplanung zugleich zu einer Schärfung der Konzeptualisierung von Resilienz und Vulnerabilität, da nunmehr eine bessere Abgrenzung beider Konzepte vonnöten war.

Die Analyse der verschiedenen Forschungsrichtungen bestätigte einerseits die Einschätzung von Autorinnen und Autoren, dass Jahrzehnte an Forschung nicht zu einem Konsens, sondern eher zu einer unübersehbaren Vielzahl an Begriffsdefinitionen und Konzeptualisierungen geführt haben. Andererseits setzte gerade dies Impulse für kritische Auseinandersetzungen und Integrationsversuche, die letztlich die Weiterentwicklung des Verständnisses von Vulnerabilität und die Abgrenzung von beziehungsweise das Wechselspiel mit anderen Begriffen und Konzepten beförderten. Somit lässt sich diese Vielfalt auch als Reichtum an Ideen und Möglichkeiten interpretieren, die das Fundament für eine je spezifische konzeptionelle Adaption legen – in Abhängigkeit der Frage- und Aufgabenstellung. Für die vorliegende Arbeit zumindest lässt sich Letzteres bestätigen: Aus Recherche, Auswertung und Systematisierung konnten grundlegende Prinzipien und Kernkomponenten von (sozialer) Vulnerabilität abgeleitet werden – als Grundlage für eine Adaption im Rahmen der Raumplanung.

Welche Komponenten und Dimensionen sind für Vulnerabilitätskonzepte ausschlaggebend? Und: Welche Erkenntnisse lassen sich daraus zur Ausgestaltung eines Vulnerabilitätskonzepts für die räumliche Planung gewinnen?

Über die grundlegenden Prinzipien wird der Rahmen für ein spezifisches Verständnis des Begriffs gesetzt: Vulnerabilität wird als soziales Konzept und inhärente Eigenschaft von Subjekten und sozialen Systemen aufgefasst. Sie definiert sich in erster Linie gefahrenspezifisch – über Wirkungszusammenhänge zwischen dem betrachteten Subjekt oder sozialen System und der jeweiligen Gefahrenart beziehungsweise dem Stressor. Gleichwohl können einige sozioökonomische Faktoren als Voraussetzung dafür gelten, dass Individuen oder soziale Gruppen in besonderer Weise gegenüber einer Vielzahl von Stressoren verwundbar sind. Dies zeigt sich auch in der Aufarbeitung der Wirkungszusammenhänge im empirischen Teil der Arbeit. Darüber lassen sich generische Aspekte von Vulnerabilität nachvollziehen.

Vulnerabilität ist ein relatives Konzept und somit stark kontextabhängig und ortsbezogen; das hat weitreichende Implikationen für die Operationalisierung. Dies gilt gleichermaßen für die Skalenabhängigkeit und Zeitspezifität. Die unterschiedlichen räumlichen Ebenen sind gekoppelt: So entsteht die Vulnerabilität eines Individuums auf verschiedenen Ebenen, denen das Individuum angehört, wie beispielsweise einem Haushalt, einem Wohnquartier oder einer Gemeinde beziehungsweise Region. Vulnerabilität ist dabei keine Konstante, sondern dynamischer Natur und somit abhängig von der zeitlichen Perspektive. Im Vergleich zur Klimawandelforschung wird in anderen Forschungskontexten die gegenwärtige Perspektive als Ausgangspunkt betont. Dies ist auch für die räumliche Planung und ihre Abwägungsmechanismen sinnvoll. Zuletzt ist es zentral, trotz der analytischen Ausrichtung von Vulnerabilitätsansätzen das Wechselspiel mit normativen Prozesselementen nicht aus den Augen zu verlieren, da die Bewertung der Vulnerabilität schlussendlich ein normatives Moment darstellt.

Die Kernkomponenten von Vulnerabilität werden gleichfalls mit Blick auf eine Adaption für die räumliche Planung konfiguriert. Exposition bezieht sich auf das Ausgesetztsein gegenüber Stressoren und wird als Bindeglied zum Risikokonzept eingestuft, jedoch nicht als konstitutives Element von Vulnerabilität betrachtet. Sensitivität ist die zentrale Komponente von Vulnerabilitätskonzepten und erfasst die Auswirkungen externer Störungen auf die betrachtete Einheit. Mit der Be-

wältigungskapazität („coping capacitiy“) erhält die Vulnerabilität eine zweite Kernkomponente, die sich auf den Umgang mit Bedrohungslagen bezieht und als wichtige Ressource im Falle einer Krise oder Katastrophe betrachtet werden kann. Anpassungsfähigkeit beschreibt hingegen das Potenzial zur Anpassung an zukünftige Herausforderungen und wird – vergleichbar zur Exposition – nicht als Komponente von Vulnerabilität, sondern als Brücke zu Resilienzansätzen aufgefasst.

Die Erkenntnisse aus Teil 2 werden in Teil 3 und Teil 4 der Arbeit verarbeitet und verdichtet. Daraus leiten sich Grundüberlegungen zu den konzeptionellen Beziehungen zwischen Vulnerabilität, Gefahr, Exposition und Risiko sowie Anpassungskapazität und Resilienz ab. Abbildung 20 verdeutlicht diese Zusammenhänge. Vulnerabilität wird damit einerseits von benachbarten Konzepten abgegrenzt, andererseits zu diesen in Beziehung gesetzt. Diese Einordnung war erforderlich, um das Vulnerabilitätskonzept für die räumliche Planung zu fokussieren, zu schärfen und Schnittstellen zu anderen Konzepten aufzuzeigen. Sie stellt somit eine notwendige Voraussetzung für die Operationalisierung dar.

Daraus resultiert zugleich die Definition zentraler Begriffe für die Anwendung in der räumlichen Planung sowie die methodische Ausrichtung in dieser Arbeit. Vulnerabilität als Schlüsselbegriff wird über die vorab identifizierten grundlegenden Prinzipien und Kernkomponenten definiert. Alle weiteren, für die vorliegende Arbeit und schließlich die Planungspraxis relevanten Begriffe werden insoweit begrifflich gefasst, als dass die Abgrenzung von oder das Zusammenspiel mit Vulnerabilität daraus hervorgeht.

12.1.2 Adaption für und Integration in die räumliche Planung

Wie lässt sich Vulnerabilität für die Anwendungsfelder der räumlichen Planung auf städtischer Ebene konzeptualisieren?

Um das Vulnerabilitätskonzept in die Praxis der räumlichen Planung zu integrieren, ist es zum einen erforderlich, die räumliche Repräsentation sozialer Vulnerabilität zu modellieren und zum anderen, diesen Ansatz mit den Verfahren der Raumplanung zu verknüpfen. Darin liegt der zentrale Beitrag der vorliegenden Arbeit; zusammengefasst sind dies folgende Aspekte:

- Das im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Vulnerabilitätskonzept für die räumliche Planung – visualisiert in Abbildung 21 – liefert das konzeptionelle Grundgerüst und damit einen methodisch konsistenten Rahmen, um Vulnerabilität in die Logik der räumlichen Planung einzupassen und für die Praxis der Raumplanung nutzbar zu machen. Es stellt ein Kernergebnis der vorliegenden Arbeit dar.

- Es erfolgt darüber hinaus eine Kopplung mit den Verfahren der räumlichen Planung über einen prozessualen und mehrstufigen Ansatz: Die drei Stufen – Vulnerabilitätsscreening, Referenzverfahren und Vulnerabilitätsszenarien – knüpfen an etablierte Vorgehensweisen an (vgl. Abb. 22 und Tab. 3). Sie entsprechen den unterschiedlichen Bedarfen der räumlichen Planung – nicht zuletzt in Bezug auf Rechtssicherheit im Kontext der planerischen Vorsorge und Abwägung.

- Der prozessuale und mehrstufige Ansatz gewährleistet die Einbettung normativer Elemente und die Rückkopplung von Bewertungsschritten innerhalb der beteiligten Akteursarenen. Zugleich trägt er der Zeitspezifität des Vulnerabilitätskonzepts Rechnung. Die erforderliche parallele zeitliche Modellierung von Gefahr, Vulnerabilität und Risiko zeigt Abbildung 23.

- Der analytische Kern des Vulnerabilitätskonzepts bezieht sich in erster Linie auf diejenigen Bausteine, die dem Aufbau einer zumeist indikatorengestützten Evidenzbasis für (räumliche) Vulnerabilitätsprofile dienen.

Das im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Vulnerabilitätskonzept liefert eine praxisorientierte Vorgehensweise für die räumliche Planung; es schließt somit die Lücke zwischen den in den Kapiteln 4 bis 6 beschriebenen Konzepten und Operationalisierungsansätzen und den spezifischen Bedarfen der räumlichen Planung. Das Vulnerabilitätskonzept vermittelt die Grundlogik, wie Vulnerabilität in die Verfahren und Instrumente der räumlichen Planung eingebettet werden kann. Die konkrete Modellierung von Vulnerabilität erfolgt in diesem Rahmen dennoch stets kontextspezifisch und damit maßgeschneidert für den spezifischen Anwendungsfall. Die Ausgestaltung ist unmittelbar mit dem raumplanerischen „Trägerverfahren" verknüpft, also demjenigen Verfahren, in dessen Rahmen die Vulnerabilitätsanalysen und -bewertungen stattfinden.

Wie sehen konkrete Anwendungskontexte im Bereich der räumlichen Planung aus? Und: Worin besteht der Mehrwert des Vulnerabilitätskonzepts für die integrierte vorsorgende räumliche Planung auf städtischer Ebene?

Die Ergebnisse von Vulnerabilitätsanalysen können auf Grundlage des Vulnerabilitätskonzepts in die Verfahren der Raum- und Stadtplanung eingestellt werden und qualifizieren diese im Sinne einer risikoinformierten Planung. Sie ermöglichen eine differenzierte Betrachtung des Schutzguts Mensch und menschliche Gesundheit im Kontext städtischer Planungsprozesse.

Durch eine Identifikation vulnerabler Bevölkerungsgruppen wird das Vorsorgeprinzip vor dem Hintergrund komplexer urbaner Transformationsprozesse gestärkt. Zugleich erhält das Schutzgut Mensch und menschliche Gesundheit mehr Gewicht im Rahmen der planerischen Abwägung. Die Erstellung gesamtstädtischer Vulnerabilitätsprofile und die kleinräumige Erfassung von Vulnerabilitätsmustern bieten umfassende Grundlagen für die raum- und fachplanerischen Instrumente, ermöglichen eine Priorisierung von Strategien und Maßnahmen zur Risikoreduktion und fördern präventive Ansätze in der Stadtplanung, indem Vulnerabilitäten gezielt adressiert werden. Die Instrumente des besonderen Städtebaurechts entfalten dabei in Bezug auf die erforderliche Anpassung und Transformation des Siedlungsbestands eine größere Reichweite als die Instrumente der Bauleitplanung.

Planungsprozesse erfordern zumeist ein enges Wechselspiel aus analytischen, normativen und partizipativen Elementen. Dem trägt ein adaptiver und mehrstufiger Verfahrensansatz Rechnung, der analytisch fundiert, normativ ausgerichtet und durch eine aktive Beteiligung der Bevölkerung unterstützt wird. Gerade Partizipationsverfahren dienen einer Strukturierung der Sichtweisen und Perspektiven der Stadtgesellschaft. Städtische Vulnerabilitätsprofile können helfen, vulnerable Bevölkerungsgruppen in diesen Kommunikationsprozessen der räumlichen Planung sichtbarer zu machen.

Durch eine systematische Einbindung von Vulnerabilitätsanalysen in Planungs- und Beteiligungsprozesse wird es möglich, evidenzbasierte und zielgerichtete Strategien zu entwickeln, die sowohl die Bedarfe spezifischer vulnerabler Bevölkerungsgruppen berücksichtigen als auch grundsätzlich die Resilienz und Nachhaltigkeit städtischer Systeme stärken. Städtische Vulnerabilitätsprofile können dabei helfen, mit den Interventionsmöglichkeiten der räumlichen Planung sowohl bestehende (Multi-)Risiken als auch – unabhängig von aktuellen Gefährdungslagen – bestehende Vulnerabilitäten zu reduzieren. Den Mehrwert des Vulnerabilitätskonzepts für eine risikoinformierte Stadtplanung verdeutlicht Abbildung 28.

Welche Querbezüge entfaltet das Vulnerabilitätskonzept zu den übergeordneten Diskursen in der Raumplanung?

Teil 3 der Arbeit lotet zudem die Anschlussfähigkeit des Vulnerabilitätskonzepts an zentrale Leitvorstellungen und Diskurse der Stadt- und Raumplanung aus. Die Leitvorstellungen in der Stadt- und Raumentwicklung haben sich im Laufe der Zeit gewandelt; sie wurden beziehungsweise werden zunehmend von Nachhaltigkeitszielen und Resilienzstrategien geprägt. Die Ausrichtung auf eine resiliente Raum- und Stadtentwicklung wird derzeit als angemessener Umgang mit Unsicherheiten und unvorhersehbaren Entwicklungen sowie als Erweiterung des Nachhaltigkeitsprinzips diskutiert. In Deutschland hat das Konzept der Resilienz eher verzögert Eingang in planungspolitische Diskussionen gehalten, wird allerdings mittlerweile durch zahlreiche Forschungsaktivitäten in seiner planungspraktischen Wirksamkeit erprobt. Diese Entwicklungen unterstützen die Bemühungen auf Bundesebene darin, die räumliche Risikovorsorge und das Risikomanagement im Bereich der Raumordnung und der Stadtplanung zu etablieren. Die räumliche Risikovorsorge gilt als wesentlicher Beitrag für eine resiliente und nachhaltige Raum- und Stadtentwicklung. Die Vulnerabilitätsperspektive ist hierbei essentiell, da sie die Schutzgutseite betont und diese als zentrale Risikokomponente operationalisiert. Räumliche Risikovorsorge wirkt sich zudem auf die Verteilung von Chancen und Risiken im Raum aus, beziehungsweise darauf, wie diese Verteilung wahrgenommen wird.

Die Auseinandersetzung mit der räumlichen Verteilung von Chancen und Risiken knüpft an weitere aktuelle Diskussionen an, die auf eine umweltgerechte und gesundheitsfördernde Raum- und Stadtentwicklung ausgerichtet sind. Die Environmental-Justice-Bewegung in den USA brachte das Thema der ungleichen Verteilung von Umweltbelastungen ins Bewusstsein. Auch Untersuchungen in Deutschland zeigen Zusammenhänge zwischen sozialer Ungleichheit und Umweltbelastungen auf. Die WHO-Initiativen, wie die Ottawa-Charta, betonten zugleich die Schaffung gesundheitsförderlicher Lebenswelten. Die Anknüpfungspunkte zu Begriff und Konzept von Vulnerabilität ergeben sich insbesondere durch eine Kontextualisierung von Gesundheit, die nicht nur auf eine Verhaltensprävention, sondern auch auf die Ausgestaltung gesundheitsfördernder Verhältnisse abzielt – als Kernstrategie gilt hier der Setting-Ansatz. Es liegt nahe, dass die Berücksichtigung vulnerabler Bevölkerungsgruppen einen erheblichen Mehrwert für diesen Ansatz mit sich bringt.

Abbildung 40 zeigt die Beiträge des Vulnerabilitätskonzepts zu den Leitvorstellungen der Raum- und Stadtplanung. Vulnerabilität erweist sich als ein Schlüsselkonzept, um die Raum- und Stadtplanung nachhaltig, resilient, gerecht und gesund zu gestalten. Die Vulnerabilitätsperspektive fördert präventive und proaktive Planungsansätze zur Minimierung aktueller und zukünftiger Risiken.

12.1.3 Operationalisierung von Vulnerabilität für die räumliche Planung

Wie lassen sich Vulnerabilitäten im städtischen Kontext (Fokus: Mensch und menschliche Gesundheit) räumlich abbilden? Und: Welche methodischen Ansätze eignen sich hierfür?

Die räumliche Modellierung von Vulnerabilität ist eine zentrale Voraussetzung dafür, die Belange vulnerabler Bevölkerungsgruppen in den Verfahren der räumlichen Planung zu stärken. Deshalb lag ein Schwerpunkt der Recherchearbeiten und Literaturauswertungen in Teil 2 der Arbeit auf der Analyse von Operationalisierungsansätzen. Es wurden indikatorenbasierte Ansätze, Indexbildungen und hybride Verfahren betrachtet. Die unterschiedlichen methodischen Verfahren der Datenverarbeitung, -skalierung und -aggregation weisen jeweils Vor- und Nachteile auf. Zusammenfassend wurden die vielfältigen Herausforderungen, die sich mit einer Operationalisierung

von Vulnerabilität auf (gesamt)städtischer Ebene verbinden, diskutiert. Trotz aller Einschränkungen und Kritikpunkte zeigen indikatorenbasierte Vulnerabilitätsanalysen entscheidende Vorteile in der Weiterverarbeitung, beispielsweise bei der Ermittlung von Risiken, für eine zielgerichtete Visualisierung und Kommunikation in Planverfahren sowie als Basis für die Erarbeitung ortsbezogener Strategien und Maßnahmen. Die Kontextabhängigkeit von Vulnerabilität bedeutet, dass zwar dem beschriebenen Grundmodell gefolgt werden kann, dessen konkrete Ausgestaltung jedoch, auch in der Operationalisierung, von der jeweiligen Aufgabenstellung, dem Träger- und Beteiligungsverfahren sowie der Ressourcen- und Datenverfügbarkeit abhängt.

Wichtig sind eine konsistente Konzeptualisierung und methodische Ansätze, die sich auf transparente und nachvollziehbare Analyseschritte stützen. Die einzelnen Analyseschritte und Ergebnisse stehen dadurch einer normativen Bewertung und Einschätzung offen. Nur so kann es gelingen, das Zusammenspiel von objektiver Analyse, normativer Bewertung und sozialen Konstruktionsprozessen zu bewältigen.

In Teil 4 der Arbeit stand die Ableitung eines Operationalisierungsansatzes für die Vulnerabilitätsanalyse (Referenzverfahren) im Mittelpunkt. Da die Wirkungszusammenhänge zwischen einer vulnerablen Bevölkerung und der betrachteten Gefahrenart beziehungsweise dem Stressor ausschlaggebend für die Operationalisierung von Vulnerabilität sind, wurden beide Aspekte zunächst nochmals grundsätzlich beleuchtet und dann für die beiden Gefahrenarten im Fokus der Arbeit vertieft betrachtet. Die Modellierung der Gefährdung ist Voraussetzung dafür, die Wirkungszusammenhänge genauer beschreiben und schlussendlich über die Expositionssituation die Risiken für vulnerable Bevölkerungsgruppen räumlich differenzieren zu können.

Die Tabellen 12 und 15 zu Hitzestress und Überflutungen geben Auskunft zu den Wirkungszusammenhängen zwischen Gefahr und Schutzgut Mensch. Diese legen die Grundlage für das Indikatorenkonzept der Vulnerabilitätsanalyse (vgl. Tab. 20 und 22). Im Zentrum standen Erkenntnisse zu Mortalität und Morbidität bei Hitzestress sowie zu Gefahren für Leib und Leben im Falle von Überflutungen durch Flusshochwasser oder im Zuge von Starkregenereignissen. Zugleich wurde über die Auswertung einschlägiger Literatur deutlich, dass neben der Betrachtung besonders vulnerabler Bevölkerungsgruppen zudem ein „Gesundheit für alle“-Ansatz zielführend ist. Er beruht auf der Erkenntnis, dass beispielsweise Hitzestress alle Bevölkerungsgruppen betrifft und generell negative Folgen für die menschliche Gesundheit hat. Insofern wird die Gesamtbevölkerung beim indikatorengestützten Ansatz mitbetrachtet.

Teil 4 dokumentiert neben der konzeptionellen Annäherung an die Operationalisierung auch deren konkrete Erprobung im Rahmen einer Fallstudie. Dazu wurde die Stadt Saarbrücken gewählt, da die Autorin auf grundlegenden Daten aufbauen konnte, die im Rahmen des gesamtstädtischen Freiraumentwicklungsprogramms erarbeitet wurden. Insofern konnte sowohl die Modellierung der Gefährdungssituation für Hitzestress und Überflutungen als auch die Modellierung der Vulnerabilität kleinräumig auf Ebene der Siedlungsstrukturtypen mit Wohnnutzung erfolgen. Die Umsetzung auf Ebene der Siedlungsstrukturtypen lässt eine Übertragbarkeit auf andere Städte unmittelbar zu (vgl. Abb. 63 und 64 sowie Tab. 16). Dies gilt gleichermaßen für die beiden Gefahrenarten Hitzestress (thermische Außen- und Innenraumbelastung) und Überflutungen (Flusshochwasser und Starkregen), die für Städte in der Regel Relevanz besitzen.

Mit der Modellierung auf Ebene der Siedlungsstrukturtypen wurde zudem – zumindest in Ansätzen – ausgeglichen, dass die Daten zu Gefährdungen oftmals hochaufgelöst vorliegen, statistische Daten zur Wohnbevölkerung jedoch zumeist nur für größere statistische Einheiten. Die indikatorengestützte Modellierung von Vulnerabilität und Risiken für beide Gefahrenarten zeigen die Karten in Kapitel 11.

Über die Wirkungszusammenhänge bezüglich Hitzestress und Überflutungen wurde das Indikatorenset abgeleitet und begründet (vgl. Tab. 20 und 22). Aufgrund der Datenverfügbarkeit auf gesamtstädtischer Ebene ergab sich hieraus für die beiden betrachteten Gefahrenarten ein Kernindikatorenset, das eine Differenzierung vulnerabler Gruppen anhand demographischer und sozioökonomischer Faktoren erlaubt. Auf Basis des Kernindikatorensets wurde das Vulnerabilitätsprofil für die Gesamtstadt für Hitzestress und Überflutungen erstellt (vgl. Abb. 76 und 77). Es zeigt die Ergebnisse für die Einzelindikatoren, klassifiziert nach Mittelwert und Standardabweichung, sowie für die Aggregation der min-max-normalisierten Einzelindikatoren. Zudem wurde die Gesamtbevölkerung in ihrer räumlichen Verteilung berücksichtigt. Die Kartensequenz des Vulnerabilitätsprofils ermöglicht eine differenzierte Einschätzung der Situation und unterstützt die Diskussion der Ergebnisse in partizipativen und politischen Prozessen.

Die Verwendung eines Kernindikatorensets bietet mehrere Vorteile: Eine hochfrequente Datenerhebung ermöglicht eine regelmäßige Aktualisierung der Ergebnisse. Regelmäßig aktualisierte Daten sind gut geeignet für ein Monitoring von Vulnerabilität und Risiken. Dies ist besonders wichtig in einer dynamischen urbanen Umgebung. Das Kernindikatorenset ist flexibel und kann angepasst oder erweitert werden, um spezifische Bedarfe, Fragestellungen oder Raumkontexte zu berücksichtigen. Die Disaggregation der Daten auf die Siedlungsstrukturtypen ermöglicht detailliertere Analysen, die für ein kleinräumiges Muster von Vulnerabilität und Risiko notwendig sind. Zusammengefasst bietet das Kernindikatorenset eine robuste, flexible und aktuelle Grundlage für die Analyse von Vulnerabilität.

Die differenzierte Darstellung als gesamtstädtisches Vulnerabilitätsprofil ist für die Zwecke der räumlichen Planung zielführend, da die Ergebnisse für die unterschiedlichen vulnerablen Bevölkerungsgruppen zugänglich bleiben und auch in dieser differenzierten Form in die Risikoanalysen eingespeist werden können. Der Vorteil liegt auf der Hand: So können die einzelnen vulnerablen Bevölkerungsgruppen, vor allem bei erhöhten Risiken, passgenau über die Instrumente der Stadtplanung oder auch der Fachplanungen adressiert werden. Darüber hinaus bieten aggregierte Indikatorenauswertungen die Möglichkeit, räumliche Hotspots von Vulnerabilität zu identifizieren.

Sowohl das Grundmodell zur Vulnerabilität als auch die Operationalisierung der Vulnerabilitätsanalyse (Referenzverfahren) im Empirieteil der Arbeit sind unmittelbar auf andere Städte übertragbar.

Wie lassen sich Vulnerabilitätsprofile im Kontext der räumlichen Risikovorsorge nutzen?

Städtische Vulnerabilitätsprofile geben Auskunft über die räumliche Repräsentation sozialer Vulnerabilität im Bezugsraum – zunächst unabhängig von konkreten Expositionssituationen. Über die ortsbezogene Verknüpfung („place-based“) von Vulnerabilitätsmustern mit der Gefährdungssituation in exponierten Lagen lässt sich das Risiko bestimmen.

In Teil 4 der Arbeit erfolgt hierzu exemplarisch die Modellierung der beiden Gefahrenarten Hitzestress und Überflutungen. Für beide Gefahrenbereiche wurden unter anderem Worst-Case-Szenarien betrachtet, um dem Vorsorgecharakter der Planung zu entsprechen.

In Bezug auf die thermische Belastung wurde nicht nur die Situation im Außenraum betrachtet, sondern auch Möglichkeiten einer Modellierung der Innenraumbelastung aufgezeigt. Die bisherigen Erkenntnisse zeigen, dass die Expositionsmuster der thermischen Innen- und Außenraumbelastung in erheblichem Maße voneinander abweichen (können). Zur Abbildung der Überflutungsgefahren wurden sowohl die Hochwassergefahrenkarten als auch Starkregengefährdung

einbezogen. Beide Ansätze erweitern die bisherigen Modellierungsansätze und zeigen im Ergebnis veränderte städtische Expositionsmuster. Die thermische Belastung der Innenräume variiert demnach stärker mit dem Gebäudetyp als mit der Umgebungstemperatur. Die Einbindung der Starkregenmodellierung erweitert den Gefährdungsumgriff in Bezug auf Überflutungen im städtischen Kontext deutlich. Aus den Modellierungen ergeben sich die konkreten Expositionssituation in der Stadt Saarbrücken.

Die Verknüpfung von Vulnerabilität und Gefährdung basiert auf einem Matrixansatz, der für einige Indikatoren des Vulnerabilitätsprofils exemplarisch durchgeführt wurde. Die Risikosituation für die Gesamtbevölkerung, die aggregierten Einzelindikatoren zu vulnerablen Bevölkerungsgruppen sowie zu spezifischen vulnerablen Bevölkerungsgruppen wurden auf dieser Basis ermittelt. Im Ergebnis entstehen kleinräumige Risikoprofile auf gesamtstädtischer Ebene (vgl. Abb. 79 bis 82 sowie Abb. 86 und 87). Über aggregierte Risikokarten lassen sich zudem Risiko-Hotspots und multiple Risikolagen identifizieren (vgl. Abb. 88 und 89).

Die Ergebnisse der Vulnerabilitätsanalyse sind somit direkt nutzbar für die räumliche Risikovorsorge. In der Verknüpfung mit den Gefährdungslagen entstehen räumlich differenzierte Risikoprofile – als direkter Beitrag für eine risikoinformierte Stadtplanung.

12.2 Offene Fragen und weiterer Forschungsbedarf

Wenngleich der Mehrwert des Vulnerabilitätskonzepts und die Anschlussfähigkeit an die Instrumente und Verfahren der Raum- und Stadtplanung – vor allem über eine Verknüpfung mit der räumlichen Risikovorsorge – dargelegt werden konnten, bleiben offene Fragen und weiterer Forschungsbedarf. Dies gilt gleichermaßen für den Operationalisierungsansatz zur Ermittlung von Vulnerabilitäts- und Risikoprofilen auf gesamtstädtischer Ebene.

In Bezug auf das Vulnerabilitätskonzept bleibt unter anderem offen, wie eine valide Operationalisierung von Vulnerabilitätsszenarien auf (gesamt-)städtischer Ebene und eine Einbettung in die Verfahren der räumlichen Planung gelingen kann. Hier liegen zwar bereits erste Forschungsergebnisse vor (vgl. u. a. Birkmann et al. 2022), allerdings konnte eine Adaption und Vertiefung dieser Erfahrungen im empirischen Teil dieser Arbeit nicht geleistet werden. Auch steht aus, das gesamte Modell mit seinem mehrstufigen Aufbau und den interaktiven partizipativen Elementen im Rahmen unterschiedlicher Trägerverfahren der Raumplanung vollständig „durchzuspielen“ und Rückschlüsse auf dessen Belast- und Anwendbarkeit – auch aus Sicht der Beteiligten und Betroffenen – zu ziehen. Hierzu bieten sich unterschiedliche Formate wie beispielsweise Planspiele oder Reallabore an. Begleitende Forschungsaktivitäten könnten diese Fragestellungen interdisziplinär ausloten.

Die Modellierungen von Gefährdung, Vulnerabilität und Risiko wurden konzeptionell und in der konkreten Umsetzung dargestellt. Die daraus resultierenden Vulnerabilitäts- und Risikoprofile stellen eine Grundlage dafür dar, vulnerable Bevölkerungsgruppen und die mit unterschiedlichen Gefahrenarten verbundenen Expositionssituationen für diese Gruppen räumlich abzubilden. Die Siedlungsstrukturtypen mit Wohnnutzung erweisen sich als geeigneter und gut übertragbarer räumlicher Bezugsrahmen. Dennoch schränken einige Aspekte die Reichweite des Ansatzes ein:

- Die Fokussierung auf die Wohnbevölkerung bedeutet, dass andere Bevölkerungsgruppen, beispielsweise die Arbeitsbevölkerung in Gewerbegebieten oder die Tagesbevölkerung in Stadtzentren, nicht berücksichtigt werden.

- Die Verfügbarkeit von Daten zur Modellierung von Vulnerabilität ist aus unterschiedlichen Gründen, unter anderem aus Datenschutzgründen, begrenzt. Dies gilt vor allem für Daten, die sehr spezifische Indikatoren wie gesundheitliche Vorbelastungen hinterlegen könnten. Stünden diese Daten zur Verfügung, könnten die Vulnerabilitätsprofile auch für Hitzestress und Überflutungen differenzierter ausfallen. Zumindest ließe sich überprüfen, ob hieraus ein Mehrwert gegenüber dem Kernindikatorenset entsteht.

- Amtliche statistische Datensätze zu Demographie oder zur sozialen Lage der Bevölkerung liegen zumeist nur für statistische Bezirke oder auf Stadtteilebene vor, nicht jedoch für kleinräumigere Einheiten wie die statistischen Blöcke. Die Verwendung von Daten nichtamtlicher Anbieter sind hier eine sinnvolle Ergänzung, allerdings auch mit Kosten verbunden und mit Unsicherheiten behaftet. Hier stellt sich die Frage, inwieweit die amtliche Statistik zukünftig kleinräumige Daten zur Verfügung stellen kann, um Vulnerabilitätsanalysen auf städtischer Ebene zu erleichtern.

- Das Kernindikatorenset, das für bestimmte Gefahrenarten wie Hitzestress oder Überflutungen entwickelt wurde, lässt sich nicht notwendigerweise auf andere Gefahrenarten wie Lärm oder Pandemien übertragen. Im Rahmen einer Vertiefung der weiteren in der Arbeit angeführten Gefahrenarten und Stressoren im urbanen Kontext müssten diese spezifischen Indikatorensets sowie die Verfügbarkeit von Daten ausgelotet werden.

- Die Auswahl der Indikatoren, die Klassifikationen der Merkmalsausprägungen wie auch die Aggregations- und Verknüpfungsregeln bestimmen maßgeblich das Ergebnis. Insofern gibt es durchaus unterschiedliche Wege, die räumliche Repräsentation städtischer Vulnerabilitäts- und Risikoprofile abzuleiten. Es wäre sinnvoll, ein Set an Methoden und Verfahren vergleichend auf Praxistauglichkeit zu prüfen.

- Fehlende Maßstäbe und Schwellenwerte erschweren die Bewertung und Einordnung der Analyseergebnisse zu Gefährdung, Vulnerabilität und Risiken. Hiermit verbindet sich ein besonderer Forschungsbedarf wie auch ein planungspolitischer Auftrag.

Fazit

Abschließend lässt sich feststellen, dass die vorliegende Forschungsarbeit einen relevanten Beitrag zur Vertiefung des Verständnisses und der Anwendbarkeit des Vulnerabilitätskonzepts in der räumlichen Planung leistet. Durch die Entwicklung eines praxisorientierten Vulnerabilitätskonzepts und Operationalisierungsansatzes wurde ein solides Fundament für die Erarbeitung von Vulnerabilitäts- und Risikoprofilen auf gesamtstädtischer Ebene geschaffen.

Es zeigt sich jedoch, dass trotz der erzielten Fortschritte weiterer Forschungsbedarf besteht, um die komplexe Anwendung von Konzept und Operationalisierungsansatz in der Planungspraxis zu erproben. Die offenen Fragen, insbesondere hinsichtlich der Vulnerabilitätsszenarien, in Bezug auf eine umfassende und integrierte Betrachtung von Vulnerabilität gegenüber weiteren raumrelevanten Gefahrenarten oder Stressoren in städtischen Kontexten oder auch bezüglich einer Verständigung auf Bewertungsmaßstäbe bieten vielfältige Ansatzpunkte für zukünftige Forschungsarbeiten.

Die Erkenntnisse dieser Arbeit legen nahe, dass eine kontinuierliche Weiterentwicklung des Vulnerabilitätskonzepts essenziell ist, um den Herausforderungen einer sich stetig wandelnden urbanen Gesellschaft und Umwelt gerecht zu werden. Weitere Forschung sollte daher darauf abzielen, neben theoretisch-konzeptionellen Fragestellungen gezielt die praktische Umsetzbarkeit des Vulnerabilitätskonzepts zu vertiefen und Methoden zur Erfassung und Analyse von (zukünftigen) Vulnerabilitäten zu optimieren – unter anderem durch die Nutzung künstlicher Intelligenz zur Datenverarbeitung. Die Ergebnisse können maßgeblich zu einer verbesserten Risikovorsorge und -bewältigung in urbanen Räumen beitragen.

Literaturverzeichnis

Abramovitz, Janet N. (2001). Averting Unnatural Disasters. In Brown, Lester R.; Flavin, Christopher & French, Hilary (Hrsg.), State of the World 2001, S. 123-142. Norton. New York.

Adger, W. Neil (2006). Vulnerability. Global Environmental Change, 16(3), S. 268-281. Elsevier. Zugriff: https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006 [zuletzt geprüft am: 12.12.2021].

Adger, W. Neil; Brooks, Nick; Bentham, Graham; Agnew, Maureen & Eriksen, Siri (2004). New indicators of vulnerability and adaptive capacity. Tyndall Centre for Climate Change Research, Technical Report 7. Zugriff: https://www.researchgate.net/publication/257343107_New_Indicators_of_Vulnerability_and_Adaptive_Capacity [zuletzt geprüft am: 14.04.2020].

Adger, W. Neil; Hughes, Terry P.; Folke, Carl; Carpenter, Stephen R. & Rockström, Johan (2005). Social-Ecological Resilience to Coastal Disasters. Science, 309(5737), S. 1036-1039. PubMed. Zugriff: https://doi.org/10.1126/science.1112122 [zuletzt geprüft am: 31.01.2020].

Akademie für Raumforschung und Landesplanung (ARL) (Hrsg.) (2014). Umwelt- und Gesundheitsaspekte im Programm Soziale Stadt: Ein Plädoyer für eine stärkere Integration. Positionspapier aus der ARL 97. Verlag der ARL. Hannover. Zugriff: https://www.arl-net.de/system/files/media-shop/pdf/pospaper_97.pdf [zuletzt geprüft am: 18.09.2023].

Akademie für Raumentwicklung in der Leibniz-Gemeinschaft (ARL) (Hrsg.) (2021). SARS-CoV-2-Pandemie: Was lernen wir daraus für die Raumentwicklung? Positionspapier aus der ARL 118. Verlag der ARL. Hannover. Zugriff: https://www.arl-net.de/de/shop/sars-cov-2-pandemie.html [zuletzt geprüft am: 25.05.2021].

Alexander, David E. (2000). Confronting Catastrophe. New perspectives on natural disasters. Oxford University Press. New York.

Alexander, David E. (2004). Natural Hazards on an Unquiet Earth. In Herbert, David T. & Matthews, John A. (Hrsg.), Unifying Geography. 1. Auflage. Routledge. o. O.

Alexander, David; Barbat, Alex; Carreño, Martha Liliana; Kienberger, Stefan; Miniati, Roberto; Welle, Torsten; Zaidi, Rukhe Zehra; Tedim, Fantina; Vinchon, Charlotte; Garcin, Manuel; Papathoma-Koehle, Maria; Pratzler-Wanczura, Sylvia; Birkmann, Jörn; Cardona, Omar Dario; Contreras, Diana; Iasio, Christian; Angignard, Marjory; Pelling, Mark; Ulbrich, Thorsten; Decker, Bernd; Carvalho, Salete; Desramaut, Nicolas; Rohmer, Jeremy; Schneiderbauer, Stefan; Marulanda, Mabel; Zeil, Peter; Depietri, Yaella; Pedoth, Lydia & Glade, Thomas (2011). D.4.2 Handbook of Vulnerability Assessment in Europe. European Commission DG Environment. Seventh Framework Programme, Collaborative Project – GRANT AGREEMENT No. 211590. Hrsg.: Contreras, Diana & Kienberger, Stefan. [handbook]. Zugriff: https://www.rupprecht-consult.eu/fileadmin/migratedRupprechtAssets/Documents/MOVE_Handbook.pdf [zuletzt geprüft am: 26.05.2022].

Alwang, Jeffrey; Siegel, Paul B. & Jorgensen, Steen L. (2001). Vulnerability: A View from Different Disciplines. Social Protection Discussion Paper No. 0115. The World Bank. Washington. Zugriff: https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/636921468765021121/vulnerability-a-view-from-different-disciplines [zuletzt geprüft am: 16.01.2023].

Amonn, Jan; Farwick, Andreas; Groos, Thomas; Larsen, Inger; Messner, Astrid; Teicke, Michael & Winkels, Clara (2011). Sozialraumanalyse Emscherregion. ZEFIR-Forschungsbericht. Zentrum für interdisziplinäre Regionalforschung (ZEFIR). Bochum. Zugriff: https://acrobat.adobe.com/link/review?uri=urn:aaid:scds:US:bba3a8f0-11b2-3501-9d85-f0d9cacba461 [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

An der Heiden, Matthias; Muthers, Stefan; Niemann, Hildegard; Buchholz, Udo; Grabenhenrich, Linus & Andreas Matzarakis (2019): Schätzung hitzebedingter Todesfälle in Deutschland zwischen 2001 und 2015. Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz, Heft 62/2019, S. 571-579. Zugriff: https://edoc.rki.de/bitstream/handle/176904/6799/AnDerHeiden2019_Article_

Sch%C3%A4tzungHitzebedingterTodesf%C3%A4.pdf?sequence=1&isAllowed=y [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Arbeitsgruppe Gesundheitsfördernde Gemeinde- und Stadtentwicklung (AGGSE) (Hrsg.) (2020). Empfehlungen für eine gesundheitsfördernde nachhaltige Stadtentwicklung. Fünf Thesen der AGGSE. Berlin. Zugriff: https://difu.de/sites/default/files/archiv/projekte/aggse_thesen_2020-03-09.pdf [zuletzt geprüft am: 04.10.2023].

Auch, Eckhard (2005). Überlebensstrategien waldnutzender Familienwirtschaften im Apuseni-Gebirge, Rumänien – Sustainable Livelihoods Analyse und Handlungsempfehlungen. [Dissertation], Freiburg im Breisgau. Zugriff: https://www.researchgate.net/publication/29757166_Uberlebensstrategien_waldnutzender_Familienwirtschaften_im_Apuseni-Gebirge_Rumanien_Sustainable_Livelihoods_Analyse_und_Handlungsempfehlungen [zuletzt geprüft am: 24.01.2023].

Augustin, Jobst; Sauerborn, Rainer; Burkart, Katrin; Endlicher, Wilfried; Jochner, Susanne; Koppe, Christina; Menzel, Annette; Mücke, Hans-Guido & Herrmann, Alina (2017). Gesundheit. In Brasseur, Guy P.; Jacob, Daniela & Schuck-Zöller, Susanne (Hrsg.), Klimawandel in Deutschland: Entwicklung, Folgen, Risiken und Perspektiven, S. 137-149. Springer Spektrum. Berlin/Heidelberg. Zugriff: https://doi.org/10.1007/978-3-662-50397-3_14 [zuletzt geprüft am: 17.10.2023].

Bachmann, Nicole (2014). Soziale Ressourcen als Gesundheitsschutz: Wirkungsweise und Verbreitung in der Schweizer Bevölkerung und in Europa. Obsan Dossier 27. Schweizerisches Gesundheitsobservatorium (Obsan). Neuchâtel. Zugriff: https://www.obsan.admin.ch/sites/default/files/2021-08/obsan_dossier_27.pdf [zuletzt geprüft am: 04.10.2023].

Ballister, Joan; Quijal-Zamorano, Marcos; Méndez Turuubiates, Raúl Fernando; Pegenaute, Ferran; Herrmann, Francois R.; Robine, Jean Marie; Basagaña, Xavier; Tonne, Cathryn; Antó, Josep M. & Achebak, Hicham (2023). Heat-related mortality in Europe during the summer of 2022. Nature Medicine, 29, S. 1857-1866. Springer. Zugriff: https://doi.org/10.1038/s41591-023-02419-z [zuletzt geprüft am: 15.12.2023].

Banse, Gerhard & Bechmann, Gotthard (1998). Interdisziplinäre Risikoforschung: Eine Bibliographie. VS Verlag für Sozialwissenschaften. Wiesbaden.

Bara, Corinne (2012). Being Vulnerable in a Resilient Community? In McLellan, Alex B. & Erlan, Meir (Hrsg.), Proceedings of the First International Symposium on Societal Resilience. Homeland Security and Analysis Institute, S. 227-262. Fairfax.

Bara, Corinne & Brönnimann, Gabriel (2011). Risk Analysis: Resilience: Trends in Policy and Research. CRN REPORT (Focal Report 6). Zürich. Zugriff: https://doi.org/10.3929/ethz-a-007334437 [zuletzt geprüft am: 20.01.2021].

Barton, Hugh & Grant, Marcus (2006). A health map for the local human habitat. The Journal for the Royal Society for the Promotion of Health, 126(6), S. 252-253. SAGE Publications. Zugriff: http://dx.doi.org/10.1177/1466424006070466 [zuletzt geprüft am: 04.10.2023].

Basu, Rupa & Samet, Jonathan M. (2002). Relation between Elevated Ambient Temperature and Mortality: A Review of the Epidemiologic Evidence. Epidemiologic Reviews, 24(2), S. 190-202. Johns Hopkins Bloomberg School of Public Health. Zugriff: http://dx.doi.org/10.1093/epirev/mxf007 [zuletzt geprüft am: 08.01.2024].

Baumgart, Sabine & Dilger, Ulrich (2018). Fachplan Gesundheit – Entwicklung von Strategien über die bisherige Gesundheitsberichterstattung des Öffentlichen Gesundheitsdienstes hinaus. In Baumgart, Sabine; Köckler, Heike; Ritzinger, Anne; Rüdiger, Andrea (Hrsg.), Planung für gesundheitsfördernde Städte. Forschungsberichte der ARL 08., S. 200-212. Verlag der ARL. Hannover. Zugriff: https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-59579-2 [zuletzt geprüft am: 04.10.2023].

Baumgart, Sabine & Rüdiger, Andrea (2018). Gesundheit in der Raumplanung. In Akademie für Raumforschung und Landschaftsplanung (ARL) (Hrsg.), Handwörterbuch der Stadt- und Raumentwicklung, S. 829-835. Verlag der ARL. Hannover. Zugriff: https://www.arl-net.de/system/files/media-shop/pdf/HWB%202018/Gesundheit%20in%20der%20Raumplanung.pdf [zuletzt geprüft am: 04.10.2023].

Baumgart, Sabine & Rüdiger, Andrea (2022). Gesundheit in der Stadtplanung. Instrumente, Verfahren, Methoden. Edition Nachhaltige Gesundheit in Stadt und Region / Band 4. oekom Verlag. München.

Baumgart, Sabine; Böhme, Christa; Claßen, Thomas; Fehr, Rainer; Kawe, Christiane; Kistemann, Thomas; Köckler, Heike; Kühling, Wilfired; Quilling, Eike; Rauland, Horst; Ritzinger, Anne; Rüdiger, Andrea; Spies, Gabriele; Tran, Minh-Chau & Weber, Dieter (2018). Planung für gesundheitsfördernde Städte – ein Ausblick. In Baumgart, Sabine; Köckler, Heike; Ritzinger, Anne & Rüdiger, Andrea (Hrsg.), Planung für gesundheitsfördernde Städte. Forschungsberichte der ARL 08., S. 422-428. Verlag der ARL. Hannover. Zugriff: https://www.arl-net.de/system/files/media-shop/pdf/fb/fb_008/fb_008_gesamt.pdf [zuletzt geprüft am: 04.10.2023].

Beccari, Benjamin (2016). A Comparative Analysis of Disaster Risk, Vulnerability and Resilience Composite Indicators. PLOS Currents Disasters. Edition 1. Zugriff: https://currents.plos.org/disasters/article/a-comparative-analysis-of-disaster-risk-vulnerability-and-resilience-composite-indicators/ [zuletzt geprüft am: 11.07.2023].

Bechmann, Gotthard (1997a). Einleitung: Risiko – ein neues Forschungsfeld? In Bechmann, Gotthard (Hrsg.), Risiko und Gesellschaft. Grundlagen und Ergebnisse interdisziplinärer Risikoforschung. 2. Auflage, S. VII-XXIX. Westdeutscher Verlag. o. O.

Bechmann, Gotthard (1997b). Risiko als Schlüsselkategorie der Gesellschaftstheorie. In Bechmann, Gotthard (Hrsg.), Risiko und Gesellschaft. Grundlagen und Ergebnisse interdisziplinärer Risikoforschung. 2. Auflage, S. 237-176. Westdeutscher Verlag. o. O.

Beck, Ulrich (1986). Risikogesellschaft: Auf dem Weg in eine andere Moderne. Suhrkamp Verlag. Frankfurt am Main.

Beer, Ingeborg; Schnur, Olaf & Grünky, Julia (2018). Monitoring Soziale Stadtentwicklung (MSS) Berlin: Erläuterungen zu den Indikatoren und Indizes zum MSS 2017 - „Indikatorenblätter". 1. Fortschreibung. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen Berlin. Berlin. Zugriff: https://www.berlin.de/sen/sbw/_assets/stadtdaten/stadtwissen/monitoring-soziale-stadtentwicklung/bericht-2017/mss2017indikatorenblaetter_fortschreibung.pdf [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Beermann, Sandra; Dobler, Gerhard; Faber, Mirko; Frank, Christina; Habedank, Birgit; Hagedorn, Peter; Kampen, Helge; Kuhn, Carola; Nygren, Teresa; Schmidt-Chanasit, Jonas; Schmolz, Erik; Strak, Klaus; Ulrich, Rainer G.; Weiss, Sabrina & Wilking, Henrik (2023). Auswirkungen von Klimaveränderungen auf Vektor- und Nagetier-assoziierte Infektionskrankheiten. Journal of Health Monitoring, 8(S3), S. 36-66. RKI. Zugriff: https://doi.org/10.25646/11392 [zuletzt geprüft am: 17.10.2023].

Béné, Christophe; Cannon, Terry; Gupte, Jaideep; Mehta, Lyla & Tanner, Thomas (2014). Exploring the Potential and Limits of the Resilience Agenda in Rapidly Urbanising Contexts. Evidence Report, No. 63 Policy Anticipation, Response and Evaluation. Zugriff: https://opendocs.ids.ac.uk/opendocs/handle/20.500.12413/3621 [zuletzt geprüft am: 07.04.2021].

Benmarhnia, Tarik; Deguen, Séverine; Kaufman, Jay S. & Smargiassi, Audrey (2015). Vulnerability to Heat-related Mortality: A Systematic Review, Meta-analysis, and Meta-regression Analysis. Epidemiology, 26(6), S. 781-793. Wolters Kluwer Health. Zugriff: https://doi.org/10.1097/EDE.0000000000000375 [zuletzt geprüft am: 17.10.2023].

Bergmann, Karl-Christian; Brehler, Randolf; Endler, Christina; Höflich, Conny; Kespohl, Sabine; Plaza, Maria; Raulf, Monika; Standl, Marie; Thamm, Roma; Traidl-Hoffmann, Claudia & Werchan, Barbora (2023). Auswirkungen des Klimawandels auf allergische Erkrankungen in Deutschland. Journal of Health Monitoring, 8(S4), S. 82-110. RKI. Zugriff: https://doi.org/10.25646/11648 [zuletzt geprüft am: 17.10.2023].

Berkes, Fikret; Colding, Johan & Folke, Carl (Hrsg.) (2003). Navigating Social-Ecological Systems. Building Resilience for Complexity and Change. Cambridge University Press. Cambridge. Zugriff: http://dx.doi.org/10.1017/CBO9780511541957.020 [zuletzt geprüft am: 25.01.2023].

Berry, Peter; Enright, Paddy M.; Shumake-Guillemot, Joy; Villalobos Prats, Elena & Campbell-Lendrum, Diarmid (2018). Assessing Health Vulnerabilities and Adaptation to Climate Change: A Review

of International Progress. International Journal of Environmental Research and Public Health, 15(12), Artikel 2626. MDPI. Zugriff: https://doi.org/10.3390/ijerph15122626 [zuletzt geprüft am: 03.01.2021].

Birkmann, Jörn (2006). Measuring vulnerability to promote disaster-resilient societies: Conceptual frameworks and definitions. In Birkmann, Jörn (Hrsg.), Measuring vulnerability to natural hazards. Towards disaster resilient societies. 2. Auflage, S. 7-54. United Nations University Press. Tokyo/New York/Paris. Zugriff: http://collections.unu.edu/view/UNU:2793#viewMetadata [zuletzt geprüft am: 08.06.2022].

Birkmann, Jörn (2007). Risk and vulnerability indicators at different scales: Applicability, usefulness and policy implications. Environmental Hazards, 7(1), S. 20-31. Elsevier. Zugriff: https://doi.org/10.1016/j.envhaz.2007.04.002 [zuletzt geprüft am: 11.12.2023].

Birkmann, Jörn (2008). Globaler Umweltwandel, Naturgefahren, Vulnerabilität und Katastrophenresilienz: Notwendigkeit der Perspektiverweiterung in der Raumplanung. Raumforschung und Raumordnung, 66(1), S. 5-22. Springer-Verlag. Zugriff: http://dx.doi.org/10.1007/BF03184043 [zuletzt geprüft am: 08.06.2022].

Birkmann, Jörn (2013a). Measuring vulnerability to promote disaster-resilient societies and to enhance adaptation: Discussion of conceptual frameworks and definitions. In Birkmann, Jörn (Hrsg.), Measuring vulnerability to natural hazards. Towards disaster resilient societies. 2. Auflage, S. 9-79. United Nations University Press. Tokyo/New York/Paris. Zugriff: https://collections.unu.edu/eserv/UNU:2880/n9789280812022_text.pdf [zuletzt geprüft am: 08.06.2022].

Birkmann, Jörn (2013b). Data, indicators and criteria for measuring vulnerability: Theoretical bases and requirements. In Birkmann, Jörn (Hrsg.), Measuring vulnerability to natural hazards. Towards disaster resilient societies. 2. Auflage, S. 80-106. United Nations University Press. Tokyo/New York/Paris. Zugriff: https://collections.unu.edu/eserv/UNU:2880/n9789280812022_text.pdf [zuletzt geprüft am: 08.06.2022].

Birkmann, Jörn (2013c). Conclusion. In Birkmann, Jörn (Hrsg.), Measuring vulnerability to natural hazards. Towards disaster resilient societies. 2. Auflage, S. 551-568. United Nations University Press. Tokyo/New York/Paris. Zugriff: https://digitallibrary.un.org/record/587074?v=pdf [zuletzt geprüft am: 08.06.2022].

Birkmann, Jörn & Fleischhauer, Mark (2013). Vulnerabilität von Raumnutzungen, Raumfunktionen und Raumstrukturen. In Birkmann, Jörn; Vollmer, Maike & Schanze, Jochen (Hrsg.), Raumentwicklung im Klimawandel: Herausforderungen für die räumliche Planung. Forschungsberichte der ARL 2, S. 44-68. Verlag der ARL. Hannover. Zugriff: https://www.arl-net.de/system/files/media-shop/pdf/fb/fb_002/fb_002_gesamt.pdf [zuletzt geprüft am: 05.11.2021].

Birkmann, Jörn; Bach, Claudia & Vollmer, Maike (2012a). Tools for Resilience Building and Adaptive Spatial Governance: Challenges for Spatial and Urban Planning in Dealing with Vulnerability. Raumforschung und Raumordnung, 70(4), S. 293-308. Springer-Verlag. Zugriff: http://dx.doi.org/10.1007/s13147-012-0172-0 [zuletzt geprüft am: 19.08.2022].

Birkmann, Jörn; Schanze, Jochen; Müller, Peter & Stock, Manfred (Hrsg.) (2012b). Anpassung an den Klimawandel durch räumliche Planung. Grundlagen, Strategien, Instrumente. E-Paper der ARL, Nr. 13. Verlag der ARL. Hannover. Zugriff: http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0156-73192 [zuletzt geprüft am: 19.08.2022].

Birkmann, Jörn; Böhm, Hans Reiner; Buchholz, Frank; Büscher, Dirk; Daschkeit, Achim; Ebert, Sebastian; Fleischhauer, Mark; Frommer, Birte; Köhler, Stefan; Kufeld, Walter; Lenz, Susanne; Overbeck, Gerhard; Schanze, Jochen; Schlipf, Sonja; Sommerfeldt, Petra; Stock, Manfred; Vollmer, Maike & Walkenhorst, Oliver (2013a). Glossar: Klimawandel und Raumentwicklung. 2. überarbeitete Fassung. E-Paper der ARL, Nr. 10. Verlag der ARL. Hannover. Zugriff: https://www.arl-net.de/system/files/media-shop/pdf/e-paper_der_arl_nr10.pdf [zuletzt geprüft am: 19.08.2022].

Birkmann, Jörn; Vollmer, Maike & Schanze, Jochen (Hrsg.) (2013b). Raumentwicklung im Klimawandel: Herausforderungen für die räumliche Planung. Forschungsberichte der ARL 2. Verlag der ARL. Hannover. Zugriff: https://www.arl-net.de/system/files/media-shop/pdf/fb/fb_002/fb_002_gesamt.pdf [zuletzt geprüft am: 05.11.2021].

Birkmann, Jörn; Sauter, Holger; Sorg, Linda; Laranjeira, Kevin; Göttsche, Franziska; Greiving, Stefan; Fleischhauer, Mark; Puntub, Wiriya; Schnittfinke, Tanja; Arens, Sophie; Hülsbusch, Jan-Lukas; Kreisherr, Florian; Garschagen, Matthias; Sandholz, Simone; Wannewitz, Mia; Büter, Björn; Schneider, Melanie; Burmeister, Cornelia; Hartz, Andrea; Saad, Sascha; Helbig, Joachim; Löffler, Jessica; Burkhardt, Albrecht & Klose, Charlotte (2019). Gemeinsamer Schlussbericht des ZURES-Projekts: Zukunftsorientierte Vulnerabilitäts- und Risikoanalyse als Instrument zur Förderung der Resilienz von Städten und urbanen Infrastrukturen (ZURES). [Forschungsbericht].

Birkmann, Jörn; Göttsche, Franziska; Greiving, Stefan; Schnittfinke, Tanja; Fuchs, Marisa; Garschagen, Matthias; Katzschner, Antje; Büter, Björn; Löbig, Janko; Hartz, Andrea; Saad, Sascha; Dörrenbächer, Svenja & Krafft, Amely (2022). Ganz schön cool hier: Wie gelingt hitzeangepasste Stadtentwicklung für alle? Gemeinsamer Schlussbericht des ZURES II-Projekts. Anwendung und Verstetigung der zukunftsorientierten Klima- und Vulnerabilitätsszenarien in ausgewählten Instrumenten und Planungsprozessen – Modellstadt Ludwigsburg. [Forschungsbericht].

Birkmann, Jörn; Göttsche, Franzsika; Greiving, Stefan; Fleischhauer, Mark; Schnittfinke, Tanja; Fuchs, Marisa; Puntub, Wiriya; Arens, Sophie; Garschagen, Matthias; Katzschner, Antje; Sandholz, Simone; Wannewitz, Mia; Sett, Domenic; Büter, Björn; Löbig, Janko; Hartz, Andrea; Saad, Sascha; Dörrenbächer, Svenja-Sarah; Schaal-Lehr, Christine; Helbig, Joachim; Löffler, Jessica; Burkardt, Albrecht; Krafft, Amely & Klose, Charlotte (2023). GANZ SCHÖN HEISS HIER: Lösungsansätze für eine hitzeangepasste Stadtentwicklung (ZURES). [Broschüre zum Forschungsbericht].

Biswas, Sneha & Nautiyal, Sunil (2023). A review of socio-economic vulnerability: The emergence of its theoretical concepts, models and methodologies. Natural Hazards Research, 3(3), S. 563-571. Elsevier. Zugriff: https://doi.org/10.1016/j.nhres.2023.05.005 [zuletzt geprüft am: 14.05.2024].

Blaikie, Piers; Cannon, Terry; Davis, Ian & Wisner, Ben (Hrsg.) (1994). At Risk Natural hazards, people's vulnerability, and disasters. 1. Auflage. Routledge. o. O.

Blättner, Beate & Grewe, Henny Annette (2023). Arbeitshilfe zur Entwicklung und Implementierung eines Hitzeaktionsplans für Kommunen. Entwickelt im Rahmen des UBA-Projektes „HAP-DE. Analyse von Hitzeaktionsplänen und gesundheitlichen Anpassungsmaßnahmen an Hitzeextreme in Deutschland". Hochschule Fulda (University of Applied Sciences), Public Health Zentrum Fulda. Zugriff: https://www.hs-fulda.de/fileadmin/user_upload/FB_Pflege_und_Gesundheit/Forschung___Entwicklung/Klimawandel_Gesundheit/Arbeitshilfe_zur_Entwicklung_und_Implementierung_eines_Hitzeaktionsplans_fuer_Kommunen_21.03_final.pdf [zuletzt geprüft am: 17.10.2023].

Bogard, William C. (1988). Bringing Social Theory to Hazard Research: Conditions and Consequences of the Mitigation of Environmental Hazards. Sociological Perspectives, 31(2), S. 147-168. Sage Publications. Zugriff: https://doi.org/10.2307/1389080 [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Bohle, Hans-Georg (2001). Vulnerability and Criticality. Newsletter of the International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change, Nr. 2/2001, Vulnerability Article 1. Zugriff: https://www.ipcc.ch/apps/njlite/srex/njlite_download.php?id=6390 [zuletzt geprüft am: 03.04.2021].

Bohle, Hans-Georg (2008). Leben mit Risiko: Resilience als neues Paradigma für die Risikowelten von morgen. In Felgentreff, Carsten & Glade, Thomas (Hrsg.) (2008), Naturrisiken und Sozialkatastrophen. 1. Auflage, S. 435-441. Elsevier. München. Zugriff: https://www.researchgate.net/profile/Hans-Georg-Bohle/publication/305407296_Leben_mit_Risiko_-_Resilience_als_neues_Paradigma_fur_die_Risikowelten_von_morgen/links/578e0c0a08ae35e97c3f5e40/Leben-mit-Risiko-Resilience-als-neues-Paradigma-fuer-die-Risikowelten-von-morgen.pdf [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Bohle, Hans-Georg; Downing, Thomas E. & Watts, Michael J. (1994). Climate change and social vulnerability: Toward a sociology and geography of food insecurity. Global Environmental Change, 4(1), S. 37-48. Elsevier. Zugriff: https://doi.org/10.1016/0959-3780(94)90020-5 [zuletzt geprüft am: 15.07.2022].

Bohle, Hans-Georg & Glade, Thomas (2007). Vulnerabilitätskonzepte in Sozial- und Naturwissenschaften. In Felgentreff, Carsten & Glade, Thomas (Hrsg.) (2008), Naturrisiken und Sozialkatastrophen. 1. Auflage, S. 99-119. Elsevier. München. Zugriff: https://www.researchgate.net/profile/Hans-Georg-Bohle/publication/305407296_Leben_mit_Risiko_-_Resilience_als_neues_Paradigma_fur_die_Risiko-

welten_von_morgen/links/578e0c0a08ae35e97c3f5e40/Leben-mit-Risiko-Resilience-als-neues-Paradigma-fuer-die-Risikowelten-von-morgen.pdf [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Böhme, Christa & Köckler, Heike (2018). Umweltgerechtigkeit im städtischen Raum – soziale Lage, Umweltqualität und Gesundheit zusammendenken. In Baumgart, Sabine; Köckler, Heike; Ritzinger, Anne & Rüdiger, Andrea (Hrsg.), Planung für gesundheitsfördernde Städte. Forschungsberichte der ARL 08., S. 87-101. Verlag der ARL. Hannover. Zugriff: https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-59574-1 [zuletzt geprüft am: 04.10.2023].

Böhme, Christa; Kliemke, Christa; Reimann, Bettina & Süß, Waldemar (Hrsg.) (2012). Handbuch Stadtplanung und Gesundheit. Verlag Hans Huber. Bern.

Bolte, Gabriele (2018). Epidemiologische Methoden und Erkenntnisse als eine Grundlage für Stadtplanung und gesundheitsfördernde Stadtentwicklung. In Baumgart, Sabine; Köckler, Heike; Ritzinger, Anne & Rüdiger, Andrea (Hrsg.), Planung für gesundheitsfördernde Städte. Forschungsberichte der ARL 08, S. 118-134. Verlag der ARL. Hannover. Zugriff: https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-59576-1 [zuletzt geprüft am: 15.12.2023].

Bolte, Gabriele; Bunge, Christiane; Hornberg, Claudia; Köckler, Heike & Mielck, Andreas (Hrsg.) (2012). Umweltgerechtigkeit: Chancengleichheit bei Umwelt und Gesundheit: Konzepte, Datenlage und Handlungsperspektiven. 1. Auflage. Verlag Hans Huber, Hogrefe AG. Bern. Zugriff: https://www.hogrefe.com/ch/shop/umweltgerechtigkeit-63198.html [zuletzt geprüft am: 05.09.2023].

Bousquet, Francois; Botta, Aurélie; Alinovi, Luca; Barreteau, Olivier; Bossio, Deborah; Brown, Katrina; Caron, Patrick; Cury, Philippe; d'Errico, Marco; DeClerck, Fabrice; Dessard, Hélène; Kautsky, Elin Enfors; Fabricius, Christo; Folke, Carl; Fortmann, Louise; Hubert, Bernard; Magda, Danièle; Mathevet, Raphael; Norgaard, Richard B.; Quinlan, Allyson & Staver, Charles (2016). Resilience and development: mobilizing for transformation. Ecology and Society, 21(3), Artikel 40. The Resilience Alliance. Zugriff: https://doi.org/10.5751/ES-08754-210340 [zuletzt geprüft am: 22.03.2020].

Brand, Fridolin Simon & Jax, Kurt (2007). Focusing the meaning(s) of resilience: resilience as a descriptive concept and a boundary object. Ecology and Society, 12(1), Artikel 23. The Resilience Alliance. Zugriff: https://ecologyandsociety.org/vol12/iss1/ [zuletzt geprüft am: 24.05.2023].

Brand, Karl-Werner (2020). Nachhaltigkeitsperspektiven in der (Post-)Corona Welt. Globale Umbrüche und die Herausbildung neuer Resilienzregime. In Görgen, Benjamin; Grundmann, Matthias; Haarbusch, Niklas; Hoffmeister, Dieter & Wendt, Björn (Hrsg.), Soziologie und Nachhaltigkeit: Beiträge zur sozial-ökologischen Transformationsforschung. Sonderband II: Die sozial-ökologische Transformation in der Corona-Krise, S. 8-20. WWU Münster, Institut für Soziologie. Münster. Zugriff: https://doi.org/10.17879/sun-2020-2937 [zuletzt geprüft am: 07.12.2021].

Brand, Ulrich (2009). Die Multiple Krise. Dynamik und Zusammenhang der Krisendimensionen, Anforderungen an politische Institutionen und Chancen progressiver Politik. Heinrich Böll Stiftung. Berlin. Zugriff: https://www.boell.de/sites/default/files/multiple_krisen_u_brand_1.pdf [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Braubach, Angela (2011). Vulnerabilität der kritischen Infrastruktur Wasserversorgung gegenüber Naturkatastrophen: Auswirkungen des Augusthochwassers 2002 auf die Wasserversorgung und das Infektionsgeschehen der Bevölkerung in Sachsen und Sachsen-Anhalt. Forschung im Bevölkerungsschutz, Band 12. Bonn. Zugriff: https://repository.publisso.de/resource/frl:4442602-1/data [zuletzt geprüft am: 25.05.2021].

Breitner-Busch, Susanne; Mücke, Hans-Guido; Schneider, Alexandra & Hertig, Elke (2023). Auswirkungen des Klimawandels auf nicht-übertragbare Erkrankungen durch erhöhte Luftschadstoffbelastungen der Außenluft. Journal of Health Monitoring, 8(S4), S. 111-131. RKI. Zugriff: https://doi.org/10.25646/11649 [zuletzt geprüft am: 17.10.2023].

Bröckling, Ulrich (2017). Resilienz: Über einen Schlüsselbegriff des 21. Jahrhunderts. Soziopolis: Gesellschaft beobachten. Soziopolis. [Essay]. Zugriff: https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-80731-7 [zuletzt geprüft am: 19.08.2022].

Brooks, Nick (2003). Vulnerability, risk and adaptation: A conceptual framework. Working Paper 38. Tyndall Centre for Climate Change Research. Norwich. Zugriff: https://www.researchgate.net/publica-

tion/200032746_Vulnerability_Risk_and_Adaptation_A_Conceptual_Framework [zuletzt geprüft am: 18.01.2023].

Brulle, Robert & Pellow, David (2006). Environmental Justice: Human Health and Environmental Inequalities. Annual Review of Public Health, 27, S. 103-124. Annual Reviews. Zugriff: https://doi.org/10.1146/annurev.publhealth.27.021405.102124 [zuletzt geprüft am: 16.08.2023].

Buchin, Oliver; Jänicke, Britta; Meier, Fred; Scherer, Dieter & Ziegler, Felix (2016). The role of building models in the evaluation of heat-related risks. Natural Hazards and Earth System Sciences, 16, S. 963-976. Copernicus Publications. Zugriff: https://doi.org/10.5194/nhess-16-963-2016 [zuletzt geprüft am: 17.10.2023].

Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) (Hrsg.) (2010). Empfehlungen zur Aufstellung von Hochwassergefahrenkarten und Hochwasserrisikokarten: beschlossen auf der 139. LAWA-VV am 25./26. März 2010 in Dresden. Dresden. Zugriff: https://www.lawa.de/documents/hwgk15062010_1552299609.pdf [zuletzt geprüft am: 04.05.2023].

Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) (Hrsg.) (2018a). Empfehlungen zur Aufstellung von Hochwassergefahrenkarten und Hochwasserrisikokarten: beschlossen auf der 156. LAWA-Vollversammlung 27./28. September 2018 in Weimar. Mainz. Zugriff: https://www.lawa.de/documents/lawa-empfehlungen_aufstellung_hw-gefahrenkarten_und_hw-risikokarten_2_1552298996.pdf [zuletzt geprüft am: 06.11.2023].

Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) (Hrsg.) (2018b). LAWA-Strategie für ein effektives Starkregenrisikomanagement. Erfurt. Zugriff: https://www.lawa.de/documents/lawa-starkregen_2_1552299106.pdf [zuletzt geprüft am: 06.11.2023].

Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hrsg.) (2000). Raumordnungsbericht 2000. Berichte. Band 7. Selbstverlag des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung. Bonn. Zugriff: https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/abgeschlossen/berichte/2000_2005/Downloads/ROB2000.pdf;jsessionid=1A2F29192BD0436B3E7A8B8807BC01EA.live21301?__blob=publicationFile&v=1 [zuletzt geprüft am: 15.12.2023].

Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (Hrsg.) (2005). Problemstudie: Risiken in Deutschland. Gefahrenpotentiale und Gefahrenprävention für Staat, Wirtschaft und Gesellschaft aus Sicht des Bevölkerungsschutzes. Auszug, Teil 1. Bad Neuenahr-Ahrweiler. Zugriff: https://docplayer.org/15454542-Problemstudie-risiken-fuer-deutschland-teil-2-band-7-wissenschaftsforum.html [zuletzt geprüft am: 04.01.2021].

Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (Hrsg.) (2009). Vulnerabilität Kritischer Infrastrukturen. Forschung im Bevölkerungsschutz, Band 4. Bonn. Zugriff: https://repository.publisso.de/resource/frl:6401770/data [zuletzt geprüft am: 11.06.2020].

Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (Hrsg.) (2010). Methoden für die Risikoanalyse im Bevölkerungsschutz. Bonn. Zugriff: https://www.bildungsinstitut-rlp.drk.de/fileadmin/downloads/Fuehrungs-_und_Leitungskraefte_der_Bereitschaften/Leitungskraefteausbildungen/Allgemeine_Unterlagen/Band_08_Methode-Risikoanalyse-BS.pdf [zuletzt geprüft am: 30.12.2022].

Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (Hrsg.) (2011). Indikatoren zur Abschätzung von Vulnerabilität und Bewältigungspotenzialen: am Beispiel von wasserbezogenen Naturgefahren in urbanen Räumen. Forschung im Bevölkerungsschutz, Band 13. Bonn. Zugriff: https://repository.publisso.de/resource/frl:6401799/data [zuletzt geprüft am: 13.06.2021].

Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (Hrsg.) (2013). Abschätzung der Verwundbarkeit gegenüber Hochwasserereignissen auf kommunaler Ebene. Praxis im Bevölkerungsschutz, Band 4. Bonn. Zugriff: https://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Mediathek/Publikationen/PiB/PiB-04-hochwasser-kommuna-ebene.pdf [zuletzt geprüft am: 03.01.2021].

Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (Hrsg.) (2019a). BBK-Glossar: Ausgewählte zentrale Begriffe des Bevölkerungsschutzes. Praxis im Bevölkerungsschutz Band 8. 2. überarbeitete Auflage. Bonn. Zugriff: http://drkww.drkcms.de/fileadmin/user_upload/PDF_HGA_Unterlagen/zentrale_Begriffe_BBK_Glossar.pdf [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (Hrsg.) (2019b). Risikoanalyse im Bevölkerungsschutz: Ein Stresstest für die Allgemeine Gefahrenabwehr und den Katastrophenschutz. Praxis im Bevölkerungsschutz. Band 16. Bonn. Zugriff: https://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Mediathek/Publikationen/PiB/PiB-16-risikoanalyse-bevoelkerungsschutz.pdf?__blob=publicationFile&v=9 [zuletzt geprüft am: 15.12.2023].

Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (Hrsg.) (2020). 10 Jahre „KRITIS-Strategie“: Einblicke in die Umsetzung der Nationalen Strategie zum Schutz Kritischer Infrastrukturen. Bonn. Zugriff: https://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2020/05/pm-10-jahre-kritis-strategie.html [zuletzt geprüft am: 13.05.2020].

Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (Hrsg.) (2022). Starkregen: Herausforderung für den Bevölkerungsschutz. Trends, Auswirkungen und Handlungsempfehlungen. Praxis im Bevölkerungsschutz Band 23. Bonn. Zugriff: https://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Mediathek/Publikationen/PiB/PiB-23-starkregen.pdf [zuletzt geprüft am: 06.11.2023].

Bundesamt für Naturschutz (BfN) (Hrsg.) (2014). Grün, natürlich, gesund: Die Potenziale multifunktionaler städtischer Räume. BfN-Skripten 371. BfN. Bonn/Bad Godesberg. Zugriff: https://www.bfn.de/sites/default/files/BfN/service/Dokumente/skripten/skript371.pdf [zuletzt geprüft am: 04.10.2023].

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) (Hrsg.) (2022). Klimawandel und Arbeitsschutz. 1. Auflage März 2022. BAuA. Dortmund/Berlin/Dresden. Zugriff: https://doi.org/10.21934/baua:bericht20220601 [zuletzt geprüft am: 17.10.2023].

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (Hrsg.) (2016). Klimaschutz und Klimaanpassung im Stadtumbau Ost und West. BBSR-Online-Publikation Nr. 11/2016. Bonn. Zugriff: https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/bbsr-online/2016/bbsr-online-11-2016.html [zuletzt geprüft am: 11.12.2023].

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (Hrsg.) (2018). Stresstest Stadt – wie resilient sind unsere Städte? Unsicherheiten der Stadtentwicklung identifizieren, analysieren und bewerten. Bonn. Zugriff: https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/sonderveroeffentlichungen/2018/stresstest-stadt.html [zuletzt geprüft am: 16.01.2021].

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (Hrsg.) (2020). Vorsorgendes Risikomanagement in der Regionalplanung: Handlungshilfe für die Regionalplanung. Bonn. Zugriff: https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/sonderveroeffentlichungen/2020/risikomanagement.html [zuletzt geprüft am: 15.07.2020].

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (Hrsg.) (2023). Handlungsempfehlungen für die Umsetzung integrierter Stadtteilentwicklungskonzepte: Eine Arbeitshilfe für Kommunen. Bonn. Zugriff: https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/sonderveroeffentlichungen/2023/handlungsempfehlungen-stadtentwicklungskonzepte.html [zuletzt geprüft am: 11.12.2023].

Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (BMI) (Hrsg.) (2020). Neue Leipzig Charta. Die transformative Kraft der Städte für das Gemeinwohl. Verabschiedet beim Informellen Ministertreffen Stadtentwicklung am 30. November 2020. Berlin. Zugriff: https://www.nationale-stadtentwicklungspolitik.de/NSPWeb/SharedDocs/Publikationen/DE/Publikationen/die_neue_leipzig_charta.pdf [zuletzt geprüft am: 18.09.2023].

Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (BMI) (Hrsg.) (2021). Memorandum Urbane Resilienz: Wege zur robusten, adaptiven und zukunftsfähigen Stadt. Berlin. Zugriff: https://www.nationale-stadtentwicklungspolitik.de/NSPWeb/SharedDocs/Publikationen/DE/Publikationen/memorandum_urbane_resilienz.pdf [zuletzt geprüft am: 26.09.2023].

Bundesministerium des Inneren und für Heimat (BMI) (Hrsg.) (2022). Deutsche Strategie zur Stärkung der Resilienz gegenüber Katastrophen: Umsetzung des Sendai Rahmenwerks für Katastrophenvorsorge (2015–2030) – Der Beitrag Deutschlands 2022–2030. Berlin. Zugriff: https://www.bbk.bund.de/DE/Themen/Nationale-Kontaktstelle-Sendai-Rahmenwerk/Resilienzstrategie/resilienz-strategie_node.html [zuletzt geprüft am: 29.07.2022].

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (Hrsg.) (2012). Aktionsplanung Anpassung der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. BMU. Berlin. Zugriff:

https://www.bmuv.de/download/aktionsplan-anpassung-zur-deutschen-anpassungsstrategie-an-den-klimawandel [zuletzt geprüft am: 05.12.2023].

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) (Hrsg.) (2007). Leipzig Charta zur nachhaltigen europäischen Stadt. Berlin. Zugriff: https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Nationale_Stadtentwicklung/leipzig_charta_de_bf.pdf [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) (Hrsg.) (2016). Umweltgerechtigkeit in der sozialen Stadt – Gute Praxis an der Schnittstelle von Umwelt, Gesundheit und sozialer Lage. Berlin. Zugriff: https://www.bmwsb.bund.de/SharedDocs/downloads/Webs/BMWSB/DE/publikationen/wohnen/soziale-stadt-umweltgerechtigkeit.pdf [zuletzt geprüft am: 18.09.2023].

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) (Hrsg.) (2011). Vulnerabilitätsanalyse in der Praxis. Inhaltliche und methodische Ansatzpunkte für die Ermittlung regionaler Betroffenheiten, BMVBS-Online-Publikation, 21/2011. Zugriff: https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/ministerien/bmvbs/bmvbs-online/2011/ON212011.html [zuletzt geprüft am: 10.11.2021].

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) (Hrsg.) (2013a). Planungsbezogene Empfehlungen zur Klimaanpassung auf Basis der Maßnahmen des Stadtklimalotsen, BMVBS-Online-Publikation, 25/2013. Zugriff: https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/ministerien/bmvbs/bmvbs-online/2013/DL_ON252013.pdf [zuletzt geprüft am: 09.10.2023].

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) (Hrsg.) (2013b). Flexibilisierung der Planung für eine klimawandelgerechte Stadtentwicklung: Verfahren, Instrumente und Methoden für anpassungsflexible Raum- und Siedlungsstrukturen, BMVBS-Online-Publikation, 16/2013. Zugriff: https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/ministerien/bmvbs/bmvbs-online/2013/DL_ON162013.pdf [zuletzt geprüft am: 09.10.2023].

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) & Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (Hrsg.) (2013). Methodenhandbuch zur regionalen Klimafolgenbewertung in der räumlichen Planung: Systematisierung der Grundlagen regionalplanerischer Klimafolgenbewertung. Zugriff: https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/programme/moro/studien/2011/LeitfadenRegionaleKlimafolgenbewertung/Downloads/DL_Handbuch.pdf [zuletzt geprüft am: 12.12.2023].

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) (Hrsg.) (2017a). Handbuch zur Ausgestaltung der Hochwasservorsorge in der Raumordnung: MORO Regionalentwicklung und Hochwasserschutz in Flussgebieten. MORO Praxis 10/2017. Berlin. Zugriff: https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/ministerien/moro-praxis/2017/moro-praxis-10-17.html [zuletzt geprüft am 18.10.2017].

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) (Hrsg.) (2017b). Handlungshilfe Klimawandelgerechter Regionalplan. Ergebnisse des Forschungsprojektes KlimREG für die Praxis. MORO Praxis 6/2017. Berlin. Zugriff: https://klimreg.de/wp-content/uploads/2016/09/KlimREG_Handlungshilfe_barrierefrei.pdf [zuletzt geprüft am: 23.10.2023].

Bunge, Christiane (2014). Gesundheitliche Chancengleichheit. In UVP-Gesellschaft e.V., AG Menschliche Gesundheit (Hrsg.) (2020), Leitlinien Schutzgut Menschliche Gesundheit. 2. Auflage, S. 21-25. UVP-Gesellschaft e.V. (Selbstverlag). Paderborn. Zugriff: https://www.uvp.de/_openaccess/leitlinien/LL_SG_Mensch_2020.pdf [zuletzt geprüft am: 18.09.2023].

Bunge, Christiane & Rehling, Julia (2020). Umweltgerechtigkeit in Städten. Informationen zur Raumentwicklung (IzR), Heft 1/2020, S. 70-83. Franz Steiner Verlag. Zugriff: https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/izr/2020/1/downloads/izr-1-2020-komplett-dl.pdf [zuletzt geprüft am: 04.10.2023].

Bürkner, Hans-Joachim (2010). Vulnerabilität und Resilienz. Forschungsstand und sozialwissenschaftliche Untersuchungsperspektiven. Working Paper. Leibniz-Institut für Regionalentwicklung und Strukturplanung. Erkner. Zugriff: https://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:kobv:109-opus-129407 [zuletzt geprüft am: 11.02.2021].

Burton, Ian; Kates, Robert W. & White, Gilbert F. (1978). The Environment as Hazard. 1. Auflage. Oxford University Press. New York.

Butsch, Carsten; Beckers, Liza-Marie; Nilson, Enno; Frassi, Marieke; Brennholt, Nicole; Kwiatowski, René & Söder, Mareike (2023). Gesundheitliche Auswirkungen von Extremwetterereignissen: Risikokaskaden im anthropogenen Klimawandel. Journal of Health Monitoring, 8(S4), S. 35-60. RKI. Zugriff: https://doi.org/10.25646/11646.2 [zuletzt geprüft am: 06.11.2023].

Carpenter, Steve; Walker, Brian; Anderies, J. Marty & Abel, Nick (2001). From Metaphor to Measurement: Resilience of What to What? Ecosystems, 4(8), S. 765-781. Springer-Verlag. Zugriff: https://doi.org/10.1007/s10021-001-0045-9 [zuletzt geprüft am: 09.05.2023].

Centre for Good Governance (2006). A COMPREHENSIVE GUIDE FOR SOCIAL IMPACT ASSESSMENT. Telangana. Zugriff: https://www.nzaia.org.nz/uploads/1/2/3/3/12339018/a-comprehensive-guide-for-social-impact-assessment.pdf [zuletzt geprüft am: 19.08.2022].

Chambers, Robert (1989). Vulnerability, Coping and Policy (Editorial Introduction). IDS Bulletin, 20(2), S. 1-7. Wiley. Zugriff: https://doi.org/10.1111/j.1759-5436.1989.mp20002001.x [zuletzt geprüft am: 19.08.2022].

Chambers, Robert & Conway, Gordon R. (1992). Sustainable Rural Livelihoods: Practical Concepts for the 21st Century. IDS Discussion Paper 296. Brighton. Zugriff: https://www.ids.ac.uk/publications/sustainable-rural-livelihoods-practical-concepts-for-the-21st-century/ [zuletzt geprüft am: 05.05.2023].

Christmann, Gabriela & Ibert, Oliver (2012). Vulnerability and Resilience in a Socio-Spatial Perspective: A Social-Scientific Approach. Raumforschung und Raumordnung, 70(4), S. 259-272. Springer-Verlag. Zugriff: http://dx.doi.org/10.1007/s13147-012-0171-1 [zuletzt geprüft am: 26.03.2020].

Christmann, Gabriela; Ibert, Oliver; Kilper, Heiderose & Moss, Timothy (2011). Vulnerabilität und Resilienz in sozio-räumlicher Perspektive: Begriffliche Klärungen und theoretischer Rahmen. Working Paper, Nr. 44. Erkner. Zugriff: https://leibniz-irs.de/fileadmin/user_upload/IRS_Working_Paper/wp_vulnerabilitaet.pdf [zuletzt geprüft am: 12.12.2021].

Christmann, Gabriela; Kilper, Heiderose & Ibert, Oliver (2016). Die resiliente Stadt in den Bereichen Infrastrukturen und Bürgergesellschaft. Schriftenreihe Sicherheit Nr. 19. Forschungsforum Öffentliche Sicherheit. Freie Universität Berlin. [Beitrag in Schriftenreihe]. Zugriff: https://refubium.fu-berlin.de/bitstream/handle/fub188/18477/sr_19.pdf;jsessionid=6698757DBAB34350EBCE055E4D640A15?sequence=1 [zuletzt geprüft am: 11.12.2023].

Ciurean, Roxana L.; Schröter, Dagmar & Glade, Thomas (2013). Conceptual Frameworks of Vulnerability Assessments for Natural Disasters Reduction. In Tiefenbacher, John (Hrsg.), Approaches to Disaster Management, S. 3-32. IntechOpen. San Marcos. Zugriff: https://doi.org/10.5772/55538 [zuletzt geprüft am: 18.07.2021].

Claßen, Thomas (2020). Gesundheitsförderliche Stadtentwicklung: Zwischen Renaissance und Neuerfindung. Informationen zur Raumentwicklung (IzR), Heft 1/2020, S. 4-17. Franz Steiner Verlag. Zugriff: https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/izr/2020/1/downloads/einfuehrung.pdf [zuletzt geprüft am: 15.12.2023].

Claßen, Thomas & Bunz, Maxie (2018). Einfluss von Naturräumen auf die Gesundheit: Evidenzlage und Konsequenzen für Wissenschaft und Praxis. Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz, Heft 61/2018, S. 720-728. Springer-Verlag. Zugriff: https://doi.org/10.1007/s00103-018-2744-9 [zuletzt geprüft am: 04.10.2023].

Climate Service Center Germany (GERICS) (Hrsg.) (2021). Klimaausblick: Landkreis Regionalverband Saarbrücken. Hamburg. Zugriff: https://share.hereon.de/index.php/s/6m2gCbCoj2o2oCP/download?path=&files=gerics_klimaausblick_10041_version_1.0_deutsch.pdf [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Comfort, Louise K.; Wisner, Ben; Cutter, Susan L.; Pulwarty, R.; Hewitt, Kenneth; Oliver-Smith, A.; Wiener, John; Fordham, Maureen; Peacock, Walter Gillis & Krimgold, F. (1999). Reframing disaster policy: the global evolution of vulnerable communities. Environmental Hazards, 1(1), S. 39-44. Taylor & Francis. Zugriff: http://dx.doi.org/10.3763/ehaz.1999.0105 [zuletzt geprüft am: 15.07.2022].

Costa, Luís & Kropp, Jürgen P. (2012). Linking components of vulnerability in theoretic frameworks and case studies. Sustainable Science, 8(1), S. 1-9. Springer-Verlag. Zugriff: https://doi.org/10.1007/s11625-012-0158-4 [zuletzt geprüft am: 02.04.2022].

Crichton, David (1999). The risk triangle. In Ingleton, J. (Hrsg.), Natural Disaster Management, S. 102-103. Tudor Rose. London. Zugriff: https://www.ilankelman.org/crichton/1999risktriangle.pdf [zuletzt geprüft am: 25.01.2023].

Cutter, Susan L. (1996). Societal Vulnerability to Environmental Hazards. Progress in Human Geography, 20(4), S. 529-539. Sage Journals. Zugriff: http://dx.doi.org/10.1177/030913259602000407 [zuletzt geprüft am: 09.03.2022].

Cutter, Susan L. & Morath, Daniel P. (2013). The evolution of the Social Vulnerability Index (SoVI). In Birkmann, Jörn (Hrsg.), Measuring vulnerability to natural hazards. Towards disaster resilient societies, 2. Auflage, S. 304-321. United Nations University Press. Tokyo/New York/Paris. Zugriff: https://digitallibrary.un.org/record/587074?v=pdf [zuletzt geprüft am: 08.06.2022].

Cutter, Susan L.; Boruff, Bryan J. & Shirley, W. Lynn (2003). Social Vulnerability to Environmental Hazards. Social Science Quarterly, 84(2), S. 242-261. Southwestern Social Science Association. Zugriff: http://dx.doi.org/10.1111/1540-6237.8402002 [zuletzt geprüft am: 14.01.2021].

Dangschat, Jens S. (2007). Soziale Ungleichheit, gesellschaftlicher Raum und Segregation. In Dangschat, Jens S. & Hamedinger, Alexander (Hrsg.), Lebensstile, soziale Lagen und Siedlungsstrukturen, S. 21-50. Verlag der ARL. Hannover. Zugriff: https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-318713 [zuletzt geprüft am: 17.08.2023]

Danielzyk, Rainer & Münter, Angelika (2018). Raumplanung. In Akademie für Raumforschung und Landschaftsplanung (ARL) (Hrsg.), Handwörterbuch der Stadt- und Raumentwicklung, S. 1931-1942. Verlag der ARL. Hannover. Zugriff: https://www.arl-net.de/system/files/media-shop/pdf/HWB%202018/Raumplanung.pdf [zuletzt geprüft am: 14.08.2023].

Danielzyk, Rainer & Sondermann, Martin (2018). Informelle Planung. In Akademie für Raumforschung und Landschaftsplanung (ARL) (Hrsg.), Handwörterbuch der Stadt- und Raumentwicklung, S. 963-974. Verlag der ARL. Hannover. Zugriff: https://www.arl-net.de/system/files/media-shop/pdf/HWB%202018/Innenentwicklung.pdf [zuletzt geprüft am: 14.08.2023].

Danielzyk, Rainer; Goppel, Konrad; Knieling, Jörg; Konze, Heinz & Schmidt, Petra Illona (2011). Programme, Pläne und Verfahren der Raumplanung. In Akademie für Raumforschung und Landesplanung (ARL) (Hrsg.), Grundriss der Raumordnung und Raumentwicklung, S. 435-498. Verlag der ARL. Hannover. Zugriff: https://www.arl-net.de/system/files/media-shop/pdf/Grundriss%20RO/gr_ro_Kap6.pdf [zuletzt geprüft am: 24.10.2023].

Davoudi, Simin; Shaw, Keith; Haider, L. Jamila; Quinlan, Allyson E.; Peterson, Garry D.; Wilkinson, Cathy; Fünfgeld, Hartmut; McEvoy, Darryn & Porter, Libby (2012). Resilience: A Bridging Concept or a Dead End? "Reframing" Resilience: Challenges for Planning Theory and Practice Interacting Traps: Resilience Assessment of a Pasture Management System in Northern Afghanistan Urban Resilience: What Does it Mean in Planning Practice? Resilience as a Useful Concept for Climate Change Adaptation? The Politics of Resilience for Planning: A Cautionary Note. Planning Theory & Practice, 13(2), S. 299-333. Taylor & Francis. Zugriff: http://dx.doi.org/10.1080/14649357.2012.677124 [zuletzt geprüft am: 23.01.2021].

Department for Environment Food and Rural Affairs (Defra) (Hrsg.) (2006). Flood Risks to People: Phase 2 Project Record. FD2321/PR. London. Zugriff: https://assets.publishing.service.gov.uk/media/602bbb768fa8f50386a7f8aa/Flood_risks_to_people_-_Phase_2_Project_Record.pdf [zuletzt geprüft am: 13.11.2023].

Department for International Development (DFID) (Hrsg.) (2001). Sustainable livelihoods: guidance sheets. London. Zugriff: https://www.livelihoodscentre.org/documents/114097690/114438878/Sustainable+livelihoods+guidance+sheets.pdf/594e5ea6-99a9-2a4e-f288-cbb4ae4bea8b?t=1569512091877 [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Deppisch, Sonja (Hrsg.) (2017). Urban Regions Now & Tomorrow: Between Vulnerability, Resilience and Transformation. 1. Auflage. Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH. Wiesbaden.

Deutsche Gesellschaft für Allgemeinmedizin und Familienmedizin (DEGAM) (Hrsg.) (2017). Multimorbidität: S3-Leitlinie. DEGAM-Leitlinie Nr. 20. Berlin. Zugriff: https://register.awmf.org/assets/guidelines/053-047l_S3_Multimorbiditaet_2018-01.pdf [zuletzt geprüft am: 24.10.2023].

Deutsche Gesellschaft für die Vereinten Nationen e.V. (DGVN) (o. J.). Die allgemeine Erklärung der Menschenrechte: Die 30 Artikel der deutschen Originalübersetzung sowie in jeweils einem Satz. DGVN. Zugriff: https://dgvn.de/publications/PDFs/Sonstiges/Allgemeine_Erklaerung_der_Menschenrechte.pdf [zuletzt geprüft am: 04.10.2023].

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ) (Hrsg.) (2014). The Vulnerability Sourcebook. Concept and guidelines for standardized vulnerability assessments. GIZ. Zugriff: https://adelphi.de/en/publications/the-vulnerability-sourcebook-concept-and-guidelines-for-standardised-vulnerability [zuletzt geprüft am: 18.05.2022].

Deutscher Bundestag (Hrsg.) (2013). Bericht zur Risikoanalyse im Bevölkerungsschutz 2012. Drucksache 17//12051. Zugriff: https://dserver.bundestag.de/btd/17/120/1712051.pdf [zuletzt geprüft am: 24.03.2022].

Deutscher Städte- und Gemeindebund (DStGB) (Hrsg.) (2023). Leitfaden Klimafolgenanpassung in der Bauleitplanung. Dokumentation N° 171. DStGB. Zugriff: https://www.dstgb.de/publikationen/dokumentationen/nr-171-klimafolgenanpassung-in-der-bauleitplanung/ [zuletzt geprüft am: 17.10.2023].

Deutscher Wetterdienst (DWD) (Hrsg.) (2023). Klimastatusbericht Deutschland. Jahr 2022. Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes. Zugriff: https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimastatusbericht/publikationen/ksb_2022.pdf;jsessionid=68A479D02390744F3E4BF7462EF8776D.live21061 [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Deutsches Komitee Katastrophenvorsorge e.V. (DKKV) (Hrsg.) (2022). Die Flutkatastrophe im Juli 2021 in Deutschland: Ein Jahr danach: Aufarbeitung und erste Lehren für die Zukunft. DKKV-Schriftenreihe Nr. 62. 2. Überarbeitete Auflage. Zugriff: https://dkkv.org/wp-content/uploads/2023/02/DKKV__Schriftenreihe_Juli_2022__Webversion__-_2te_Version_August3.pdf [zuletzt geprüft am: 06.11.2023].

Die Bundesregierung (Hrsg.) (2002). Perspektiven für Deutschland: Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung. Berlin. Zugriff: https://www.nachhaltigkeit.info/media/1326188329phpYJ8KrU.pdf [zuletzt geprüft am: 05.09.2023]

Die Bundesregierung (Hrsg.) (2004). Perspektiven für Deutschland: Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung. Forschungsbericht 2004. Zugriff: https://www.lag21.de/files/default/pdf/Portal%20Nachhaltigkeit/bund/portal-n-uberarbeitung/br-2004-dns-fortschrittsbericht.pdf [zuletzt geprüft am: 19.09.2023].

Die Bundesregierung (Hrsg.) (2008). Die Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Vom Bundeskabinett am 17. Dezember 2008 beschlossen. Zugriff: https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaanpassung/das_gesamt_bf.pdf [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Die Bundesregierung (Hrsg.) (2015). Fortschrittsbericht zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Zugriff: https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimawandel_das_fortschrittsbericht_bf.pdf [zuletzt geprüft am: 01.02.2021].

Die Bundesregierung (Hrsg.) (2016). Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie. Neuauflage 2016. Zugriff: https://www.bundesregierung.de/resource/blob/975292/730844/3d30c6c2875a9a08d364620ab7916af6/deutsche-nachhaltigkeitsstrategie-neuauflage-2016-download-bpa-data.pdf [zuletzt geprüft am: 12.12.2023].

Die Bundesregierung (Hrsg.) (2020). Zweiter Fortschrittsbericht zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Zugriff: https://www.bmuv.de/download/zweiter-fortschrittsbericht-zur-deutschen-anpassungsstrategie-an-den-klimawandel [zuletzt geprüft am: 04.05.2023].

Die Bundesregierung (Hrsg.) (2021). Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie. Weiterentwicklung 2021. Zugriff: https://www.bundesregierung.de/resource/blob/998194/1875176/3d3b15cd92d0261e-

7a0bcdc8f43b7839/deutsche-nachhaltigkeitsstrategie-2021-langfassung-download-bpa-data.pdf [zuletzt geprüft am: 05.09.2023].

Dietz, Kristina (2006). Vulnerabilität und Anpassung gegenüber Klimawandel aus sozial-ökologischer Perspektive. Aktuelle Tendenzen und Herausforderungen in der internationalen Klima- und Entwicklungspolitik. Diskussionspapier 01/06 des Projektes „Global Governance und Klimawandel". Zugriff: https://www.land-conflicts.fu-berlin.de/_media_design/fotos-publikationen/working-papers/Dietz_2006_WP_Anpassung-und-Vulnerabiliaet.pdf [zuletzt geprüft am: 26.03.2020].

Dikau, Richard & Weichselgartner, Juergen (2005). Der unruhige Planet. 1. Auflage. Primus in Wissenschaftliche Buchgesellschaft. Darmstadt.

Dohnke, Jan (2012). Monitoringsysteme der sozialen Stadtentwicklung: Stand und zukünftige Herausforderungen. In Pohlan, Jörg; Glasauer, Herbert; Hannemann, Christine & Pott, Andreas (Hrsg.), Jahrbuch StadtRegion 2011/2012: Schwerpunkt Stadt und Religion, S. 143-169. Verlag Barbara Budrich. Leverkusen-Opladen. Zugriff: http://dx.doi.org/10.3224/jbsr.v7i1.08 [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Dow, Kristin (1992). Exploring differences in our common future(s): the meaning of vulnerability to global environmental change. Geoforum, 23(2), S. 417-436. Elsevier. Zugriff: https://doi.org/10.1016/0016-7185(92)90052-6 [zuletzt geprüft am: 15.07.2022].

Downing, Thomas E.; Butterfield, Ruth; Cohen, Stewart; Huq, Saleemul; Moss, Richard; Rahman, Atiq; Sokona, Youba & Stephen, Lina (2001). Vulnerability Indices. Climate Change Impacts and Adaptation. United Nations Environmental Programme (UNEP). Division of Policy Development and Law. Nairobi.

Downing, Thomas E.; Aerts, Jeroen; Soussan, John; Barthelemy, Olivier; Bharwani, Sukaina; Ionescu, Cezar; Hinkel, Jochen; Klein, Richard J. T.; Mata, Luis J.; Martin, Neela; Moss, Scott; Purkey, David & Ziervogel, Gina (2005). Integrating social vulnerability into water management. NeWater Working Paper No. 4. Stockholm Environment Institute. Oxford. Zugriff: https://www.sei.org/publications/integrating-social-vulnerability-water-management/ [zuletzt geprüft am: 31.05.2023].

Dreger, Stefanie; Schüle, Steffen Andreas; Hilz, Lisa Karla & Bolte, Gabriele (2019). Social Inequalities in Environmental Noise Exposure: A Review of Evidence in the WHO European Region. International Journal of Environmental Research and Public Health, 16(6), Artikel 1011. PubMed. Zugriff: http://dx.doi.org/10.3390/ijerph16061011 [zuletzt geprüft am: 17.08.2023]

Drexhage, John & Murphy, Deborah (2010). Sustainable Development: From Brundtland to Rio 2012. Background Paper prepared for consideration by the High Level Panel on Global Sustainability at its first meeting, 19 September 2010. United Nations Headquarters. New York. Zugriff: http://www.surdurulebilirkalkinma.gov.tr/wp-content/uploads/2016/06/Background_on_Sustainable_Development.pdf [zuletzt geprüft am: 05.09.2023].

Dunning, C. Mark & Durden, Susan (2011). Social Vulnerability Analysis Methods for Corps Planning, USACE CAMPAIGN PLAN Goal 2: Systems Approach. Zugriff: https://www.iwr.usace.army.mil/portals/70/docs/iwrreports/2011-r-07.pdf [zuletzt geprüft am: 05.01.2023].

Dzurdzeník, Ján; Greiving, Stefan; Iuchi, Kanako; Kučeravcová, Alena; Mägdefrau, Nadine; Tešliar, Jaroslav & Ubaura, Michio (2015). Increasing Resilience of Urban Areas. Handbook of the URBIPROOF research project "Increasing Resilience of Urban Planning". TU Dortmund; Tohoku University & Agency of the Support of Regional Development Kosice. Dortmund/Tohoku/Kosice.

Ebi, Kristie L.; Capon, Anthony; Broderick, Carolyn; de Dear, Richard; Havenith, George; Honda, Yasushi; Kovats, R. Sari; Ma, Wei; Malik, Arunima; Morris, Nathan B.; Nybo, Lars; Seneviratne, Sonia I.; Vanos, Jennifer & Jay, Ollie (2021). Hot weather and heat extremes: health risks, 398(10301), S. 698-708. Lancet. Zugriff: https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)01208-3 [zuletzt geprüft am: 17.10.2023].

eepi Luxembourg Sàrl (2016). Studie zur Ermittlung der Überflutungsgefährdung durch Starkregen für die Landeshauptstadt Saarbrücken: Phase I. Remerschen. Zugriff: https://acrobat.adobe.com/link/review?uri=urn:aaid:scds:US:fd5f410c-3e6f-3336-9949-5d4442e6b952 [zuletzt geprüft am: 13.11.2023].

eepi Luxembourg Sàrl (2019). Konzept zur Auswertung von Außengebieten mit Gefahrenpotential bei Starkregen für das Siedlungsgebiet der Stadt Saarbrücken. Remerschen. Zugriff: https://acrobat.ado-

be.com/link/review?uri=urn:aaid:scds:US:cc86de61-0999-3be9-a7aa-fc5508db9815 [zuletzt geprüft am: 13.11.2023].

Elvers, Horst-Dietrich (2005). Umweltgerechtigkeit (Environmental Justice): Integratives Paradigma der Gesundheits- und Sozialwissenschaften? UFZ Discussion Paper 14/2005. UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle. Zugriff: http://hdl.handle.net/10419/45260 [zuletzt geprüft am: 17.08.2023]

Etzold, Benjamin & Sakdapolrak, Patrick (2016). Socio-spatialities of vulnerability: towards a polymorphic perspective in vulnerability research. Die Erde – Journal of the Geographical Society of Berlin, 147(4), S. 234-251. Zugriff: https://doi.org/10.12854/erde-147-21 [zuletzt geprüft am: 14.01.2024].

Fehr, Rainer & Claßen, Thomas (2014). Gesundheit. In UVP-Gesellschaft e.V., AG Menschliche Gesundheit (Hrsg.) (2020), Leitlinien Schutzgut Menschliche Gesundheit. 2. Auflage, S. 17-21. UVP-Gesellschaft e.V. (Selbstverlag). Paderborn. Zugriff: https://www.uvp.de/_openaccess/leitlinien/LL_SG_Mensch_2020.pdf [zuletzt geprüft am: 18.09.2023].

Fehr, Rainer; Fertmann, Regina; Stender, Klaus-Peter & Trojan, Alf (2016). StadtGesundheit (Urban Health): eine Blickfelderweiterung am Beispiel Hamburgs. Gesundheitswesen, 78(8/9), S. 498-504. Georg Thieme Verlag. Zugriff: https://doi.org/10.1055/s-0042-112458 [zuletzt geprüft am: 15.12.2023].

Fekete, Alexander (2010). Assessment of Social Vulnerability for River-Floods in Germany [Inaugural-Dissertation]. Hohe Landwirtschaftliche Fakultät der Rheinischen Friedrichs-Wilhelm-Universität zu Bonn. Zugriff: https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:5N-20040 [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Fekete, Alexander & Hufschmidt, Gabriele (Hrsg.) (2016). ATLAS Verwundbarkeit und Resilienz: Pilotausgabe zu Deutschland, Österreich, Liechtenstein und Schweiz. TH Köln & Universität Bonn. Köln/Bonn. Zugriff: https://www.researchgate.net/publication/333613968_Verwundbarkeit_und_Resilienz_Kritischer_Infrastrukturen_Vulnerability_and_Resilience_of_Critical_Infrastructure [zuletzt geprüft am: 06.07.2020].

Fekete, Alexander; Damm, Marion & Birkmann, Jörn (2010). Scales as a challenge for vulnerability assessment. Natural Hazards, 55(3), S. 729-747. Springer Science+Business Media B. V. Zugriff: http://dx.doi.org/10.1007/s11069-009-9445-5 [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Fekkak, Miriam; Fleischhauer, Mark; Greiving, Stefan; Lucas, Rainer; Schinkel, Jennifer & von Winterfeld, Uta (2016). „Resiliente Stadt – Zukunftsstadt". Forschungsgutachten im Auftrag des Ministeriums für Bauen, Wohnen, Stadtentwicklung und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen (MBWSV). Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie. Zugriff: https://epub.wupperinst.org/frontdoor/index/index/docId/6614 [zuletzt geprüft am: 08.01.2021].

Felgentreff, Carsten; Kuhlicke, Christian & Westholt, Frank (2012). Naturereignisse und Sozialkatastrophen. Forschungsforum Öffentliche Sicherheit, Schriftenreihe Sicherheit Nr. 8. Freie Universität Berlin. Zugriff: https://www.researchgate.net/publication/303050250 [zuletzt geprüft am: 19.08.2022].

Fellmann, Thomas (2012). The assessment of climate change-related vulnerability in the agriculture sector: reviewing conceptual frameworks. In Meybeck, Alexandre; Lankoski, Jussi; Redfern, Suzanne; Azzu, Nadine & Gitz, Vincent (Hrsg.), Building resilience for adaption to climate change in the agriculture sector: Proceedings of a Joint FAO/OECD Workshop 23-24 April 2012, S. 37-61. FAO & OECD. Rom. Zugriff: http://dx.doi.org/10.13140/2.1.4314.8809 [zuletzt geprüft am: 02.05.2023].

Flacke, Johannes; Schüle, Steffen Andreas; Köckler, Heike & Bolte, Gabriele (2016). Mapping Environmental Inequalities Relevant for Health for Incoming Urban Planning Interventions: A Case Study in the City of Dortmund, Germany. International Journal of Environmental Research and Public Health, 13(7), Artikel 711. MDPI. Zugriff: http://dx.doi.org/10.3390/ijerph13070711 [zuletzt geprüft am: 17.08.2023]

Flanagan, Barry E.; Gregory, Edward W.; Hallisey, Elaine J.; Heitgerd, Janet L. & Lewis, Brian (2011). A Social Vulnerability Index for Disaster Management. Journal of Homeland Security and Emergency Management, 8(1), Artikel 3. Berkeley Electronic Press. Zugriff: http://dx.doi.org/10.2202/1547-7355.1792 [zuletzt geprüft am: 14.01.2021].

Fleischhauer, M.; Greiving, S. & Wanczura, S. (Hrsg.) (2006). Natural Hazards and Spatial Planning in Europe. Dortmunder Vertrieb für Bau- und Planungsliteratur. 1. Auflage. Dortmunder Vertrieb für Bau- und Planungsliteratur. Dortmund.

Fleischhauer, Mark (2004). Klimawandel, Naturgefahren und Raumplanung. Ziel- und Indikatorenkonzept zur Operationalisierung räumlicher Risiken. Dortmunder Vertrieb für Bau- und Planungsliteratur. Dortmund.

Fleischhauer, Mark (2011). Spatial planning and risk governance. Potentials and limitations of spatial planning in multi-risk management of urban areas. [Dissertation]. TU Dortmund.

Flyvbjerg, Bent (2011). Case Study. In Norman K. Denzin & Yvonna S. Lincoln (Hrsg.). The Sage Handbook of Qualitative Research. 4. Auflage, S. 301-316. SAGE Publications, Inc.. Thousand Oaks. London/ New Delhi. Zugriff: https://www.researchgate.net/profile/Bent-Flyvbjerg/publication/235953309_ Case_Study/links/00463514b20a55cf69000000/Case-Study.pdf [zuletzt geprüft am: 20.12.2023].

Folke, Carl (2006). Resilience: The emergence of a perspective for social–ecological systems analyses. In Global Environmental Change, 16(3), S. 253–267. Elsevier. Zugriff: https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.04.002 [zuletzt geprüft am: 25.01.2023].

Folke, Carl (2016). Resilience. Ecology & Society, 21(4), Artikel 44. The Resilience Alliance. Zugriff: http://dx.doi.org/10.5751/ES-09088-210444 [zuletzt geprüft am: 22.03.2020].

Folke, Carl; Carpenter, Stephen R.; Walker, Brian; Scheffer, Marten; Chapin, Terry & Rockström, Johan (2010). Resilience Thinking: Integrating Resilience, Adaptability and Transformability. Ecology and Society, 15(4), Artikel 20. The Resilience Alliance. Zugriff: https://www.ecologyandsociety.org/vol15/iss4/art20/ [zuletzt geprüft am: 06.06.2022].

Franzkowiak, Peter & Hurrelmann, Klaus (2018). Gesundheit. In Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (BzgA) (Hrsg.), Leitbegriffe der Gesundheitsförderung und Prävention: Glossar zu Konzepten, Strategien und Methoden, S. 175-184. BzgA. Köln. Zugriff: https://doi.org/10.17623/BZGA:Q4-LBPGF-22%20 [zuletzt geprüft am: 04.10.2023].

Fuchs, Sven; Kuhlicke, Christian & Meyer, Volker (2011). Editorial for the special issue: vulnerability to natural hazards: The challenge of integration. Natural Hazards, 58(2), S. 609-619. Springer science+Business Media B. V. Zugriff: https://doi.org/10.1007/s11069-011-9825-5 [zuletzt geprüft am: 22.04.2022].

Fürst, Dietrich & Scholles, Frank (Hrsg.) (2008). Handbuch Theorien und Methoden der Raum- und Umweltplanung. 3. vollständig überarbeitete Auflage. Verlag Dorothea Rohn. Dortmund.

Fürst, Franz; Himmelbach, Ursus & Potz, Petra (Hrsg.) (1999). Leitbilder der räumlichen Stadtentwicklung im 20. Jahrhundert: Wege zur Nachhaltigkeit? Berichte aus dem Institut für Raumplanung 41. Institut für Raumplanung, Universität Dortmund, Fakultät Raumplanung. Dortmund.

Füssel, Hans-Martin (2007). Vulnerability: A generally applicable conceptual framework for climate change research. Global Environmental Change, 17(2), S. 155-167. Elsevier. Zugriff: https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.05.002 [zuletzt geprüft am: 12.12.2021].

Füssel, Hans-Martin & Klein, Richard J. T. (2006). Climate Change Vulnerability Assessments: An Evolution of Conceptual Thinking. Climatic Change, 75(3), S. 301-329. Springer-Verlag. Zugriff: http://dx.doi.org/10.1007/s10584-006-0329-3 [zuletzt geprüft am: 11.02.2021].

Gabriel, Katharina M.A. & Endlicher, Wilfired R. (2011). Urban and rural mortality rates during heat waves in Berlin and Brandenburg, Germany. Environmental Pollution, 159(8-9), S. 2044-2050. Elsevier. Zugriff: https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.01.016 [zuletzt geprüft am: 17.10.2023].

Gaillard, Jean-Christophe (2010). Vulnerability, capacity and resilience: perspectives for climate and development policy. Journal of International Development, 22(2), S. 218-232. John Wiley & Sons. Zugriff: https://doi.org/10.1002/jid.1675 [zuletzt geprüft am: 05.12.2023].

Gall, Melanie (2013). From Social Vulnerability to Resilience: Measuring Progress toward Disaster Risk Reduction. InterSecTions 13/2013. Bonn. Zugriff: http://dx.doi.org/10.13140/2.1.2949.4568 [zuletzt geprüft am: 25.01.2021].

Gallopín, Gilberto C. (2006). Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. Global Environmental Change, 16(2006), S. 293-303. Elsevier. Zugriff: https://www.researchgate.net/publication/280232726_Linkages_between_vulnerability_resilience_and_adaptive_capacity [zuletzt geprüft am: 31.05.2023].

Garschagen, Matthias; Doshi, Deepal; Reith, Jonathan & Hagenlocher, Michael (2021). Global patterns of disaster and climate risk: an analysis of the consistency of leading index-based assessments and their results. Climatic Change, 169, Artikel 11. Springer-Verlag. Zugriff: https://link.springer.com/article/10.1007/s10584-021-03209-7#Sec19 [zuletzt geprüft am: 11.07.2023].

Gebhardt, Nadja; van Bronswijk, Katharina; Bunz, Maxie; Müller, Tobias; Niessen, Pia & Nikendei, Christoph (2023). Scoping Review zu Klimawandel und psychischer Gesundheit in Deutschland: Direkte und indirekte Auswirkungen, vulnerable Gruppen, Resilienzfaktoren. Journal of Health Monitoring, 8(S4), S. 132-161. RKI. Zugriff: https://doi.org/10.25646/11650 [zuletzt geprüft am: 17.10.2023].

GEO-NET Umweltconsulting GmbH (Hrsg.) (2012). Stadtklimatische Gesamtanalyse der Landeshauptstadt Saarbrücken. GEO-NET Umweltconsulting GmbH. Hannover. Zugriff: https://www.saarbruecken.de/media/download-610159c6c5f8c [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Glade, Thomas & Greiving, Stefan (2011). Naturgefahren und -risiken: Risikomanagement und Governance. Bevölkerungsschutz, Heft 2/2011, S. 13-19. BBK. Zugriff: https://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Mediathek/Publikationen/BSMAG/bsmag_11_2.pdf [zuletzt geprüft am: 04.05.2023].

Godschalk, David R. (2003). Urban Hazard Mitigation: Creating Resilient Cities. Natural Hazards Review, 4(3), S. 136-143. ASCE. Zugriff: http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)1527-6988(2003)4:3(136) [zuletzt geprüft am: 25.01.2023].

Goebel, Jan & Hoppe, Lukas (2015). Ausmaß und Trends sozialräumlicher Segregation in Deutschland. Abschlussbericht. Bundesministerium für Arbeit und Soziales. Bonn. Zugriff: https://www.armuts-und-reichtumsbericht.de/SharedDocs/Downloads/Service/Studien/abschlussbericht-sozialraeumliche-segregation.pdf [zuletzt geprüft am: 23.10.2023].

Goldammer, Johann Georg (Hrsg.) (2001). Erstes Forum Katastrophenvorsorge „Extreme Naturereignisse und Vulnerabilität“. Freiburg im Breisgau, 29.-30. September 2000. DKKV. Zugriff: https://gfmc.online/wp-content/uploads/GFMC-DKKV-Forum-Katastophenvorsorge-1-2000-Extreme-Naturereignisse-Vulnerabilitaet.pdf [zuletzt geprüft am: 04.01.2023].

Green, Colin; van der Veen, Anne; Wierstra, Erik & Penning-Rowsell, Edmund (1994). Vulnerability Refined: Analysing Full Flood Impacts. In Penning-Rowsell, Edmund C. & Fordham Maureen (Hrsg.), Floods across Europe. Flood Hazard Assessment, Modelling and Management, S. 34-68. Middelsex University Press. London.

Greiving, Stefan (2002). Räumliche Planung und Risiko. Gerling Akademie Verlag. München.

Greiving, Stefan (2004). Risikoabschätzung und -Management von Natur- und Technikgefahren als Aufgaben für die Strategische Umweltprüfung. UVP-report, 18(4), S. 179-182. UVP-Gesellschaft e.V. (Selbstverlag). Zugriff: https://uvp.de/images/stories/file/report/report18_4g.pdf [zuletzt geprüft am: 03.04.2021].

Greiving, Stefan (2006). Integrated Risk Assessment of Multi-Hazards: A New Methodology. Geological Survey of Finland, 42(42), S. 75-82. Espoo. Zugriff: https://www.researchgate.net/publication/228501072_Integrated_Risk_Assessment_of_Multi-Hazards_A_New_Methodology [zuletzt geprüft am: 30.11.2022].

Greiving, Stefan (2011). Methodik zur Festlegung raum- und raumplanungsrelevanter Risiken. In Pohl, Jürgen & Zehetmair, Swen (Hrsg.), Risikomanagement als Handlungsfeld in der Raumplanung, S. 22-30. Verlag der ARL. Hannover. Zugriff: https://www.arl-net.de/system/files/media-shop/pdf/am_357.pdf [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Greiving, Stefan (2013). Multi-risk and vulnerability assessment of Europe’s regions. In Birkmann, Jörn (Hrsg.), Measuring vulnerability to natural hazards. Towards disaster resilient societies. 2. Auflage, S. 277-303. United Nations University Press. Tokyo/New York/Paris. Zugriff: https://collections.unu.edu/eserv/UNU:2880/n9789280812022_text.pdf [zuletzt geprüft am: 08.06.2022].

Greiving, Stefan (2019a). Analyse- und Bewertungskonzepte für Risiken im Vergleich. Sprechen wir über Risiko?! Informationen zur Raumentwicklung, Heft 4/2019, S. 62-73. Franz Steiner Verlag. Zugriff: https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/izr/2019/4/downloads/analyse-bewertungskonzepte-risiken.pdf [zuletzt geprüft am: 05.03.2020].

Greiving, Stefan (2019b). Urbane Hitzebelastung aus planungsrechtlicher Sicht. Vortrag im Rahmen des Abschluss- und Validierungsworkshops zum ZURES-Projekt – Phase 1 (Zukunftsorientierte Vulnerabilitäts- und Risikoanalyse „Hitze in der Stadt") am: 15./16. Oktober 2019 im Senatssaal der Universität Stuttgart. [PowerPoint-Präsentation].

Greiving, Stefan; Zebisch, Marc; Schneiderbauer, Stefan; Fleischhauer, Mark; Lindner, Christian; Lückenkötter, Johannes; Buth, Mareike; Kahlenborn, Walter & Schauser, Inke (2015). A consensus based vulnerability assessment to climate change in Germany. International Journal of Climate Change Strategies and Management, 7(3), S. 306-326. emerald Publishing. Zugriff: https://doi.org/10.1108/IJCCSM-11-2013-0124 [zuletzt geprüft am: 11.02.2021].

Greiving, Stefan; Hartz, Andrea; Hurth, Florian & Saad, Sascha (2016). Raumordnerische Risikovorsorge am Beispiel der Planungsregion Köln. Raumforschung und Raumordnung, 74(2), S. 83-99. Springer-Verlag. Zugriff: https://doi.org/10.1007/s13147-016-0387-6 [zuletzt geprüft am: 15.03.2021].

Greiving, Stefan; Hurth, Florian; Hartz, Andrea; Saad, Sascha & Fleischhauer, Mark (2017). Developments and Drawbacks in Critical Infrastructure and Regional Planning: A Case Study on Region of Cologne. Journal of Extreme Events, 03(04), Artikel 1650014. World Scientific. Zugriff: http://dx.doi.org/10.1142/S2345737616500147 [zuletzt geprüft am: 20.11.2023].

Greiving, Stefan; Arens, Sophie; Becker, Dennis; Fleischhauer, Mark & Hurth, Florian (2018). Improving the Assessment of Potential and Actual Impacts of Climate Change and Extreme Events Through a Parallel Modeling of Climatic and Societal Changes at Different Scales. Journal of Extreme Events, 4(4), Artikel 1850003. World Scientific. Zugriff: http://dx.doi.org/10.1142/S2345737618500033 [zuletzt geprüft am: 05.03.2020].

Greiving, Stefan; Fleischhauer, Mark; Hartz, Andrea & Terfrüchte, Thomas (2023). Resiliente Raum- und Infrastrukturen gestalten: Neue Flächenansprüche in der Zeitwende. Informationen zur Raumentwicklung (IzR), Heft 01/2023, S. 30-43. Franz Steiner Verlag. Zugriff: https://acrobat.adobe.com/link/review?uri=urn:aaid:scds:US:07ce2f05-ffc1-371d-9ab2-87c1cdec31a0 [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Gross, Benedict & Weichselgartner, Juergen (2015). Modernes Risikomanagement: Zwischen Robustheit und Resilienz. BBK BEVÖLKERUNGSSCHUTZ 1 | 2015. BBK. Zugriff: https://www.researchgate.net/publication/273948123_Modernes_Risikomanagement_Zwischen_Robustheit_und_Resilienz [zuletzt geprüft am: 11.06.2021].

Großmann, Katrin; Franck, Ulrich; Krüger, Michael; Schlink, Uwe; Schwarz, Nina & Stark, Kerstin (2012). Soziale Dimensionen von Hitzebelastung in Großstädten. disP – The Planning Review, 48(4), S. 56-68. Taylor & Francis. Zugriff: http://dx.doi.org/10.1080/02513625.2012.776818 [zuletzt geprüft am: 17.10.2023].

Gupta, Joyeeta; Termeer, Katrien; Klostermann, Judith; Meijerink, Sander; van den Brink, Margo; Nooteboom, Sibout & Bergsma, Emmy (2010). The Adaptive Capacity Wheel: A Method to Assess the Inherent Characteristics of Institutions to Enable the Adaptive Capacity of Society. Environmental Science & Policy, 13(6), S. 459-471. Elsevier. Zugriff: https://doi.org/10.1016/j.envsci.2010.05.006 [zuletzt geprüft am: 04.04.2021].

Hallegatte, Stéphane (2009). Strategies to adapt to an uncertain climate change. Global Environmental Change, 19(2), S. 240-247. Elsevier. Zugriff: https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2008.12.003 [zuletzt geprüft am: 21.02.2021].

Hartig, Terry; Mitchell, Richard; de Vries, Sjerp & Frumkin, Howard (2014). Nature and Health. Annual Review of Public Health, 35(3), S. 207-228. Annual Reviews. Zugriff: https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-032013-182443 [zuletzt geprüft am: 04.10.2023].

Hartlik, Joachim (2014). Verhältnis Planungsrecht – umweltbezogenes Fachrecht. In UVP-Gesellschaft e.V., AG Menschliche Gesundheit (Hrsg.) (2020), Leitlinien Schutzgut Menschliche Gesundheit. 2. Auflage, S. 32-33. UVP-Gesellschaft e.V. (Selbstverlag). Paderborn. Zugriff: https://www.uvp.de/_openaccess/leitlinien/LL_SG_Mensch_2020.pdf [zuletzt geprüft am: 18.09.2023].

Hartlik, Joachim & Machtolf, Monika (2018). Gesundheit in der Umweltprüfung. In Baumgart, Sabine; Köckler, Heike; Ritzinger, Anne & Rüdiger, Andrea (Hrsg.), Planung für gesundheitsfördernde Städte. Forschungsberichte der ARL 08, S. 168-195. Verlag der ARL. Hannover. Zugriff: https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-59553-6 [zuletzt geprüft am: 15.12.2023].

Hartung, Susanne & Rosenbrock, Rolf (2015). Settingansatz – Lebensweltansatz. In Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (BzgA) (Hrsg.) (2018), Leitbegriffe der Gesundheitsförderung und Prävention: Glossar zu Konzepten, Strategien und Methoden, S. 891-895. BzgA. Köln. Zugriff: https://doi.org/10.17623/BZGA:Q4-LBPGF-22%20 [zuletzt geprüft am: 04.10.2023].

Hartz, Andrea; Saad, Sascha & Schaal-Lehr, Christine (2012). Städtische Freiraumplanung als Handlungsfeld für Adaptionsmaßnahmen. Abschlussbericht des Saarbrücker Modellprojekts im Rahmen des ExWoSt-Forschungsprogramms „Urbane Strategien zum Klimawandel – Kommunale Strategien und Potenziale“. Endbericht. Landeshauptstadt Saarbrücken. Zugriff: https://www.saarbruecken.de/media/download-532aefbc6433a [zuletzt geprüft am: 17.10.2023].

Hartz, Andrea; Saad, Sascha; Greiving, Stefan; Fleischhauer, Mark; Hurth, Florian & Lindner, Christian (2015). Modellvorhaben der Raumordnung (MORO). Vorsorgendes Risikomanagement in der Regionalplanung. Modellvorhaben in der Raumplanung. BBSR. [Endbericht AZ 10.05.06-13.6].

Hartz, Andrea; Saad, Sascha; Schniedermeier, Lydia; Bächle, Stephanie; Manderla, Beate; Greiving, Stefan; Fleischhauer, Mark; Kirstein, Madeleine; Gollmann, Christina & Hurth, Florian (2017). MORO Regionalentwicklung und Hochwasserschutz in Flussgebieten. BMVI & BBSR. [Endbericht].

Hartz, Andrea; Weber, Lydia; Saad, Sascha; Greiving, Stefan; Reitzig, Frank; Assmann, André & Jäger, Stefan (2019). MORO Planspiel Bundesraumordnungsplan Hochwasserschutz (Phase 1) Testplan und Planspielkonzeption. BMI & BBSR. [Endbericht].

Hartz, Andrea; Bächle, Stephanie; Bastian, Annika; Greiving, Stefan; Reitzig, Frank; Assmann, André & Jäger, Stefan (2020a). MORO Testlauf Bundesraumordnungsplan Hochwasserschutz (Phase 2). BMI & BBSR. [Endbericht].

Hartz, Andrea; Pfafferott, Jens & Saad, Sascha (2020b). Hitzestress im Außen- und Innenraum der Stadt Verwundbarkeitsanalyse für die Stadt Reutlingen. PLANERIN, 6/2020, S. 42-44. SRL.

Hartz, Andrea; Saad, Sascha; Bächle, Stephanie; Fleischhauer, Mark; Greiving, Stefan; Gollmann, Christina; Kirstein, Madeleine & Nguyen, Bich-Hien (2020c). Modellvorhaben der Raumordnung (MORO). Vorsorgendes Risikomanagement in der Regionalplanung. Modellvorhaben in der Raumplanung. Verstetigung/Ausweitung. Abschlussbericht des MORO-Forschungsfeldes. AZ.: 10.05.06-16.6. BBSR.

Hartz, Andrea; Saad, Sascha; Schaal-Lehr, Christine; Manderla, Beate; Langenbahn, Eva; Lichtenberger, Eva; Bastian, Annika; Bächle, Stephanie & Pfafferott, Jens (2020d). Vulnerabilitätsanalyse „Hitzestress und menschliche Gesundheit“ am Beispiel der Stadt Reutlingen. Endbericht zum Modellvorhaben im Rahmen von KLIMOPASS – Klimawandel und modellhafte Anpassung in Baden-Württemberg – (22-4500.2/190). Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW).

Hartz, Andrea; Saad, Sascha; Schaal-Lehr, Christine; Manderla, Beate & Joswowitz-Niemierski, Adrian (2023a). Freiraumentwicklungskonzept für die Stadt Saarbrücken. Vorstellung des Entwurfs am 8.11.2023. [Dokumentation der Zwischenergebnisse].

Hartz, Andrea; Saad, Sascha & Joswowitz-Niemierski, Adrian (2023b). Innenraummodellierung der thermischen Belastung für die Landeshauptstadt Saarbrücken. Unterstützung bei der Baualtersklassenkartierung: Schaal-Lehr, Christine; Manderla, Beate; Gehrig, Nina & Zimmermann, Paula. Teilbeitrag Gebäudesimulation: Prof. Dr.-Ing. Jens Pfafferott. [Dokumentation der Zwischenergebnisse Dezember 2023].

Häußermann, Hartmut & Walther, Uwe-Jens (2018). Soziale Stadt. In Akademie für Raumforschung und Landschaftsplanung (ARL) (Hrsg.), Handwörterbuch der Stadt- und Raumentwicklung, S. 2197-2206. Verlag der ARL. Hannover. https://www.arl-net.de/system/files/media-shop/pdf/HWB%202018/Soziale%20Stadt.pdf [zuletzt geprüft am: 14.08.2023].

Heinrich-Böll-Stiftung; Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung (WZB) & Deutsches Kinderhilfswerk (DKHW) (Hrsg.) (2021). Sozialräumliche Ungleichheiten für Kinder in Saarbrücken: Eine Stadt, getrennte Welten? Factsheet. Heinrich-Böll-Stiftung; WZB & DKHW. Zugriff: https://www.dkhw.de/fileadmin/Redaktion/1_Unsere_Arbeit/1_Schwerpunkte/1_Kinderarmut/1.19_Studie_Eine_Stadt_getrennte_Welten/Studie_DKHW-HBS-WZB_Eine_Stadt-getrennte_Welten_Factsheet_Saarbruecken.pdf [zuletzt geprüft am: 23.10.2023].

Helbig, Marcel & Jähnen, Stefanie (2018). Wie brüchig ist die soziale Architektur unserer Städte? Trends und Analysen der Segregation in 74 deutschen Städten. WBZ Discussion Paper, No. P 2018-001. Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung (WBZ). Zugriff: http://hdl.handle.net/10419/179001 [zuletzt geprüft am: 23.10.2023].

Herrmann, Alina; Haefeli, Walter E.; Lindemann, Ulrich; Rapp, Kilian; Roigk, Patrick & Becker, Clemens (2019). Epidemiologie und Prävention hitzebedingter Gesundheitsschäden älterer Menschen. Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie, 52, S. 487-502. Springer-Verlag. Zugriff: https://doi.org/10.1007/s00391-019-01594-4 [zuletzt geprüft am: 17.10.2023].

Hertig, Elke; Hunger, Iris; Kaspar-Ott, Irena; Matzarakis, Andreas; Niemann, Hildegard; Schulte-Droesch, Lea & Voss, Maike (2023). Klimawandel und Public Health in Deutschland: Eine Einführung in den Sachstandsbericht Klimawandel und Gesundheit 2023. Journal of Health Monitoring, 8(S3), S. 7-35. RKI. Zugriff: https://doi.org/10.25646/11391 [zuletzt geprüft am: 17.10.2023].

Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie, Fachzentrum Klimawandel (HLNUG) (Hrsg.) (2022). Interaktive Entscheidungshilfe: Checklisten und Einführung in Methoden der Stadtklimaanalyse. HLNUG. Wiesbaden. Zugriff: https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/klima/Handlungshilfen/Interaktive_Entscheidungshilfe_Stadtklimaanalysen.pdf [zuletzt geprüft am: 17.10.2023].

Hewitt, Kenneth (Hrsg.) (1983). Interpretations of Calamity. From the Viewpoint of Human Ecology. 1. Auflage. Allen & Unwin Inc. Boston. Zugriff: https://doi.org/10.4324/9780429329579 [zuletzt geprüft am: 08.05.2023].

Hinkel, Jochen (2011). “Indicators of vulnerability and adaptive capacity”: Towards a clarification of the science-policy interface. Global Environmental Change, 21(1), S. 198-208. Elsevier. Zugriff: https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2010.08.002 [zuletzt geprüft am: 13.07.2023].

Hofmeister, Sabine (2018). Nachhaltigkeit. In Akademie für Raumforschung und Landesplanung (ARL) (Hrsg.) (2018), Handwörterbuch der Stadt- und Raumentwicklung, S.1587-1602. Verlag der ARL. Hannover. Zugriff: https://www.arl-net.de/system/files/media-shop/pdf/HWB%202018/Nachhaltigkeit.pdf [zuletzt geprüft am: 05.09.2023].

Hofmeister, Sabine; Warner, Barbara und Ott, Zora (Hrsg.) (2021). Nachhaltige Raumentwicklung für die große Transformation: Herausforderungen, Barrieren und Perspektiven für Raumwissenschaften und Raumplanung. Forschungsberichte der ARL 15. Verlag der ARL. Hannover. Zugriff: https://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0156-10109 [zuletzt geprüft am: 05.09.2023].

Holling, Crawford Stanley (1973). Resilience and Stability of Ecological Systems. Annual Review of Ecology and Systematics, 4(1973), S. 1-23. Annual Reviews. Zugriff: https://doi.org/10.1146/annurev.es.04.110173.000245 [zuletzt geprüft am: 14.01.2021].

Hornberg, Claudia; Beyer, Reinhard; Classen, Thomas; Herbst, Tobias; Hofmann, Mathias; Honold, Jasmin; Van der Meer, Elke; Wissel, Silke, Wüstemann, Henry; Fischer, Leonie & Kowarik, Ingo (2016). Stadtnatur fördert die Gesundheit. In Kowarik, Ingo; Bartz, Robert & Brenck, Miriam (Hrsg.), Ökosystem Leistungen in der Stadt – Gesundheit schützen und Lebensqualität erhöhen, S. 98-126. Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ). Berlin/Leipzig. Zugriff: https://www.researchgate.net/publication/308993868_Stadtnatur_fordert_die_Gesundheit [zuletzt geprüft am: 04.10.2023].

Hornberg, Claudia; Bunge, Christiane & Pauli, Andrea (Arbeitsgruppe 7 – Umwelt und Gesundheit, Fakultät für Gesundheitswissenschaften, Universität Bielefeld) (Hrsg.) (2011). Strategien für mehr

Umweltgerechtigkeit: Handlungsfelder für Forschung, Politik und Praxis. Universität Bielefeld. Zugriff: https://pub.uni-bielefeld.de/record/2910160 [zuletzt geprüft am: 17.08.2023].

Hornberg, Claudia; Liebig-Gonglach, Michaela & Pauli, Andrea (2018). Gesundheitsförderung – Ein Konzept und seine Entwicklung in Deutschland. In Baumgart, Sabine; Köckler, Heike; Ritzinger, Anne & Rüdiger, Andrea (Hrsg.), Planung für gesundheitsfördernde Städte. Forschungsberichte der ARL 08, S. 37-58. Verlag der ARL. Hannover. Zugriff: https://www.arl-net.de/system/files/media-shop/pdf/fb/fb_008/03_gesundheitsfoerderung_konzept.pdf [zuletzt geprüft am: 04.10.2023].

Hoymann, Jana & Goetzke, Roland (2016). Simulation and Evaluation of Urban Growth for Germany Including Climate Change Mitigation and Adaptation Measures. ISPRS International Journal of Geo-Information, 5(7), Artikel 101. MDPI. Zugriff: http://dx.doi.org/10.3390/ijgi5070101 [zuletzt geprüft am: 06.11.2023].

Hutter, Gérard & Lorenz, Daniel F. (2017). Social resilience and natural hazards: analyzing multiple social levels of resilience in the context of planning and risk governance. Proceedings of the AESOP Annual Congress 2017. AESOP. Zugriff: https://www.researchgate.net/publication/317184442_Social_resilience_and_natural_hazards-analzying_multiple_social_levels_of_resilience_in_the_context_of_planning_and_risk_governance [zuletzt geprüft am: 05.06.2022].

Institut Wohnen und Umwelt (IWU) (Hrsg.) (2015). Deutsche Wohngebäudetypologie: Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden. 2. Erweiterte Auflage. IWU. Darmstadt. Zugriff: https://www.iwu.de/fileadmin/publikationen/gebaeudebestand/episcope/2015_IWU_LogaEtAl_Deutsche-Wohngeb%C3%A4udetypologie.pdf [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Intelmann, Dominik (2019). Healthy City: Einführung in ein Stadtkonzept. UFZ Discussion Papers. Department of Urban and Environmental Sociology, 2/2019. Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH (UFZ). Leipzig. Zugriff: https://www.ssoar.info/ssoar/bitstream/handle/document/61976/ssoar-2019-intelmann-Healthy_City_-_Einfuhrung_in.pdf [zuletzt geprüft am: 04.10.2023].

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (Hrsg.) (1990). Climate Change. The IPCC Impacts Assessment Report Prepared for IPCC by Working Group II. Australian Government Publishing Service. Cambridge University Press. Zugriff: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ipcc_far_wg_II_full_report.pdf [zuletzt geprüft am: 19.08.2022].

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (Hrsg.) (1995). IPCC Second Assessment: Climate Change 1995. A Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. Zugriff: https://archive.ipcc.ch/pdf/climate-changes-1995/ipcc-2nd-assessment/2nd-assessment-en.pdf [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (Hrsg.) (1996). Climate Change 1995 Economic and Social Dimensions of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. Zugriff: https://archive.ipcc.ch/ipccreports/sar/wg_III/ipcc_sar_wg_III_full_report.pdf [zuletzt geprüft am: 19.08.2022].

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (Hrsg.) (2001). Climate Change 2001 Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. Zugriff: https://archive.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg2/pdf/WGII_TAR_full_report.pdf [zuletzt geprüft am: 19.08.2022].

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (Hrsg.) (2007). Climate Change 2007: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Working Group II Contribution to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. Zugriff: https://archive.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4_wg2_full_report.pdf [zuletzt geprüft am: 19.08.2022].

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (Hrsg.) (2012). Climate change: new dimensions in disaster risk, exposure, vulnerability, and resilience. In Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (Hrsg.), Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change

(IPCC), S. 25-64. Cambridge University Press. Cambridge/New York. Zugriff: https://archive.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/SREX_Full_Report.pdf [zuletzt geprüft am: 19.08.2022].

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (Hrsg.) (2014a). Kernbotschaften des Fünften Sachstandsberichts des IPCC: Klimaänderung 2014. Minderung des Klimawandels (Teilbericht 3). Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle. Bonn. Zugriff: https://www.de-ipcc.de/media/content/Kernbotschaften%20IPCC%20AR5%20WGIII_1712.pdf [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (Hrsg.) (2014b). Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability Part A: Global and Sectoral Aspects. Working Group II Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. Zugriff: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-PartA_FINAL.pdf [zuletzt geprüft am: 19.08.2022].

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2014c). Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability Part B: Regional Aspects. Working Group II Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. Zugriff: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-PartB_FINAL.pdf [zuletzt geprüft am: 19.08.2022].

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2022a). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability: Summary for Policymakers. Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. Zugriff: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/chapter/summary-for-policymakers/ [zuletzt geprüft am: 19.08.2022].

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2022b). Fact sheet – Europe: Climate Change Impacts and Risks. Sixth assessment report. Working Group III – Impacts, Adaption and Vulnerability. Cambridge University Press. Zugriff: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/about/factsheets [zuletzt geprüft am: 17.10.2023].

International Risk Governance Center (IRGC) (Hrsg.) (2017). Introduction to the IRGC Risk Governance Framework, revised version. EPFL International Risk Governance Center. Zugriff: https://irgc.org/wp-content/uploads/2018/09/IRGC.-2017.-An-introduction-to-the-IRGC-Risk-Governance-Framework.-Revised-version..pdf [zuletzt geprüft am: 04.01.2023].

Ionescu, Cezar; Klein, Richard J. T.; Hinkel, Jochen; Kavi Kumar, K. S. & Klein, Rupert (2005). Towards a Formal Framework of Vulnerability to Climate Change. NeWater Working Paper 1. Institute of Environmental Systems Research, University of Osnabrück. Zugriff: https://www.academia.edu/10724929/Towards_a_Formal_Framework_of_Vulnerability_to_Climate_Change [zuletzt geprüft am: 18.01.2023].

Jakubowski, Peer & Pütz, Thomas (2019). Wie gehen wir mit Risiken um? Einführung: Welchen Risiken ist unsere Gesellschaft ausgesetzt? Wie sorgt der Staat vor? Und welche Rolle spielt die Raumordnung? Informationen zur Raumentwicklung (IzR), Heft 4/2019, S. 4-11. Franz Steiner Verlag. Zugriff: https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/izr/2019/4/downloads/einfuehrung.pdf [zuletzt geprüft am: 13.02.2020].

Jakubowski, Peter (2013). Resilienz – eine zusätzliche Denkfigur für gute Stadtentwicklung. Informationen zur Raumentwicklung, Heft 4/2013, S. 371-378. Franz Steiner Verlag. Zugriff: https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/izr/2013/4/Inhalt/DL_Jakubowski.pdf [zuletzt geprüft am: 28.06.2021].

Janssen, Marco A.; Schoon, Michael L.; Ke, Weimao & Börner, Katy (2006). Scholarly networks on resilience, vulnerability and adaptation within the human dimensions of global environmental change. Global Environmental Change, 16(3), S. 240-252. Elsevier. Zugriff: https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.04.001 [zuletzt geprüft am: 13.01.2023].

Jessen, Johann (2018). Leitbilder der Stadtentwicklung. In Akademie für Raumforschung und Landesplanung (ARL) (Hrsg.), Handwörterbuch der Stadt- und Raumentwicklung, S. 1399-1410. Verlag der ARL. Hannover. Zugriff: https://www.arl-net.de/system/files/media-shop/pdf/HWB%202018/Leitbilder%20der%20Stadtentwicklung.pdf [zuletzt geprüft am: 13.01.2023].

Jungermann, Helmut & Slovic, Paul (1997). Die Psychologie der Kognition und Evaluation von Risiko. In Bechmann, Gotthard (Hrsg.) (1997), Risiko und Gesellschaft. Grundlagen und Ergebnisse interdisziplinärer Risikoforschung. 2. Auflage, S. 167-208. Westdeutscher Verlag. Opladen.

Kammerbauer, Mark & Wamsler, Christine (2018). Risikomanagement ohne Risikominderung? Soziale Verwundbarkeit im Wiederaufbau nach Hochwasser in Deutschland. Raumforschung und Raumordnung Spatial Research and Planning, 76, S. 485-496. Springer-Verlag. Zugriff: https://doi.org/10.1007/s13147-018-0556-x [zuletzt geprüft am: 09.12.2021].

Kasperson, Roger E.; Kasperson, Jeanne X. & Dow, Kirstin (2001a). Introduction: Global environmental risk and society. In United Nations University Press (Hrsg.), Global Environmental Risk. 1. Auflage, S. 1-48. EARTHSCAN Publications Ltd. Tokyo/London.

Kasperson, Roger E.; Kasperson, Jeanne X. & Dow, Kirstin (2001b). Vulnerability, equity, and global environmental change. In United Nations University Press (Hrsg.), Global Environmental Risk. 1. Auflage, S. 247-272. EARTHSCAN Publications Ltd. Tokyo/London.

Kates, Robert W. & Clark, William C. (1996). Environmental Surprise: Expecting the Unexpected. Environment, 38(2), S. 6-34. Taylor & Francis.

Kates, Robert, W. (1985). The Interaction of Climate and Society. In Kates, Robert W.; Ausubel, Jesse H. & Berberian, Mimi (Hrsg.), Climate Impact Assessment: Studies of the Interaction of Climate and Society, S. 3-36. Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE). o. O. Zugriff: https://www.researchgate.net/publication/234384564_Climate_Impact_Assessment [zuletzt geprüft am: 02.02.2023].

Kelly, P. M. & Adger, W. Neil (2000). Theory and Practice in Assessing Vulnerability to Climate Change and Facilitating Adaptation. Climatic Change, 47(4), S. 325-352. Springer-Verlag. Zugriff: http://dx.doi.org/10.1023/A:1005627828199 [zuletzt geprüft am: 01.05.2023].

Kendrovski, Vladimir & Schmoll, Oliver (2019). Priorities for protecting health from climate change in the WHO European Region: recent regional activities. Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz, 62(5), S. 537-545. Springer-Verlag. Zugriff: https://doi.org/10.1007/s00103-019-02943-9 [zuletzt geprüft am: 17.10.2023].

Kilian, Holger; Brandes, Sven & Köster, Monika (2008). Die Praxis der soziallagenbezogenen Gesundheitsförderung: Handlungsfelder, Akteure und Qualitätsentwicklung. Gesundheit und Gesellschaft/Wissenschaft (GGW), 8(2), S. 17-26. KomPart-Verlag. Zugriff: https://www.econbiz.de/Record/die-praxis-der-soziallagenbezogenen-gesundheitsf%C3%B6rderung-handlungsfelder-akteure-und-qualit%C3%A4tsentwicklung-kilian-holger/10003688294 [zuletzt geprüft am: 15.12.2023].

Kilper, Heiderose; Janotta, Martin; Kunert, Steffen; Priebs, Axel & Troeger-Weiß, Gabi (2017). Resilienz als Strategie in Raumentwicklung und Raumordnung, Empfehlung des Beirates für Raumentwicklung. BMI. Zugriff: https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/veroeffentlichungen/themen/heimat-integration/raumordnung/beirat/empfehlung-beirats-raumentwicklung-2017.pdf [zuletzt geprüft am: 20.01.2021].

Kistemann, Thomas & Ritzinger, Anne (2018). Leitbilder einer gesundheitsfördernden Stadtentwicklung. In Baumgart, Sabine; Köckler, Heike; Ritzinger, Anne & Rüdiger, Andrea (Hrsg.), Planung für gesundheitsfördernde Städte. Forschungsberichte der ARL 08, S. 59-69. Verlag der ARL. Hannover. Zugriff: https://www.arl-net.de/system/files/media-shop/pdf/fb/fb_008/04_leitbilder_gesundheitsfoerderung.pdf [zuletzt geprüft am: 04.10.2023].

Klimeczek, Heinz-Josef & Luck-Bertschat, Gudrun (2008). „(Sozial-)räumliche Verteilung von Umweltbelastungen im Land Berlin“: Umweltgerechtigkeit als neues Themen- und Aufgabenfeld an der Schnittstelle von Umwelt, Gesundheit, Soziales und Stadtentwicklung. In Bundesamt für Strahlenschutz (BfS); Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR); Robert Koch-Institut (RKI) & Umweltbundesamt (UBA) (Hrsg.), UMID-Themenheft: Umweltgerechtigkeit. Umwelt, Gesundheit und soziale Lage. Ausgabe 2/2008, S. 26-29. UBA. Zugriff: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/pdfs/umid0208.pdf [zuletzt geprüft am: 18.09.2023].

Knieling, Jörg & Müller, Bernhard (Hrsg.) (2015). Klimaanpassung in der Stadt- und Regionalentwicklung: Ansätze, Instrumente, Maßnahmen und Beispiele. Oekom. München. Zugriff: https://www.researchgate.net/publication/277338465_Klimaanpassung_in_der_Stadt-_und_Regionalentwicklung_Ansatze_Instrumente_Massnahmen_und_Beispiele [zuletzt geprüft am: 30.12.2022].

Knieling, Jörg; Kretschmann, Nancy; Zimmermann, Thomas & Lüdeke-Dalinghaus, Timo (2013). Regionalplanerische Festlegungen zur Anpassung an den Klimawandel. Neopolis working papers urban and regional studies. Hamburg. Zugriff: https://repos.hcu-hamburg.de/bitstream/hcu/405/1/14_regionalplanerische_Festlegungen_Webversion.pdf [zuletzt geprüft am: 18.09.2021].

Koch, Florian & Krellenberg, Kerstin (2021). Nachhaltige Stadtentwicklung. Die Umsetzung der Sustainable Development Goals auf kommunaler Ebene. 1. Auflage. Springer VS. Wiesbaden. Zugriff: https://doi.org/10.1007/978-3-658-33927-2 [zuletzt geprüft am: 05.09.2023].

Köck, Wolfgang & Fischer, Henrik (2018). Gesundheitsfördernde Stadtentwicklung und Umweltgerechtigkeit als Problem des Städtebau- und Planungsrechts. In Baumgart, Sabine; Köckler, Heike; Ritzinger, Anne & Rüdiger, Andrea (Hrsg.), Planung für gesundheitsfördernde Städte. Forschungsberichte der ARL 08., S. 145-165. Verlag der ARL. Hannover. Zugriff: https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-59578-1 [zuletzt geprüft am: 18.09.2023].

Köckler, Heike & Fehr, Rainer (2018). Health in All Policies: Gesundheit als integrales Thema von Stadtplanung und -entwicklung. In Baumgart, Sabine; Köckler, Heike; Ritzinger, Anne & Rüdiger, Andrea (Hrsg.), Planung für gesundheitsfördernde Städte. Forschungsberichte der ARL 08., S. 70-86. Verlag der ARL. Hannover. Zugriff: https://www.arl-net.de/system/files/media-shop/pdf/fb/fb_008/05_health_in_all_policies.pdf [zuletzt geprüft am: 04.10.2023].

Köckler, Heike & Katzschner, Antje (2008). Soziale Unterschiede bezüglich der Bewältigung von Umweltbelastungen am Beispiel von Kassel – Ein integriert sozial-naturwissenschaftlicher Erklärungsansatz für umweltbezogene Gerechtigkeit. In Bundesamt für Strahlenschutz (BfS); Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR); Robert Koch-Institut (RKI) & Umweltbundesamt (UBA) (Hrsg.), UMID-Themenheft: Umweltgerechtigkeit. Umwelt, Gesundheit und soziale Lage. Ausgabe 2/2008, S. 30-34. UBA. Zugriff: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/pdfs/umid0208.pdf [zuletzt geprüft am: 18.09.2023].

Köckler, Heike; Blättner, Beate; Bolte, Gabriele; Flacke, Johannes, Rüdiger, Andrea & Baumgart, Sabine (2014). Gesundheitsfördernde Stadtentwicklung für alle: Gemeinsam den Bestand entwickeln. UMID, Heft 02/2014, S. 23-29. UBA. Zugriff: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/gesundheitsfoerdernde_stadtentwicklung_fuer_alle_23-29.pdf [zuletzt geprüft am: 04.10.2023].

Kolahgar, Bita (2006). Die soziale Verteilung von Umweltbelastungen und gesundheitlichen Folgen an industriellen Belastungsschwerpunkten in Nordrhein-Westfalen. Abschlussbericht. Institut für Med. Informatik, Biometrie und Epidemiologie. Zugriff: https://docplayer.org/58525164-Die-soziale-verteilung-von-umweltbelastungen-und-gesundheitlichen-folgen-an-industriellen-belastungsschwerpunkten-in-nordrhein-westfalen.html [zuletzt geprüft am: 21.08.2023].

Koppe, Christina; Jendritzky, Gerd & Pfaff, G. (2004). Die Auswirkungen der Hitzewelle 2003 auf die Gesundheit. In Deutscher Wetterdienst (DWD) (Hrsg.), Klimastatusbericht 2003: Der Hitzesommer 2003. Vier Milliarden Jahre Klimageschichte im Überblick. Aktuelle Ergebnisse des Klimamonitorings, S. 152-162. Selbstverlag des DWD. Zugriff: https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimastatusbericht/publikationen/ksb_2003.pdf [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Kornmeier, Martin (2016). Wissenschaftlich schreiben leicht gemacht. Für Bachelor, Master und Dissertation. 7. Auflage. UTB. Stuttgart.

Koschenz, Markus; Domingo-Irigoyen, Silvia; Niffeler, Mathias; Ragetti, Martina; Flückiger, Benjamin; Kafadar, Mladen; Widmer, Christian & Wehrli, Kathrin (2021). ResCool: Klimaanpassung von Neu-, Um- und bestehenden Wohnbauten – effiziente Kühlkonzepte. Schlussbericht. Hochschule Luzern. Zugriff: https://www.aramis.admin.ch/Default?DocumentID=68310&Load=true [zuletzt geprüft am: 23.10.2023].

Kowarik, Ingo; Bartz, Robert & Brenck, Miriam (Hrsg.) (2016). Ökosystemleistungen in der Stadt - Gesundheit schützen und Lebensqualität erhöhen. Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ).

Berlin/Leipzig. Zugriff: https://www.ufz.de/export/data/global/190508_TEEB_DE_Stadtbericht_Langfassung.pdf [zuletzt geprüft am: 04.10.2023].

Krautzberger, Michael (2018). Besonderes Städtebaurecht. In Akademie für Raumforschung und Landschaftsplanung (ARL) (Hrsg.), Handwörterbuch der Stadt- und Raumentwicklung, S. 197-206. Verlag der ARL. Hannover. Zugriff: https://www.arl-net.de/system/files/media-shop/pdf/HWB%202018/Besonderes%20St%C3%A4dtebaurecht.pdf [zuletzt geprüft am: 14.08.2023].

Kühling, Wilfried (2014a). Mehrfachbelastungen. In UVP-Gesellschaft e.V., AG Menschliche Gesundheit (Hrsg.) (2020), Leitlinien Schutzgut Menschliche Gesundheit. 2. Auflage, S. 184-191. UVP-Gesellschaft e.V. (Selbstverlag). Paderborn. Zugriff: https://www.uvp.de/_openaccess/leitlinien/LL_SG_Mensch_2020.pdf [zuletzt geprüft am: 04.10.2023].

Kühling, Wilfried (2014b). Der Vorsorgebegriff. In UVP-Gesellschaft e.V., AG Menschliche Gesundheit (Hrsg.) (2020), Leitlinien Schutzgut Menschliche Gesundheit. 2. Auflage, S. 26-28. UVP-Gesellschaft e.V. (Selbstverlag). Paderborn. Zugriff: https://www.uvp.de/_openaccess/leitlinien/LL_SG_Mensch_2020.pdf [zuletzt geprüft am: 18.09.2023].

Kühling, Wilfried (2014c). Vorsorge als gesetzlicher Auftrag. In UVP-Gesellschaft e.V., AG Menschliche Gesundheit (Hrsg.) (2020), Leitlinien Schutzgut Menschliche Gesundheit. 2. Auflage, S. 29-31. UVP-Gesellschaft e.V. (Selbstverlag). Paderborn. Zugriff: https://www.uvp.de/_openaccess/leitlinien/LL_SG_Mensch_2020.pdf [zuletzt geprüft am: 18.09.2023].

Kühling, Wilfried & Kawe, Christiane (2018). Berücksichtigung von Mehrfachbelastungen bei der planerischen Abwägung. In Baumgart, Sabine; Köckler, Heike; Ritzinger, Anne & Rüdiger, Andrea (Hrsg.), Planung für gesundheitsfördernde Städte. Forschungsberichte der ARL 08, S. 268-280. Verlag der ARL. Hannover. Zugriff: https://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0156-0853218 [zuletzt geprüft am: 07.09.2023].

Kunz-Plapp, Tina; Hackenbruch, Julia & Schipper, Janus Willem (2016). Factors of subjective heat stress of urban citizens in contexts of everyday life. Natural Hazards and Earth System Sciences, 16, S. 977-994. Copernicus Publications. Zugriff: https://doi.org/10.5194/nhess-16-977-2016 [zuletzt geprüft am: 17.10.2023].

Kuttler, Wilhelm (2004a). Stadtklima: Teil 1: Grundzüge und Ursachen. UWSF – Zeitschrift für Umweltwissenschaften und Schadstoffforschung, 16(3), S. 187-199. ecomed Verlagsgesellschaft AG & Co. KG. Zugriff: https://doi.org/10.1065/uwsf2004.03.078 [zuletzt geprüft am: 17.10.2023].

Kuttler, Wilhelm (2004b). Stadtklima: Teil 2: Phänomene und Wirkungen. UWSF – Zeitschrift für Umweltwissenschaften und Schadstoffforschung, 16(4), S. 263-274. ecomed Verlagsgesellschaft AG & Co. KG. Zugriff: http://dx.doi.org/10.1065/uwsf2004.08.083 [zuletzt geprüft am: 17.10.2023]

Kuttler, Wilhelm (2020). Stadtklima: Einführung, Charakteristika, Nachweismöglichkeiten. In Lozán, J. L.; Breckle, S.-W.; Grassl, H.; Kuttler, Wilhelm und Matzarakis, Andreas (Hrsg.), Warnsignal Klima: Die Städte, S. 21-27. Wissenschaftliche Auswertungen in Kooperation mit GEO Magazin-Hamburg. Hamburg. Zugriff: http://doi.org/10.25592/uhhfdm.9362 [zuletzt geprüft am: 17.10.2023].

Lakes, Tobia (2019). Geographische Informationssysteme (GIS): Karten und Analysen im Themenfeld Umweltgerechtigkeit. In Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz (SenStadtUm) (Hrsg.), Basisbericht Umweltgerechtigkeit: Grundlagen für die sozialräumliche Umweltpolitik, S. 62-64. SenStadtUm. Berlin.

Lamker, Christian Wilhelm (2016). Unsicherheit und Komplexität in Planungsprozessen: Planungstheoretische Perspektiven auf Regionalplanung und Klimaanpassung [Dissertation]. Fakultät Raumplanung der Technischen Universität Dortmund. Zugriff: https://eldorado.tu-dortmund.de/bitstream/2003/38178/1/Lamker_Dissertation.pdf [zuletzt geprüft am: 09.10.2023].

Lampert, Thomas; Kroll, Lars Eric & Dunkelberg, Annalena (2007). Soziale Ungleichheit der Lebenserwartung in Deutschland. APuZ, Heft 42/2007, S. 11-18. bpb. Zugriff: https://www.bpb.de/shop/zeitschriften/apuz/30179/soziale-ungleichheit-der-lebenserwartung-in-deutschland/ [zuletzt geprüft am: 18.09.2023].

Lampert, Thomas; Kroll, Lars Eric; von der Lippe, Elena; Müters, Stephan & Stolzenberg, Heribert (2013). Sozioökonomischer Status und Gesundheit: Ergebnisse der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1). Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz, Heft 56/2013, S. 814-821. Springer-Verlag. Zugriff: http://dx.doi.org/10.1007/s00103-013-1695-4 [zuletzt geprüft am: 21.08.2023].

Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) (Hrsg.) (2016). Leitfaden Kommunales Starkregenrisikomanagement in Baden-Württemberg. LUBW. Zugriff: https://pudi.lubw.de/detailseite/-/publication/47871-Leitfaden_Kommunales_Starkregenrisikomanagement_in_Baden-W%C3%BCrttemberg.pdf [zuletzt geprüft am: 06.11.2023].

Landeshauptstadt Saarbrücken (LHS) (Hrsg.) (2008). Freiraumentwicklungsprogramm für die Landeshauptstadt Saarbrücken. Landeshauptstadt Saarbrücken. [Freiraumentwicklungsprogramm]. Zugriff: https://www.yumpu.com/de/document/view/59821553/1264690522-freiraumentwicklungsplan [zuletzt geprüft am: 17.10.2023].

Landeshauptstadt Saarbrücken (LHS) (Hrsg.) (2009). Stadtentwicklungskonzept Saarbrücken. Oberbürgermeisterin der Landeshauptstadt Saarbrücken. [Stadtentwicklungskonzept]. Zugriff: https://www.saarbruecken.de/media/download-532aef87c6e56 [zuletzt geprüft am: 17.10.2023].

Landeshauptstadt Saarbrücken (LHS) (Hrsg.) (2022). Stat.Info: Daten Analysen Trends. J/21. Landeshauptstadt Saarbrücken. Zugriff: https://www.saarbruecken.de/media/download-6377aca199d1e [zuletzt geprüft am: 24.10.2023].

Landeshauptstadt Saarbrücken (LHS) (Hrsg.) (2023). Stat.Info: Daten Analysen Trends. 1/23. Die Bevölkerung Saarbrückens im Jahr 2022. Landeshauptstadt Saarbrücken. Zugriff: https://www.saarbruecken.de/media/download-649abac77a783 [zuletzt geprüft am: 24.10.2023].

Laußmann, Detlef; Haftenberger, Marjolein; Lampert, Thomas & Scheidt-Nave, Christa (2013). Soziale Ungleichheit von Lärmbelästigung und Straßenverkehrsbelastung. Ergebnisse der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1). Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz, Heft 56/2013, S. 822-831. Springer-Verlag. Zugriff: http://dx.doi.org/10.1007/s00103-013-1668-7 [zuletzt geprüft am: 21.08.2023]

Liverman, Diana M. (1990). Vulnerability to Global Environmental Change. In Kasperson, Roger (Hrsg.), Understanding Global Environmental Change: The Contributions of Risk Analysis and Management. Report on an International Workshop, S. 8-23. Clark University, Earth Transformed Program. Worcester. Zugriff: https://www.academia.edu/1186212/Vulnerability_to_global_environmental_change [zuletzt geprüft am: 15.07.2022].

Lorenz, Daniel F. (2010). Kritische Infrastrukturen aus Sicht der Bevölkerung. Forschungsforum Öffentliche Sicherheit. Schriftenreihe Sicherheit Nr. 3. Freie Universität Berlin. Zugriff: https://www.sicherheit-forschung.de/forschungsforum/schriftenreihe_neu/sr_v_v/SchriftenreiheSicherheit_03.pdf [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Lu, Peiwen & Stead, Dominic (2013). Understanding the notion of resilience in spatial planning: A case study of Rotterdam, The Netherlands. Cities, 35, S. 200-212. Elsevier. Zugriff: https://doi.org/10.1016/j.cities.2013.06.001 [zuletzt geprüft am: 21.10.2021].

Luers, Amy L.; Lobell, David B.; Sklard, Leonard S.; Addams, C. Lee & Matsona, Pamela A. (2003). A method for quantifying vulnerability, applied to the agricultural system of the Yaqui Valley, Mexico. Global Environmental Change, 13, S. 255-267. Pergamon. Zugriff: https://doi.org/10.1016/S0959-3780(03)00054-2 [zuletzt geprüft am: 18.01.2023].

Luhmann, Niklas (1997). Die Moral des Risikos und das Risiko der Moral. In Bechmann, Gotthard (Hrsg.), Risiko und Gesellschaft: Grundlagen und Ergebnisse interdisziplinärer Risikoforschung. 2. Auflage, S. 327-338. Westdeutscher Verlag GmbH. Opladen.

Luhmann, Niklas (2003). Soziologie des Risikos. 2. Auflage. Walter de Gruyer. Berlin.

Machtolf, Monika & Heller, Dirk (2014). Gesundheitsbestimmende Faktoren : Übersicht. In UVP-Gesellschaft e.V., AG Menschliche Gesundheit (Hrsg.) (2020), Leitlinien Schutzgut Menschliche Gesund-

heit. 2. Auflage, S. 66-68. UVP-Gesellschaft e.V. (Selbstverlag). Paderborn. Zugriff: https://www.uvp.de/_openaccess/leitlinien/LL_SG_Mensch_2020.pdf [zuletzt geprüft am: 18.09.2023].

Markkanen, Sanna & Anger-Kraavi, Annela (2019). Social impacts of climate change mitigation policies and their implications for inequality. Climate Policy, Heft 07/2019, S. 827-844. Informa UK Limited. Zugriff: https://doi.org/10.1080/14693062.2019.1596873 [zuletzt geprüft am: 22.08.2023].

Maron, J. & Mielck, Andreas (2014). Nimmt die gesundheitliche Ungleichheit zu? Ergebnisse eines Literaturreviews und Empfehlungen für die weitere Forschung. Das Gesundheitswesen, 77(3), S. 137-147. Georg Thieme Verlag KG. Zugriff: https://doi.org/10.1055/s-0034-1371874 [zuletzt geprüft am: 18.09.2023].

Maschewsky, Werner (2008). Umweltgerechtigkeit als Thema für Public-Health-Ethik. Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz, Heft 51/2008, S. 200-210. Springer-Verlag. Zugriff: https://doi.org/10.1007/s00103-008-0447-3 [zuletzt geprüft am: 22.08.2023].

Masson, Torsten (2011). Indikatorensysteme nachhaltiger Entwicklung im Spiegel der Forschungspraxis: Konzepte und Indikatoren aus der deutschen Nachhaltigkeitsdiskussion. UFZ Discussion Papers 7/2011. Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ). Zugriff: http://hdl.handle.net/10419/52234 [zuletzt geprüft am: 05.09.2023].

Matyas, David & Pelling, Mark (2012). Disaster Vulnerability and Resilience: Theory, Modelling and Prospective. Foresight. Government Office for Science. Zugriff: http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.4684.2409 [zuletzt geprüft am: 25.03.2020].

Matzarakis, Andreas (2016). Das Hitzewarnsystem des Deutschen Wetterdienstes (DWD) und seine Relevanz für die menschliche Gesundheit. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft, 76(11/12), S. 457-460. Springer-VDI-Verlag GmbH & Co. KG. Zugriff: https://www.researchgate.net/publication/311262480_Das_Hitzewarnsystem_des_Deutschen_Wetterdienstes_DWD_und_seine_Relevanz_fur_die_menschliche_Gesundheit [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Matzarakis, Andreas; Muthers, Stefan & Graw, Kathrin (2020). Thermische Belastung von Bewohnern in Städten bei Hitzewellen am Beispiel von Freiburg (Breisgau). Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz, 63(8), S. 1004-1012. Springer-Verlag. Zugriff: https://doi.org/10.1007/s00103-020-03181-0 [zuletzt geprüft am: 17.10.2023].

Meadows, Donella H.; Meadows, Dennis; Randers, Jorgen & Behrens, William W. (Hrsg.) (1972). The Limits to Growth. A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind. 1. Auflage. Universe Books. New York. Zugriff: https://collections.dartmouth.edu/content/deliver/inline/meadows/pdf/meadows_ltg-001.pdf [zuletzt geprüft am: 05.09.2023].

Medd, Will & Marvin, Simon (2005). From the Politics of Urgency to the Governance of Preparedness: A Research Agenda on Urban Vulnerability. Journal of Contingencies and Crisis Management, 13(2), S. 44-49. Blackwell Publishing. Zugriff: http://dx.doi.org/10.1111/j.1468-5973.2005.00455.x [zuletzt geprüft am: 15.12.2023].

Meerow, Sara & Stults, Melissa (2016). Comparing Conceptualizations of Urban Climate Resilience in Theory and Practice. Sustainability, 8(7), Artikel 701. MDPI. Zugriff: https://doi.org/10.3390/su8070701 [zuletzt geprüft am: 25.01.2023].

Meerow, Sara; Newell, P. Joshua & Stults, Melissa (2016). Defining urban resilience: A review. Landscape and Urban Planning, 147, S. 38-49. Elsevier. Zugriff: https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.11.011 [zuletzt geprüft am: 25.01.2023].

Meerow, Sara; Pajouhesh, Pani & Miller, Thaddeus R. (2019). Social equity in urban resilience planning. Local Environment – The International Journal of Justice and Sustainability, 24(9), S. 793–808. Routledge o. O. Zugriff: https://www.researchgate.net/publication/334693520_Social_equity_in_urban_resilience_planning [zuletzt geprüft am: 25.01.2023].

Meinen, Annika; Tomczyk, Sara; Wiegand, Flora Noell; Abu Sin, Muna; Eckmanns, Tim & Haller, Sebastian (2023). Antibiotikaresistenz in Deutschland und Europa: Ein systematischer Review zur zunehmenden Bedrohung, beschleunigt durch den Klimawandel. Journal of Health Monitoring, 8(S3). S. 10-119. RKI. Zugriff: https://doi.org/10.25646/11395 [zuletzt geprüft am: 17.10.2023].

Menoni, Scira; Costa, Luis; Galderisi, Adriana & Margottini, Claudio (2011). Methodological framework for an Integrated multi-scale vulnerability and resilience assessment. ENSURE Project. Middlesex University London. Zugriff: https://www.researchgate.net/publication/281439972_Methodological_framework_for_an_Integrated_multi-scale_vulnerability_and_resilience_assessment [zuletzt geprüft am: 16.03.2021].

Mielck, Andreas (2012). Soziale Ungleichheit und Gesundheit. Empirische Belege für die zentrale Rolle der schulischen und beruflichen Bildung. In Brähler, Elmar; Kiess, Johannes; Schubert, Charlotte & Kiess, Wieland (Hrsg.), Gesund und gebildet: Voraussetzungen für eine moderne Gesellschaft, S. 129-145. Vandenhoeck & Ruprecht. Göttingen. Zugriff: https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-111038 [zuletzt geprüft am: 22.08.2023].

Mikromarketing-Systeme und Consult GmbH (microm) (Hrsg.) (2023). Know-How 2023. mircom. Zugriff: https://acrobat.adobe.com/link/review?uri=urn:aaid:scds:US:b5f266c6-c6fc-37f1-8c06-d10402c9cc34 [zuletzt geprüft am: 06.11.2023].

Miller, Fiona; Osbahr, Henny; Boyd, Emily; Thomalla, Frank; Bharwani, Sukaina; Ziervogel, Gina; Walker, Brian; Birkmann, Jörn; van der Leeuw, Sander; Rockström, Johan; Hinkel, Jochen; Downing, Tom; Folke, Carl & Nelson, Donald (2010). Resilience and vulnerability: complementary or conflicting concepts? Ecology and Society, 15(3), Artikel 11. The Resilience Alliance. Zugriff: https://ecologyandsociety.org/vol15/iss3/ [zuletzt geprüft am: 24.05.2023].

Ministerium des Innern und für Sport Rheinland-Pfalz (MdI) (Hrsg.) (2022). Der Wiederaufbau in Rheinland-Pfalz: nach der Naturkatastrophe vom 14./15. Juli 2021. Mdl. [Bericht]. Zugriff: https://wiederaufbau.rlp.de/fileadmin/wiederaufbau/2022/02-Februar/Der_Wiederaufbau_in_Rheinland-Pfalz_2021-2022.pdf [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Ministerium für Umwelt des Saarlandes (Hrsg.) (2004). Landesentwicklungsplan, Teilabschnitt „Umwelt (Vorsorge für Flächennutzung, Umweltschutz und Infrastruktur)“. Teil A: Textliche Festlegungen vom 13. Juli 2004. Ministerium für Umwelt. Zugriff: https://www.saarland.de/mibs/DE/portale/landesplanung/service/publikationen/Brosch%C3%BCre_LEP_TA_Umwelt.pdf [zuletzt geprüft am: 17.10.2023].

Ministerium für Umwelt des Saarlandes (Hrsg.) (2006). Landesentwicklungsplan, Teilabschnitt „Siedlung“ vom 4. Juli 2006. Textliche und zeichnerische Festlegungen mit Begründung/ Erläuterung. Ministerium für Umwelt. Zugriff: https://geoportal.saarland.de/abgabe_gdz/Landesplanung/Broschuere_LEP_TA_Siedlung_2006.pdf [zuletzt geprüft am: 17.10.2023].

Ministerium für Umwelt- und Verbraucherschutz des Saarlandes (2018). Überprüfung der vorläufigen Bewertung des Hochwasserrisikos und der Risikogebiete im Saarland durch das Ministerium für Umwelt und Verbraucherschutz. Ministerium für Umwelt- und Verbraucherschutz. [Bericht].

Ministerkonferenz für Raumordnung (MKRO) (Hrsg.) (2000). Handlungsempfehlungen der Ministerkonferenz für Raumordnung zum vorbeugenden Hochwasserschutz: Vorbeugender Hochwasserschutz durch die Raumordnung. BMWSB. [Handlungsempfehlungen]. Zugriff: https://acrobat.adobe.com/link/review?uri=urn:aaid:scds:US:fb993e90-5b6c-3120-afa0-994fda933381 [zuletzt geprüft am 30.10.2023].

Ministerkonferenz für Raumordnung (MKRO) (Hrsg.) (2013). Handlungskonzept der Raumordnung zu Vermeidungs-, Minderungs- und Anpassungsstrategien in Hinblick auf die räumlichen Konsequenzen des Klimawandels vom 23.01.2013. BMWSB. [Handlungskonzept].

Ministerkonferenz für Raumordnung (MKRO) (Hrsg.) (2016). Leitbilder und Handlungsstrategien für die Raumentwicklung in Deutschland (Beschlossen von der 41. MKRO am 9. März 2016). BMWSB. [Leitbilder]. Zugriff: https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/veroeffentlichungen/themen/heimat-integration/raumordnung/leitbilder-und-handlungsstrategien-2016.pdf [zuletzt geprüft am: 05.01.2023].

Ministerkonferenz für Raumordnung (MKRO) (Hrsg.) (2021). Lehren aus der Corona-Pandemie: Sicherstellung resilienter Raumstrukturen. Umlaufbeschluss vom 29.11.2021. BMWSB. [Umlaufbeschluss]. Zugriff: https://www.bmwsb.bund.de/SharedDocs/downloads/Webs/BMWSB/DE/veroeffentlichungen/raumordnung/mrko/mkro-umlaufbeschluss-corona.pdf [zuletzt geprüft am: 05.01.2023].

Minnich, Lukas (2010). Gesundheitliche Folgen des Klimawandels bei erhöhter Wärmebelastung in der Region Stuttgart: Eine räumliche Vulnerabilitätsuntersuchung [Diplomarbeit]. Universität Stuttgart.

Mitschang, Stephan (2018). Flächennutzungsplan. In Akademie für Raumforschung und Landesplanung (ARL) (Hrsg.), Handbuch der Stadt- und Raumentwicklung, S. 687-696. Verlag der ARL. Hannover. Zugriff: https://www.arl-net.de/system/files/media-shop/pdf/HWB%202018/Fl%C3%A4chennutzungsplan.pdf [zuletzt geprüft am: 28.08.2023].

Mucha, Katharina (2016). Ein Simulationsansatz zur Bewertung von Hitzestressrisiken in Innenräumen: Weiterentwicklung eines zonalen Modells in Modelica [Dissertation]. Fakultät Gestaltung an der Universität der Künste Berlin. Zugriff: https://opus4.kobv.de/opus4-udk/frontdoor/deliver/index/docId/1059/file/Mucha_Katharina.pdf [zuletzt geprüft am: 17.10.2023].

Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft (MunichRe) (2014). Naturkatastrophen 2013. Analysen, Bewertungen, Positionen: Hochwasserjahr, Ausgabe 2014, TOPICS GEO. Zugriff: https://www.munichre.com/content/dam/munichre/contentlounge/website-pieces/documents/delete-natcat/302-08120_de.pdf/_jcr_content/renditions/original./302-08120_de.pdf [zuletzt geprüft am: 09.05.2023].

Muthers, Stefan; Laschewski, Gudrun & Matzarakis, Andreas (2017). The Summers 2003 and 2015 in South-West Germany: HeatWaves and Heat-Related Mortality in the Context of Climate Change. Atmosphere, 8(11), Artikel 224. MDPI. Zugriff: https://doi.org/10.3390/atmos8110224 [zuletzt geprüft am: 15.12.2023].

Naidoo, Jennie & Wills, Jane (2010). Lehrbuch der Gesundheitsförderung. Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (BZgA). Köln. Zugriff: https://acrobat.adobe.com/link/review?uri=urn:aaid:scds:US:f3b5d865-4ce8-3bec-956f-b126c98c9f97 [zuletzt geprüft am: 04.10.2023].

Nelle, Anja (2018). Stadtumbau. In Akademie für Raumforschung und Landschaftsplanung (ARL) (Hrsg.), Handwörterbuch der Stadt- und Raumentwicklung, S. 2537-2548. Verlag der ARL. Hannover. Zugriff: https://www.arl-net.de/system/files/media-shop/pdf/HWB%202018/Stadtumbau.pdf [zuletzt geprüft am: 14.08.2023].

Norf, Celia (2020). Vulnerabilität und Resilienz als Trends der Risikoforschung. Eine Rekonstruktion ihrer quantitativen und qualitativen Entwicklung und Verbreitung in der Risikoforschung und in ihren Perspektiven von 1973 bis 2017 auf der Basis einer disziplinübergreifenden Internetanalyse [Dissertation]. Universität Stuttgart. Zugriff: http://dx.doi.org/10.18419/opus-11057 [zuletzt geprüft am: 26.06.2022].

O'Keefe, Phil; Westgate, Ken & Wisner, Ben (1976). Taking the naturalness out of natural disasters. Nature, 260(5552), S. 566–567. Nature Publishing Group. Zugriff: http://dx.doi.org/10.1038/260566a0 [zuletzt geprüft am: 08.06.2022].

O'Brien, Karen L.; Eriksen, Siri; Schjolden, Ane & Nygaard, Lynn (2004). What's in a word? Conflicting interpretations of vulnerability in climate change research. Climate Policy, submitted for publication. CICERO Working Paper 2004:04. CICERO. Zugriff: https://www.researchgate.net/publication/242171299_What's_in_a_word_Conflicting_interpretations_of_vulnerability_in_climate_change_research [zuletzt geprüft am: 04.04.2023].

O'Brien, Karen L.; Eriksen, Siri; Nygaard, Lynn P. & Schjolden, Ane (2007). Why different interpretations of vulnerability matter in climate change discourses. Climate Policy, 7(1), S. 73–88. EARTHSCAN Publications. Zugriff: http://dx.doi.org/10.3763/cpol.2007.0706 [zuletzt geprüft am: 26.04.2023].

Office of the United Nations Disaster Relief Co-ordinator (UNDRO) (1980). Natural Disasters and Vulnerability Analysis : Report of Expert Group Meeting (9-12 July 1979). UNDRO. [report]. Zugriff: https://digitallibrary.un.org/record/95986 [zuletzt geprüft am: 20.11.2023].

Organisation for Economic Co-Operation and Development (OECD) (Hrsg.) (2003). Emerging Systemic Risks in the 21st Century: An Agenda for Action. OECD. [Agenda]. Zugriff: https://doi.org/10.1787/9789264101227-en [zuletzt geprüft am: 03.01.2023].

Pahl-Weber, Elke & Schwartze, Frank (2018). Stadtplanung. In Akademie für Raumforschung und Landesplanung (ARL) (Hrsg.), Handwörterbuch der Stadt- und Raumentwicklung, S. 2509-2520. Verlag der ARL. Hannover. Zugriff: https://www.arl-net.de/system/files/media-shop/pdf/HWB%202018/Stadtplanung.pdf [zuletzt geprüft am: 21.08.2023].

Pallagst, Karina (2018). Planungssysteme. In Akademie für Raumforschung und Landschaftsplanung (ARL) (Hrsg.), Handwörterbuch der Stadt- und Raumentwicklung, S. 1761-1770. Verlag der ARL. Hannover. Zugriff: https://www.arl-net.de/system/files/media-shop/pdf/HWB%202018/Stadtplanung.pdf [zuletzt geprüft am: 14.08.2023].

Pelling, Mark (2003). The Vulnerability of Cities: Natural Disasters and Social Resilience. 1. Auflage. EARTHSCAN Publications. London. Zugriff: https://doi.org/10.4324/9781849773379 [zuletzt geprüft am: 14.01.2021].

Pelling, Mark (Hrsg.) (2011). Adaptation to Climate Change: From resilience to transformation. Routledge. London/New York. Zugriff: https://www.routledge.com/Adaptation-to-Climate-Change-From-Resilience-to-Transformation/Pelling/p/book/9780415477512 [zuletzt geprüft am: 15.04.2024].

Pfafferott, Jens & Becker, Paul (2008). Erweiterung des Hitzewarnsystems um die Vorhersage der Wärmebelastung in Innenräumen. Bauphysik, 30(4), S. 237-243. Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG. Zugriff: http://dx.doi.org/10.1002/bapi.200810031 [zuletzt geprüft am: 17.10.2023].

Pfafferott, Jens; Rißmann, Sascha; Halbig, Guido; Schrüder, Franz & Saad, Sascha (2021). Towards a Generic Residential Building Model for Heat–Health Warning Systems. International Journal of Environmental Research and Public Health, 18(24), Artikel 13050. MDPI. Zugriff: https://doi.org/10.3390/ijerph182413050 [zuletzt geprüft am: 17.10.2023].

Pickett, Kate E. & Pearl, M. (2001). Multilevel analyses of neighboorhood socioeconomic context and health outcomes: a critical review. Journal of Epidemiology and Community Health, 55(2), S. 111-122. BMJ Publishing Group. Zugriff: https://doi.org/10.1136/jech.55.2.111 [zuletzt geprüft am: 04.10.2023].

Plapp, Tina (2003). Wahrnehmung von Risiken aus Naturkatastrophen: Eine empirische Untersuchung in sechs gefährdeten Gebieten Süd- und Westdeutschlands [Dissertation]. Universität Karlsruhe. Zugriff: https://publikationen.bibliothek.kit.edu/3542003 [zuletzt geprüft am: 14.09.2022].

Poethko-Müller, Christina; Kuntz, Benjamin; Lampert, Thomas & Neuhauser, Hannelore (2018). Die allgemeine Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland: Querschnittergebnisse aus KiGGS Welle 2 und Trends. Journal of Health Monitoring, 3(1), S. 8-15. RKI. Zugriff: https://doi.org/10.17886/RKI-GBE-2018-004 [zuletzt geprüft am: 24.10.2023].

Pohl, Jürgen (2008). Die Entstehung der geographischen Hazardforschung. In Felgentreff, Carsten & Glade, Thomas (Hrsg.), Naturrisiken und Sozialkatastrophen. 1. Auflage, S. 47-62. Spektrum Akademischer Verlag. Heidelberg.

Pohl, Jürgen (2011). Risikovorsorge, Risikonachsorge und Raumplanung. In Pohl, Jürgen & Zehetmair, Swen (Hrsg.), Risikomanagement als Handlungsfeld in der Raumplanung, S. 11-21. Verlag der ARL. Hannover. Zugriff: https://www.arl-net.de/system/files/media-shop/pdf/am_357.pdf [zuletzt geprüft am: 05.12.2023].

Pohl, Jürgen & Rother, Karl-Heinz (2011). Risiken und Raumplanung: ein komplexes Verhältnis. In Pohl, Jürgen & Zehetmair, Swen (Hrsg.), Risikomanagement als Handlungsfeld in der Raumplanung, S. 3-10. Verlag der ARL. Hannover. Zugriff: https://www.arl-net.de/system/files/media-shop/pdf/am_357.pdf [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Pohl, Jürgen & Zehetmair, Swen (2011). Risikomanagement als Handlungsfeld in der Raumplanung. Verlag der ARL. Hannover. Zugriff: https://www.arl-net.de/de/shop/risikomanagement-als-handlungsfeld-in-der-raumplanung.html [zuletzt geprüft am: 05.05.2020].

Preisendörfer, Peter (2014). Umweltgerechtigkeit: Von sozial-räumlicher Ungleichheit hin zu postulierter Ungerechtigkeit lokaler Umweltbelastungen. Soziale Welt, 65(1), S. 25-45. Nomos Verlagsgesellschaft mbH. Zugriff: https://doi.org/10.5771/0038-6073-2014-1-25 [zuletzt geprüft am: 28.08.2023].

Preston, Ben & Stafford-Smith, Mark (2009). Framing vulnerability and adaptive capacity assessment: Discussion paper. CSIRO Climate Adaption Flagship Working Paper No. 2. CSIRO. [Working Paper]. Zugriff: https://publications.csiro.au/rpr/pub?pid=procite:adb84f2f-6855-4daa-95de-8b7d1d7603b3 [zuletzt geprüft am: 05.05.2023].

Puth, Marie-Therese; Weckbecker, Klaus; Schmid, Matthias & Münster, Eva (2017). Prevalence of multimorbidity in Germany: impact of age and educational level in a cross-sectional study on 19,294 adults. BMC Public Health, 17(1), Artikel 826. Springer Nature. Zugriff: https://doi.org/10.1186/s12889-017-4833-3 [zuletzt geprüft am: 24.10.2023].

Regionaler Planungsverband Leipzig-Westsachsen (Hrsg.) (2011). Vulnerabilitätsanalyse Westsachsen. TU Dresden. [Vulnerabilitätsanalyse]. Zugriff:https://www.rpv-westsachsen.de/wp-content/uploads/projekte/moro-1/Moro1_Ergebnisse_Vulnerabilitaetsanalyse_Teil1.pdf [zuletzt geprüft am: 05.11.2021].

Renn, Ortwin (1981). Wahrnehmung und Akzeptanz technischer Risiken: Band 1: Zur Theorie der Risikoakzeptanz – Forschungsansätze und Modelle [Dissertation]. Universität zu Köln. Zugriff: http://dx.doi.org/10.18419/opus-7503 [zuletzt geprüft am: 14.09.2022].

Renn, Ortwin; Klinke, Andreas & van Asselt, Marjolein (2011). Coping with Complexity, Uncertainty and Ambiguity in Risk Governance: A Synthesis. AMBIO, 40(2), S. 231-246. Royal Swedish Academy of Sciences. Zugriff: https://doi.org/10.1007/s13280-010-0134-0 [zuletzt geprüft am: 05.12.2023].

Richter, Matthias & Hurrelmann, Klaus (2016). Die soziologische Perspektive auf Gesundheit und Krankheit. In Richter, Matthias & Hurrelmann, Klaus (Hrsg.), Soziologie von Gesundheit und Krankheit, S. 3-19. Springer Fachmedien. Wiesbaden. Zugriff: https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-658-11010-9 [zuletzt geprüft am: 04.10.2023].

Richter, Matthias & Hurrelmann, Klaus (Hrsg.) (2009). Gesundheitliche Ungleichheit. Grundlagen, Probleme, Perspektiven, 2. aktualisierte Auflage. VS Verlag für Sozialwissenschaften. Wiesbaden. Zugriff: https://www.fachportal-paedagogik.de/literatur/vollanzeige.html?FId=3079110 [zuletzt geprüft am: 18.09.2023].

Riedel, Natalie (2014). Die gesundheitliche Relevanz des Wohnumfelds. In UVP-Gesellschaft e.V., AG Menschliche Gesundheit (Hrsg.) (2020), Leitlinien Schutzgut Menschliche Gesundheit. 2. Auflage, S. 26-28. UVP-Gesellschaft e.V. (Selbstverlag). Paderborn. Zugriff: https://www.uvp.de/_openaccess/leitlinien/LL_SG_Mensch_2020.pdf [zuletzt geprüft am: 18.09.2023].

Robert Koch-Institut (RKI) (Hrsg.) (2005). Armut, soziale Ungleichheit und Gesundheit: Expertise des Robert Koch-Instituts zum 2. Armuts- und Reichtumsbericht der Bundesregierung. Beiträge zur Gesundheitsberichterstattung des Bundes. RKI. [Berichterstattung].

Robert Koch-Institut (RKI) (Hrsg.) (2010). Gesundheitliche Ungleichheit bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland. Beiträge zur Gesundheitsberichterstattung des Bundes. RKI. [Berichterstattung].

Robert Koch-Institut (RKI) (Hrsg.) (2011). Sterblichkeit, Todesursachen und regionale Unterschiede. Gesundheitsberichterstattung des Bundes. Heft 52. RKI. [Berichterstattung].

Robert Koch-Institut (RKI) (Hrsg.) (2012). Arbeitslosigkeit, prekäre Beschäftigung und Gesundheit. Gesundheitsberichterstattung des Bundes, 3(1). RKI. [Berichterstattung].

Robert Koch-Institut (RKI) (Hrsg.) (2015). Gesundheit in Deutschland. Gesundheitsberichterstattung des Bundes. Gemeinsam getragen von RKI und Destatis. RKI. [Berichterstattung]. Zugriff: https://www.rki.de/DE/Content/Gesundheitsmonitoring/Gesundheitsberichterstattung/GesInDtld/GesInDtld_node.html [zuletzt geprüft am: 24.10.2023].

Robert Koch-Institut (RKI) (Hrsg.) (2016). Gesundheit in Deutschland: die wichtigsten Entwicklungen. Gesundheitsberichterstattung des Bundes gemeinsam getragen von RKI und Destatis. RKI. [Berichterstattung]. Zugriff: https://edoc.rki.de/handle/176904/3262 [zuletzt geprüft am: 15.12.2023].

Robert Koch-Institut (RKI) (Hrsg.) (2017). Gesundheitliche Ungleichheit in verschiedenen Lebensphasen. Gesundheitsberichterstattung des Bundes. Gemeinsam getragen von RKI und Destatis. RKI. [Berichterstattung]. Zugriff: http://dx.doi.org/10.17886/RKI-GBE-2017-003 [zuletzt geprüft am: 28.08.2023].

Robert Koch-Institut (RKI) (Hrsg.) (2018). Gesundheitliche Ungleichheit in Deutschland und im internationalen Vergleich: Zeitliche Entwicklungen und Trends. Gesundheitsberichterstattung des Bundes. Gemeinsam getragen von RKI und DESTATIS. RKI. [Berichterstattung].

Robert Koch-Institut (RKI) (Hrsg.) (2022). Hitzebedingte Mortalität in Deutschland 2022. Epidemiologisches Bulleti 42/2022. Zugriff: https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Archiv/2022/42/Art_01.html [zuletzt geprüft am: 28.08.2023].

Robine, Jean-Marie; Cheung, Siu Lan K.; Le Roy, Sophie; Van Oyen, Herman; Griffiths, Clare; Michel, Jean-Pierre & Hermann, Francois Richard (2008). Death toll exceeded 70,000 in Europe during the summer of 2003. C. R. Biologies, 331(2), S. 171-178. Elsevier Masson SAS. Zugriff: https://doi.org/10.1016/j.crvi.2007.12.001 [zuletzt geprüft am: 17.10.2023].

Rousi, Efi; Kornhuber, Kai; Beobide-Arsuaga, Goratz; Luo, Fei & Coumou, Dim (2022). Accelerated western European heatwave trends linked to more-persistent double jets over Eurasia. Nature Communications, 13, Artikel 3851. Springer Nature. Zugriff: https://doi.org/10.1038/s41467-022-31432-y [zuletzt geprüft am: 17.10.2023].

Rüdiger, Andrea (2018). Klimawandelgerechte Strategien als Baustein einer integrierten Stadtentwicklung. In Baumgart, Sabine; Köckler, Heike; Ritzinger, Anne & Rüdiger, Andrea (Hrsg.), Planung für gesundheitsfördernde Städte. Forschungsberichte der ARL 08., S. 332-349. Verlag der ARL. Hannover. Zugriff: https://www.arl-net.de/system/files/media-shop/pdf/fb/fb_008/27_klimawandelgerechte_strategien.pdf [zuletzt geprüft am: 15.12.2023].

Rüttenauer, Tobias (2018). Environmental Inequality in Germany [Dissertation]. Technische Universität Kaiserslautern.

Saad, Sascha & Hartz, Andrea Maria (2019). Risikokommunikation in der Raumplanung: Ein Handlungsfeld zwischen bewährtem Alltagshandeln und notwendiger Professionalisierung. Informationen zur Raumentwicklung (IzR), Heft 4/2019, S. 74-83. Franz Steiner Verlag. Zugriff: https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/izr/2019/4/izr-4-2019.html [zuletzt geprüft am: 13.02.2020].

Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) (Hrsg.) (2023). Umwelt und Gesundheit konsequent zusammendenken. Sondergutachten Juli 2023. SRU. [Gutachten]. Zugriff: https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/02_Sondergutachten/2020_2024/2023_06_SG_Umwelt_und_Gesundheit_zusammendenken.pdf? [zuletzt geprüft am: 17.10.2023].

Sandholz, Simone; Sett, Dominic; Greco, Angelica; Wannewitz, Mia & Garschagen, Matthias (2021). Rethinking urban heat stress: Assessing risk and adaptation options across socioeconomic groups in Bonn, Germany. Urban Climate, 37, Artikel 100857. Elsevier. Zugriff: https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100857 [zuletzt geprüft am: 17.10.2023].

Sapountzaki, Kalliopi; Wanczura, Sylvia; Casertano, Gabriella; Greiving, Stefan; Xanthopoulos, Gavriil & Ferrara, Floriana (2011). Disconnected policies and actors and the missing role of spatial planning throughout the risk management cycle. Natural Hazards, 59(3), S. 1445-1474. Springer-Verlag. Zugriff: https://doi.org/10.1007/s11069-011-9843-3 [zuletzt geprüft am: 05.05.2020].

Sauer, Axel (2013). Methodik zur flächendifferenzierten Analyse und Bewertung von stofflichen Hochwasserrisiken. [Dissertation]. TU Dresden. Zugriff: http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.3013.4808 [zuletzt geprüft am: 06.01.2023].

Schade, Manuela (2014). Umwelt, Soziale Lage und Gesundheit bei Kindern in Frankfurt am Main [Dissertation]. Universität Bielefeld.

Schäfer, Andreas; Mühr, Bernhard; Daniell, James; Ehret, Uwe; Ehmele, Florian; Küpfer, Katharina; Brand, Johanna; Wisotzky; Skapski, Jens; Rentz, Lukas; Mohr, Susanna & Kunz, Michael (2021). Hochwasser Mitteleuropa, Juli 2021 (Deutschland). 21. Juli 2021: Bericht Nr. 1 „Nordrhein-Westfalen & Rheinland-Pfalz“. Center for Disaster Management and Risk Reduction Technology (CEDIM) Forensic Disaster Analysis (FDA) Group. Karlsruher Institut für Technologie (KIT). [Bericht]. Zugriff: https://doi.org/10.5445/IR/1000135730 [zuletzt geprüft am: 06.11.2023].

Schaffer, Axel; Lang, Eva & Hartard, Susanne (Hrsg.) (2014). Systeme in der Krise im Fokus von Resilienz und Nachhaltigkeit. Über die wechselseitige Beziehung von Resilienz und Nachhaltigkeit.

Metropolis-Verlag. Marburg. Zugriff: https://www.metropolis-verlag.de/Systeme-in-der-Krise-im-Fokus-von-Resilienz-und-Nachhaltigkeit/1061/book.do [zuletzt geprüft am: 05.09.2023].

Scheid, Christian (2018). GIS-basierte Starkregen-Risikoanalyse unter besonderer Berücksichtigung von Datenerfordernissen und methodischer Aussagefähigkeit [Dissertation]. Schriftenreihe Wasser Infrastruktur Ressourcen Band 4. TU Kaiserslautern. Zugriff: https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:386-kluedo-54316 [zuletzt geprüft am: 02.01.2021].

Schienkiewitz, Anja; Brettschneider, Anna-Kristin; Damerow, Stefan & Schaffrath Rosario, Angelika (2018). Übergewicht und Adipositas im Kindes- und Jugendalter in Deutschland: Querschnittergebnisse aus KiGGS Welle 2 und Trends. Journal of Health Monitoring, 3(1), S. 16-23. RKI. Zugriff: https://doi.org/10.17886/RKI-GBE-2018-005.2 [zuletzt geprüft am: 24.10.2023].

Schillo, Sonja; Richter, Ann-Kathrin & Wasem, Jürgen (2019). Untersuchung des Einflusses von Hitze auf Morbidität. Abschlussbericht. IBES Diskussionsbeitrag, Nr. 229. Universität Duisburg-Essen, Institut für Betriebswirtschaft und Volkswirtschaft (IBES). Zugriff: http://hdl.handle.net/10419/204580 [zuletzt geprüft am: 17.10.2023].

Schlegel, Irmela; Muther, Stefan & Matzarakis, Andreas (2021). Einfluss des Klimawandels auf die Morbidität und Mortalität von Atemwegserkrankungen. UBA. [Abschlussbericht]. Zugriff: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/uug_04-2021_einfluss_des_klimawandels_auf_die_morbiditaet_und_mortalitaet_von_atemwegserkrankungen.pdf [zuletzt überprüft am: 21.11.2023].

Schlicht, Antonia (2015). Die Bedeutung des Klimaschutzes für das Bauplanungsrecht: Eine Betrachtung der Klimaschutznovelle 2011. Bonner Rechtsjournal (BRJ), 8(2), S. 127-134. Rheinische Driedrich-Wilhelms-Universität Bonn.

Schmidt-Eichstaedt, Gerd (2018). Bauleitplanung. In Akademie für Raumforschung und Landesplanung (ARL) (Hrsg.), Handwörterbuch der Stadt- und Raumentwicklung, S. 139-160. Verlag der ARL. Hannover. Zugriff: https://www.arl-net.de/system/files/media-shop/pdf/HWB%202018/Bauleitplanung.pdf [zuletzt geprüft am: 28.08.2023].

Schmidt-Thomé, Philipp (Hrsg.) (2006). Natural and Technological Hazards and Risks Affecting the Spatial Development of European Regions, Geological Survey of Finland, Special Paper 42(42). Espoo. Zugriff: https://tupa.gtk.fi/julkaisu/specialpaper/sp_042.pdf [zuletzt geprüft am: 11.02.2021].

Schmidt, Catrin; Kolodziej, Jan & Seidel, Andrea (2011). Vulnerabilitätsanalyse Region Oberlausitz-Niederschlesien. Im Auftrag des Regionalen Planungsverbands Oberlausitz-Niederschlesien. [Vulnerabilitätsanalyse]. Zugriff: https://www.rpv-oberlausitz-niederschlesien.de/fileadmin/PDF-Dateien/Sonstige/Vulnerabilitaetsanalyse/Vulnerabilitaetsanalyse_Oberlausitz-Niederschlesien.pdf [zuletzt geprüft am: 11.12.2023].

Schneiderbauer, Stefan & Ehrlich, Daniele (2004). Risk, Hazard and People's Vulnerability to Natural Hazards: a Review of Definitions, Concepts and Data. EUR 21410 EN. European Communities. [Report]. Zugriff: https://www.researchgate.net/publication/268149143_Risk_Hazard_and_People's_Vulnerability_to_Natural_Hazards_a_Review_of_Definitions_Concepts_and_Data [zuletzt geprüft am: 16.01.2023].

Schneiderbauer, Stefan; Kruse, Sylvia; Kuhlicke, Christian & Abeling, Thomas (2016). Resilienz als Konzept in Wissenschaft und Praxis. In Fekete, Alexander & Hufschmidt, Gabriele (Hrsg.), ATLAS Verwundbarkeit und Resilienz: Pilotausgabe zu Deutschland, Österreich, Liechtenstein und Schweiz, S. 22-25. TH Köln & Universität Bonn. Köln/Bonn. Zugriff: https://atlasvr.web.th-koeln.de/wp-content/uploads/2015/05/Atlas_VR_Oktober2016.pdf [zuletzt geprüft am: 06.07.2020].

Schoen, Hendrik (2018). Abwägung. In Akademie für Raumforschung und Landesplanung (ARL) (Hrsg.), Handwörterbuch der Stadt- und Raumentwicklung, S. 19-29. Verlag der ARL. Hannover. Zugriff: https://www.arl-net.de/system/files/media-shop/pdf/HWB%202018/Abw%C3%A4gung.pdf [zuletzt geprüft am: 21.08.2023].

Schuchardt, Bastian; Wittig, Stefan; Spiekermann, Jan; Bildstein, Tim & Bachmann, Frank (2011). Klimawandel in der Metropolregion Bremen-Oldenburg: Regionale Analyse der Vulnerabilität aus-

gewählter Sektoren und Handlungsbereiche. 11. Werkstattbericht Juni 2011. Nordwest2050. Zugriff: https://digital.zlb.de/viewer/fulltext/15596195/1/ [zuletzt geprüft am: 12.12.2021].

Schulwitz, Martin (2020). Vulnerabilitäts- und Resilienzprofile städtischer Systeme [Dissertation]. Universität Stuttgart. Zugriff: http://dx.doi.org/10.18419/opus-11296 [zuletzt geprüft am: 07.12.2021].

Schütz, Holger & Peters, Hans Peter (2002). Risiken aus der Perspektive von Wissenschaft, Medien und Öffentlichkeit. APuZ, 10-11, S. 40-45. bpb. Zugriff: https://www.bpb.de/system/files/pdf/ZKNB5C.pdf [zuletzt geprüft am: 08.06.2022].

Seifert, Peter (2012). Mit Sicherheit wächst der Schaden? Überlegungen zum Umgang mit Hochwasser in der räumlichen Planung. Geschäftsstelle des Regionalen Planungsverbandes Oberes Elbtal/Osterzgebirge. [Broschüre]. Zugriff: https://rpv-elbtalosterz.de/wp-content/uploads/mit_sicherheit_waechst_der_schaden.pdf [zuletzt geprüft am: 08.05.2023].

Seger, Wolfgang & Gaertner, Thomas (2020). Multimorbidität: Eine besondere Herausforderung. Deutsches Ärzteblatt, 117(44), A2092-A2096. Deutscher Ärzteverlag GmbH. Zugriff: https://www.researchgate.net/profile/Wolfgang-Seger/publication/347463412_Multimorbiditat_eine_besondere_Herausforderung/links/5fdccb7b92851c13fe9c22f3/Multimorbiditaet-eine-besondere-Herausforderung.pdf? [zuletzt geprüft am: 24.10.2023].

Selle, Klaus (2017). Partizipation 8.0: Bürgerinnen und Bürger in Prozessen der Stadtentwicklung – ein Blick zurück nach vorn. Informationen zur Raumentwicklung (IzR), Heft 6/2017, S. 12-23. Franz Steiner Verlag. Zugriff: https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/izr/2017/6/downloads/partizipation-8.pdf [zuletzt geprüft am: 11.12.2023].

Sen, Amartya (1981). Famines and Poverty. An Essay on Entitlement and Deprivation. Oxford University Press. Zugriff: https://www.prismaweb.org/nl/wp-content/uploads/2017/06/Poverty-and-famines%E2%94%82Amartya-Sen%E2%94%821981.pdf [zuletzt geprüft am: 25.01.2023].

Sen, Amartya (1984). Resources, Values and Development. Basil Blackwell Publisher Ltd. Oxford.

Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz (SenStadtUm) (2015). Umweltgerechtigkeit (Ausgabe 2015). SenStadtUm. [Paper].

Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz (SenStadtUm) (2019). Basisbericht Umweltgerechtigkeit: Grundlagen für die sozialräumliche Umweltpolitik. SenStadtUm. [Bericht].

Shaw, Keith (2012). „Reframing" Resilience: Challenges for Planning Theory and Practice. In Davoudi, Simin & Porter Libby (Hrsg.), Resilience: A Bridging Concept or a Dead End? "Reframing" Resilience: Challenges for Planning Theory and Practice Interacting Traps: Resilience Assessment of a Pasture Management System in Northern Afghanistan Urban Resilience: What Does it Mean in Planning Practice? Resilience as a Useful Concept for Climate Change Adaptation? The Politics of Resilience for Planning: A Cautionary Note, S. 308-312. Taylor & Francis. o. O. Zugriff: https://doi.org/10.1080/14649357.2012.677124 [zuletzt geprüft am: 23.01.2021].

Sieber, Raphael (2017). Gesundheitsfördernde Stadtentwicklung: Eine Untersuchung stadtplanerischer Instrumente unter Einbeziehung des Setting-Ansatzes der Gesundheitsförderung [Dissertation]. Technische Universität Dortmund. Zugriff: https://eldorado.tu-dortmund.de/bitstream/2003/36776/1/Dissertation_Sieber.pdf [zuletzt geprüft am: 04.10.2023].

Siedentop, Stefan (2021a). Corona und Raumentwicklung: Zum transformativen Potenzial einer globalen Krise. In Schmidt-Lauber, Brigitta; Othengrafen, Frank; Pohlan, Jörg & Wehrhahn. Rainer (Hrsg)., Jahrbuch StadtRegion 2021/2022: Stadt-Land-Relationen. Disziplinäre Spurensuchen, S. 143-162. Springer VS. Wiesbaden. Zugriff: https://doi.org/10.1007/978-3-658-38941-3_6 [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Siedentop, Stefan (2021b). Thesen zu „Corona und Raumentwicklung". In Akademie für Raumentwicklung in der Leibniz-Gemeinschaft (ARL), Raumentwicklung und Corona. Eine Zwischenbilanz. Raumwissenschaftliches Kolloquium 2021. ARL. Hannover.

Siedentop, Stefan; Schiller, Georg; Koziol, Matthias; Walther, Jörg & Gutsche, Jens-Martin (2006). Siedlungsentwicklung und Infrastrukturfolgekosten: Bilanzierung und Strategieentwicklung. Endbe-

richt. BBR-Online-Publikation, 3/2006. BBR. [Endbericht]. Zugriff: https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/bbsr-online/2002_2006/DL_ON032006.pdf?__blob=publicationFile&v=3 [zuletzt geprüft am: 24.10.2023].

Sinning, Heidi (2018). Öffentlichkeitsbeteiligung. In Akademie für Raumforschung und Landesplanung (ARL) (Hrsg.), Handwörterbuch der Stadt- und Raumentwicklung, S. 1655-1664. Selbstverlag der ARL. Hannover. Zugriff: https://www.arl-net.de/system/files/media-shop/pdf/2023-01/%C3%96ffentlichkeitsbeteiligung.pdf [zuletzt geprüft am: 09.10.2023].

Slovic, Paul (1987). Perception of Risk. Science, 236(4799), S. 280-285. AAAS. Zugriff: http://dx.doi.org/10.1126/science.3563507 [zuletzt geprüft am: 09.10.2023].

Smit, Barry & Wandel, Johanna (2006). Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. Global Environmental Change, 16(3), S. 282-292. Elsevier. Zugriff: https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.03.008 [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Smith, G. P. (2015). Expert Opinion: Stability of People, Vehicles and Buildings in Floor Water. WRL Technical Report 2015/11. Water Research Laboratory (WRL), University of New South Wales (UNSW), School of Civil and Environmental Engineering. [Technical Report]. Zugriff: https://www.granthaminquiry.qld.gov.au/assets/stability-of-people-vehicles-buildings-flood-water-grantley-smith.pdf [zuletzt geprüft am: 06.11.2023].

Spannowsky, Willy (2016). Expertise „Rechtliche Möglichkeiten für einen Bundesraumordnungsplan Hochwasserschutz nach § 17 Absatz 2 ROG-Entwurf 2016“: Forschungsprogramm Modellvorhaben der Raumordnung. TU Kaiserslautern. [Paper]. Zugriff: https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/programme/moro/studien/2015/RegionalentwicklungHochwasserschutz/expertise.pdf [zuletzt geprüft am: 06.01.2023].

Spellerberg, Annette (2020). Urbane Differenzierungen. In Breckner, Ingrid; Göschel, Albrecht & Matthiesen, Ulf (Hrsg.), Stadtsoziologie und Stadtentwicklung. Handbuch für Wissenschaft und Praxis. S. 183-194. Nomos. Baden-Baden. Zugriff: http://dx.doi.org/10.5771/9783845276779-183 [zuletzt geprüft am: 11.09.2023]

Spellerberg, Annette; Haß, Hans-Joachim; Knieling, Jörg & Wiese von Ofen, Irene (Hrsg.) (2012). Demographischer Wandel: Migration, Internationalität und Integration. Empfehlung des Beirats für Raumentwicklung. TU Kaiserslautern. [Bericht]. Zugriff: http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.3655.5283 [zuletzt geprüft am: 11.09.2023].

Stadtverband Saarbrücken (Hrsg.) (2004). Landschaftsplan. Erläuterungen. Stadtverband Saarbrücken. [Landschaftsplan]. Zugriff: https://acrobat.adobe.com/link/review?uri=urn:aaid:scds:US:dbc7f22f-a018-38b9-9e2b-d4a0d016acf1 [zuletzt geprüft am: 17.10.2023].

Starr, Chauncey (1997). Sozialer Nutzen versus technisches Risiko. In Bechmann, Gotthard (Hrsg.), Risiko und Gesellschaft. Grundlagen und Ergebnisse interdisziplinärer Risikoforschung. 2. Auflage, S. 3-24. Westdeutscher Verlag. Opladen.

Steinführer, Annett & Kuhlicke, Christian (2007). Social vulnerability and the 2002 flood. Country Report Germany (Mulde River), FLOODsite report T11-07-08. FLOODsite Consortium. [Report]. Zugriff: http://www.floodsite.net/html/partner_area/project_docs/Task_11_M11.3_p44_final.pdf [zuletzt geprüft am: 05.01.2023].

Stock, Manfred; Kropp, Jürgen P.; Walkenhorst, Oliver (2009). Risiken, Vulnerabilität und Anpassungserfordernisse für klimaverletzliche Regionen. Raumforschung und Raumordnung, 67(2), S. 97-113. Springer-Verlag. Zugriff: https://doi.org/10.1007/BF03185699 [zuletzt geprüft am: 11.12.2023].

Susman, Paul; O’Keefe, Phil & Wisner, Ben (1983). Global disasters, radical interpretation. In Hewitt, Kenneth (Hrsg.), Interpretations of Calamity. From the Viewpoint of Human Ecology. 1. Auflage, S. 263-283. Allen & Unwin Inc. Boston.

Szöny, Michael; Roezer, Viktor; Deubelli, Teresa; Ulrich, Jonathan; MacClune, Karen; Laurien, Finn & Norton, Rachel (2022). PERC Ereignisanalyse Hochwasser “Bernd”. Zürich Insurance Company. [Bericht]. Zugriff: https://resources.mynewsdesk.com/image/upload/f_pdf,fl_attachment/izb8lrpt4by5chntdkef [zuletzt geprüft am: 06.11.2023].

Tapsell, Sue; McCarthy, Simon; Faulkner, Hazel; Alexander, Meghan; Steinführer, Annett; Kuhlicke, Christian; Brown, S.; Walker, Gordon; Pellizzoni, Luigi; Scolobig, Anna; De Marchi, Bruna; Bianchizza, Chiara; Supramaniam, Meera & Kallis, Giorgios (2010). Social vulnerability to natural hazards. Flood Hazard Research Centre (FHRC), Middlesex University. [Report]. Zugriff: https://www.academia.edu/44841570/Social_vulnerability_to_natural_hazards_Report_Number_WP4_Location_London_Deliverable_Number_D4_1 [zuletzt geprüft am: 19.03.2021].

Taubenböck, Hannes; Wurm, Michael; Klein, Igor & Esch, Thomas (2011). Verwundbarkeitsanalyse urbaner Räume: Ableitung von Indikatoren aus multisensoralen Fernerkundungsdaten. In Schrenk, Manfred; Popovich, Vasily & Zeile, Peter (Hrsg.), Proceedings REAL CORP 2011 Tagungsband, S. 1107-1118. Selbstverlag des Vereins CORP – Competence Center of Urban and Regional Planning. Essen. Zugriff: https://elib.dlr.de/69766/ [zuletzt geprüft am: 16.03.2021].

Thywissen, Katharina (2006). Components of Risk. A comparative Glossary. SOURCE, No. 2/2006. Unites Nations University. [Glossary]. Zugriff: http://collections.unu.edu/eserv/UNU:1869/pdf4042.pdf [zuletzt geprüft am: 08.06.2022].

Timmerman, Peter (1981). Vulnerability, Resilience and the Collapse of Society. Environmental Monograph No. 1. Institut for Environmental Studies, University of Toronto. Toronto. Zugriff: https://www.ilankelman.org/miscellany/Timmerman1981.pdf [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Tittor, Anne (2020). Umweltgerechtigkeit. PERIPHERIE – Politik, Ökonomie, Kultur, 40(3), S. 388-390. Verlag Barbara Budrich. Zugriff: https://doi.org/10.3224/peripherie.v40i3-4.09 [zuletzt geprüft am: 29.08.2023].

Tsouros, Agis D. (2015). Twenty-seven years of the WHO European Healthy Cities movement: a sustainable movement for change and innovation at the local level. Health Promotion International, 30(S1), i3-i7. Oxford University Press. Zugriff: http://dx.doi.org/10.1093/heapro/dav046 [zuletzt geprüft am: 04.10.2023].

Turner, Billie Lee; Kasperson, Roger E.; Matson, Pamela A.; McCarthy, James J.; Corell, Robert W.; Christensen, Lindsey; Eckley, Noelle; Kasperson, Jeanne X.; Luers, Amy; Martello, Marybeth L.; Polsky, Colin; Pulsipher, Alexander & Schiller, Andrew (2003). A framework for vulnerability analysis in sustainability science. PNAS, 100(14), S. 8074-8079. PNAS. Zugriff: http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1231335100 [zuletzt geprüft am: 05.01.2021].

Ulrich, Max (2023). Simulation der thermischen Belastung Tagsituation für Saarbrücken: Beschreibung von Vorgehensweise und Modell (Envi-MET_v5.0). Im Auftrag von AGL Saarbrücken, vertreten durch Herrn Sascha Saad. AGL. [Paper]. Zugriff: https://acrobat.adobe.com/link/review?uri=urn:aaid:scds:US:d28fcd4d-97cb-3c59-97a0-5ee6b7896f5f [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Umweltamt Stadtverband Saarbrücken (Hrsg.) (1994). Flächennutzungsplan 1993. Erläuterungsbericht zum Flächennutzungsplan für den Stadtverband Saarbrücken. Umweltamt Stadtverband Saarbrücken. [Flächennutzungsplan].

Umweltbundesamt (UBA) (Hrsg.) (2005). Klimawandel in Deutschland. Vulnerabilität und Anpassungsstrategien klimasensitiver Systeme. UBA. Zugriff: https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/klimawandel-in-deutschland-vulnerabilitaet [zuletzt geprüft am: 06.03.2021].

Umweltbundesamt (UBA) (Hrsg.) (2009). Umwelt, Gesundheit und soziale Lage. Studien zur sozialen Ungleichheit gesundheitsrelevanter Umweltbelastungen in Deutschland. UBA. Zugriff: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/4031/dokumente/umwelt_und_gesundheit_02_2009_web.pdf [zuletzt geprüft am: 18.09.2023].

Umweltbundesamt (UBA) (Hrsg.) (2011). Hochwasser: Verstehen, Erkennen, Handeln! UBA. Zugriff: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/uba_hochwasser_barrierefrei_new.pdf [zuletzt geprüft am: 06.01.2023].

Umweltbundesamt (UBA) (Hrsg.) (2013). Quantifizierung der Auswirkungen verschiedener Umweltbelastungen auf die Gesundheit der Menschen in Deutschland unter Berücksichtigung der bevölkerungsbezogenen Expositionsermittlung (Verteilungsbasierte Analyse gesundheitlicher Auswirkungen

von Umwelt-Stressoren, VegAS). Schriftenreihe Umwelt & Gesundheit 01/2013. UBA. Zugriff: https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/quantifizierung-der-auswirkungen-verschiedener [zuletzt geprüft am: 21.08.2023]

Umweltbundesamt (UBA) (Hrsg.) (2015a). Monitoringbericht 2015 zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel: Bericht der Interministeriellen Arbeitsgruppe Anpassungsstrategie der Bundesregierung. UBA. Zugriff: https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/monitoringbericht-2015 [zuletzt geprüft am: 26.05.2021].

Umweltbundesamt (UBA) (Hrsg.) (2015b). Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel. Climate Change 24/2015. UBA. Zugriff: https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/vulnerabilitaet-deutschlands-gegenueber-dem [zuletzt geprüft am: 14.01.2021].

Umweltbundesamt (UBA) (Hrsg.) (2015c). Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel. Kurzfassung. Climate Change 24/2015. UBA. Zugriff: https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/vulnerabilitaet-deutschlands-gegenueber-dem [zuletzt geprüft am: 14.01.2021].

Umweltbundesamt (UBA) (Hrsg.) (2015d). Umweltgerechtigkeit im städtischen Raum: Entwicklung von praxistauglichen Strategien und Maßnahmen zur Minderung sozial ungleich verteilter Umweltbelastungen. Umwelt & Gesundheit 01/2015. UBA. Zugriff: http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/umweltgerechtigkeit-im-staedtischen-raum [zuletzt geprüft am: 05.09.2023].

Umweltbundesamt (UBA) (Hrsg.) (2015e). Einfluss des Klimawandels auf die Biotropie des Wetters und die Gesundheit bzw. die Leistungsfähigkeit der Bevölkerung in Deutschland. Umwelt & Gesundheit 06/2015. UBA. Zugriff: https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/einfluss-des-klimawandels-auf-die-biotropie-des [zuletzt geprüft am:: 08.01.2024].

Umweltbundesamt (UBA) (Hrsg.) (2016). Praxishilfe: Klimaanpassung in der räumlichen Planung: Raum- und fachplanerische Handlungsoptionen zur Anpassung der Siedlungs- und Infrastrukturen an den Klimawandel. UBA. Zugriff: https://www.umweltbundesamt.de/en/publikationen/klimaanpassung-in-der-raeumlichen-planung [zuletzt geprüft am: 12.05.2021].

Umweltbundesamt (UBA) (Hrsg.) (2017a). Leitfaden für Klimawirkungs- und Vulnerabilitätsanalysen Empfehlungen der Interministeriellen Arbeitsgruppe Anpassung an den Klimawandel der Bundesregierung. UBA. Zugriff: https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/leitfaden-fur-klimawirkungs [zuletzt geprüft am: 25.09.2021].

Umweltbundesamt (UBA) (Hrsg.) (2017b). Nachhaltigkeit 2.0: Modernisierungsansätze zum Leitbild der nachhaltigen Entwicklung. Diskurs „Vulnerabilität und Resilienz“. UBA. Zugriff: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2017-11-02_texte_91-2017_nachhaltigkeit-2-0_diskurs-vulnerabilitaet.pdf [zuletzt geprüft am: 12.12.2023].

Umweltbundesamt (UBA) (Hrsg.) (2018). Möglichkeiten der verstärkten Nutzung von Synergien zwischen Umweltschutz und sozialer Gerechtigkeit in Programmen wie der „Sozialen Stadt“. Abschlussbericht. Texte 74/2018. UBA. Zugriff: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2018-09-14_texte_74-2018_soziale-stadt.pdf [zuletzt geprüft am: 15.12.2023].

Umweltbundesamt (UBA) (Hrsg.) (2019a). Monitoringbericht 2019 zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel: Bericht der Interministeriellen Arbeitsgruppe Anpassungsstrategie der Bundesregierung. UBA. Zugriff: https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/umweltbundesamt-2019-monitoringbericht-2019-zur [zuletzt geprüft am: 03.12.2021].

Umweltbundesamt (UBA) (Hrsg.) (2019b). Sozioökonomische Szenarien als Grundlage der Vulnerabilitätsanalysen für Deutschland. Teilbericht des Vorhabens „Politikinstrumente zur Klimaanpassung“. Climate Change 25/2019. UBA. Zugriff: https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/sozioooekonomische-szenarien-als-grundlage-der [zuletzt geprüft am: 08.06.2022].

Umweltbundesamt (UBA) (Hrsg.) (2019c). Umsetzung einer integrierten Strategie zu Umweltgerechtigkeit: Pilotprojekt in deutschen Kommunen. Abschlussbericht. UBA. Zugriff: https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/umsetzung-einer-integrierten-strategie-zu [zuletzt geprüft am: 18.09.2023].

Umweltbundesamt (UBA) (Hrsg.) (2019d). Wohnen und Sanieren: Empirische Wohngebäudedaten seit 2002. Hintergrundbericht. Climate Change 22/2019. UBA. Zugriff: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-05-23_cc_22-2019_wohnenundsanieren_hintergrundbericht.pdf [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Umweltbundesamt (UBA) (Hrsg.) (2021a). Klimawirkungs- und Risikoanalyse 2021 für Deutschland. Climate Change 26/2021. UBA. Zugriff: https://adelphi.de/system/files/mediathek/bilder/KWRA2021_Teilbericht_Zusammenfassung_bf_210608.pdf [zuletzt geprüft am: 13.08.2021].

Umweltbundesamt (UBA) (Hrsg.) (2021b). Rücknahme von Siedlungsbereichen als Anpassungsstrategie: Praxishilfe zur Anpassung von Siedlungsstrukturen an den Klima- und demografischen Wandel. UBA. Zugriff: https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/ruecknahme-von-siedlungsbereichen-als [zuletzt geprüft am: 11.03.2021].

Umweltbundesamt (UBA) (Hrsg.) (2022a). Umweltgerechtigkeit stärker verankern: Handlungsempfehlungen für Bund und Länder. Umwelt und Gesundheit 02/2022. UBA. Zugriff: https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/umweltgerechtigkeit-staerken-verankern [zuletzt geprüft am: 16.08.2023].

Umweltbundesamt (UBA) (Hrsg.) (2022b). Mehr Umweltgerechtigkeit: gute Praxis auf kommunaler Ebene. UBA. Zugriff: https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/mehr-umweltgerechtigkeit-gute-praxis-auf-kommunaler-0 [zuletzt geprüft am: 05.09.2023].

Umweltbundesamt (UBA) (Hrsg.) (2022c). Gemeinsam planen für eine gesunde Stadt: Empfehlungen für die Praxis. UBA. Zugriff: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/uba_gemeinsamplanen_0.pdf [zuletzt geprüft am: 04.10.2023].

United Nations (UN) (Hrsg.) (1987). Our Common Future. Brundtland-Report. UN. Zugriff: https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf [zuletzt geprüft am: 12.12.2023].

United Nations (UN) (Hrsg.) (1992a). Agenda 21. UN. Zugriff: https://sustainabledevelopment.un.org/outcomedocuments/agenda21 [zuletzt geprüft am: 06.04.2023].

United Nations (UN) (Hrsg.) (1992b). Rio-Erklärung über Umwelt und Entwicklung. UN. Zugriff: https://www.un.org/depts/german/conf/agenda21/rio.pdf [zuletzt geprüft am: 05.09.2023].

United Nations (UN) (Hrsg.) (1998). Kyoto protocol to the united nations framework convention on climate change. UN. Zugriff: https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf (zuletzt geprüft am: 05.12.2023].

United Nations (UN) (Hrsg.) (2002). Living with Risk. A global review of disaster reduction initiatives. UN. Zugriff: https://www.humanitarianlibrary.org/sites/default/files/2014/02/ISDR_LivingWithRisk.pdf [zuletzt geprüft am: 10.03.2022].

United Nations (UN) (Hrsg.) (2015a). Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development, A/RES/70/1. UN. Zugriff: https://www.un.org/en/development/desa/population/migration/generalassembly/docs/globalcompact/A_RES_70_1_E.pdf [zuletzt geprüft am: 10.01.2023].

United Nations (UN) (Hrsg.) (2015b). Paris agreement. UN. Zugriff: https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf [zuletzt geprüft am: 05.12.2023].

United Nations (UN) (Hrsg.) (2016). Neue Urbane Agenda. United Nations Conference on Housing and Sustainable Urban Development. HABITAT III. UN. Zugriff: https://www.un.org/depts/german/gv-71/band1/ar71256.pdf [zuletzt geprüft am: 10.05.2023].

United Nations (UN) (Hrsg.) (2021). Ziele für nachhaltige Entwicklung. Bericht 2021. UN. Zugriff: https://www.un.org/depts/german/millennium/SDG%20Bericht%202021.pdf [zuletzt geprüft am: 05.09.2023].

United Nations Department of Humanitarian Affairs (UNDHA) (Hrsg.) (1992). Internationally agreed glossary of basic terms related to Disaster Management. UNDHA. Zugriff: https://digitallibrary.un.org/record/793886 [zuletzt geprüft am: 18.01.2023].

United Nations Inter-Agency Secretariat of the International Strategy for Disaster Reduction (UN/ISDR) (Hrsg.) (2004). Living with Risk. A global review of disaster reduction initiatives. 2004 Version. Volume I. UN/ISDR. Zugriff: https://www.undrr.org/quick/10883 [zuletzt geprüft am: 23.04.2023].

United Nations Inter-Agency Secretariat of the International Strategy for Disaster Reduction (UN/ISDR) (Hrsg.) (2005). Hyogo Framework for Action 2005-2015. Building the Resilience of Nations and Communities to Disasters. World Conference on Disaster Reduction 18-22 January 2005, Kobe, Hyogo, Japan. UN/ISDR. Zugriff: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.unisdr.org/2005/wcdr/intergover/official-doc/L-docs/Hyogo-framework-for-action-english.pdf [zuletzt geprüft am: 08.06.2022].

United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR) (Hrsg.) (2009). UNISDR Terminology on Disaster Risk Reduction. UNISDR. Zugriff: https://www.preventionweb.net/files/7817_UNISDRTerminologyEnglish.pdf [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR) (Hrsg.) (2015). Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030. UNDRR. Zugriff: https://www.undrr.org/publication/sendai-framework-disaster-risk-reduction-2015-2030 [zuletzt geprüft am: 10.01.2023].

United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR) (Hrsg.) (2019). Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction (GAR 2019). UNDRR. Zugriff: https://www.undrr.org/quick/11702 [zuletzt geprüft am: 30.12.2022].

UVP-Gesellschaft e.V., AG Menschliche Gesundheit (Hrsg.) (2020). Leitlinien: Schutzgut Menschliche Gesundheit. 2. Auflage. UVP-Gesellschaft e.V. (Selbstverlag). Paderborn. Zugriff: https://www.uvp.de/_openaccess/leitlinien/LL_SG_Mensch_2020.pdf [zuletzt geprüft am: 18.09.2023].

Villágran de León, Juan Carlos (2006). Vulnerability: A Conceptual and Methodological Review. SOURCE, No. 4/2006. United Nations University. [Review]. Zugriff: https://collections.unu.edu/eserv/unu:1871/pdf3904.pdf [zuletzt geprüft am: 08.06.2022].

Villordon, Mae & Gourbesville, Philippe (2014). Vulnerability Index For Urban Flooding: Understanding Social Vulnerabilities And Risks. International Conference on Hydroinformatics. [Präsentation]. Zugriff: https://academicworks.cuny.edu/cc_conf_hic/366 [zuletzt geprüft am: 21.01.2021].

Violan, Conceptió; Foguet-Boreu, Quintí; Flores-Mateo, Gemma; Salisbury, Chris; Blom, Jeanet; Freitag, Michael; Glynn, Liam; Muth, Christiane & Valderas, Jose M. (2014). Prevalence, Determinants and Patterns of Multimorbidity in Primary Care: A Systematic Review of Observational Studies. PlOS ONE, 9(7), Artikel e102149. PLOS. Zugriff: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0102149 [zuletzt geprüft am: 24.10.2023].

Vogt, Markus (2015). Zauberwort Resilienz. Einführung zur Tagung „Zauberwort Resilienz. Was stärkt in Zeiten radikalen Wandels?“. Tutzing 27.02.-01.03.2015. LS Christliche Sozialethik an der LMU. [Paper].

Voigtländer, Sven; Mielck, Andreas & Razum, Oliver (2012). Die Bedeutung des kleinräumigen Kontexts für Gesundheit: Entwurf eines Erklärungsmodells. Gesundheitswesen, 74(11), S. 702-709. Georg Thieme Verlag KG. Zugriff: https://doi.org/10.1055/s-0031-1285863 [zuletzt geprüft am: 04.10.2023].

von Elverfeldt, Kirsten; Glade, Thomas & Dikau, Richard (2008). Naturwissenschaftliche Gefahren- und Risikoanalyse. In Felgentreff, Carsten & Glade, Thomas (Hrsg.), Naturrisiken und Sozialkatastrophen. 1. Auflage, S. 31-46. Spektrum Akademischer Verlag. Heidelberg.

von Gleich, Arnim; Gößling-Reisemann, Stefan; Stührmann, Sönke; Woizeschke, Peer & Lutz-Kunisch, Birgitt (2010). Resilienz als Leitkonzept – Vulnerabilität als analytische Kategorie. In Fichter, Klaus; von Gleich, Arnim; Pfriem, Reinhard & Siebenhüner, Bernd (Hrsg.), Theoretische Grundlagen für erfolgreiche Klimaanpassungsstrategien, S. 13-49. Projektkonsortium nordwest2050. Delmenhorst. Zugriff: https://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:kobv:109-opus-109407 [zuletzt geprüft am: 12.12.2021].

von Wichert, Peter (2014). Hitzewellen und thermophysiologische Effekte bei geschwächten bzw. vorgeschädigten Personen. In Lozán, José L.; Grassl, Hartmut; Karbe, Ludwig & Jendritzky, Gerd (Hrsg.), Warnsignal Klima: Gefahren für Pflanzen, Tiere und Menschen. 2. Auflage. Elektronische Veröffentlichung (Kap. 3.1.11). Zugriff: www.klima-warnsignale.uni-hamburg.de [zuletzt geprüft am: 08.01.2024].

Voss, Martin (2008). The vulnerable can’t speak: An integrative vulnerability approach to disaster and climate change research. Behemoth, 1(3), S. 38-56. Akademie Verlag. Zugriff: https://www.researchgate.net/publication/49619313_The_vulnerable_can%27t_speak_An_integrative_vulnerability_approach_to_disaster_and_climate_change_research [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Voss, Martin; Dittmer, Cordula & Reiter, Jessica (2018). Transdisziplinäre Integrative Vulnerabilitäts- und Resilienzbewertung (TIV): Theoretische und Methodologische Grundlagen. KFS Working Paper, Nr. 5. Freie Universität Berlin. [Paper]. Zugriff: http://dx.doi.org/10.17169/FUDOCS_document_000000027714 [zuletzt geprüft am: 22.03.2020].

Walikewitz, Nadine (2017). Urban Climate and Heat Stress Hazards: an Indoor Perspective [Dissertation]. Humboldt-Universität zu Berlin. Zugriff: https://doi.org/10.18452/18765 [zuletzt geprüft am: 17.10.2023].

Walker, Brian; Holling, Crawford Stanley; Carpenter, Stephen R. & Kinzig, Ann (2004). Resilience, adaptability and transformability in social–ecological systems. Ecology and Society, 9(2), Artikel 5. The Resilience Alliance. Zugriff: https://ecologyandsociety.org/vol9/iss2/ [zuletzt geprüft am: 24.05.2023].

Walker, Brian & Salt, David (2006). Resilience Thinking: Sustaining Ecosystems and People in a Changing World. Island Press. Washington/Covelo/London. Zugriff: https://faculty.washington.edu/stevehar/Resilience%20thinking.pdf [zuletzt geprüft am: 20.11.2023].

Watts, Michael J. & Bohle, Hans-Georg (1993). The space of vulnerability: the causal structure of hunger and famine. Progress in Human Geography, 17(1), S. 43-67. SAGE Publications. Zugriff: http://dx.doi.org/10.1177/030913259301700103 [zuletzt geprüft am: 08.08.2022].

Weichselgartner, Juergen (2001). Disaster mitigation: the concept of vulnerability revisited. Disaster Prevention and Management, 10(2), S. 85-94. Emerald Publishing. Zugriff: http://dx.doi.org/10.1108/09653560110388609 [zuletzt geprüft am: 08.06.2022].

Weichselgartner, Juergen (2002). Naturgefahren als soziale Konstruktion: Eine geographische Beobachtung der gesellschaftlichen Auseinandersetzung mit Naturrisiken. Shaker Verlag. Aachen. Zugriff: https://www.researchgate.net/publication/35481208_Naturgefahren_als_soziale_Konstruktion_eine_geographische_Beobachtung_der_gesellschaftlichen_Auseinandersetzung_mit_Naturrisiken [zuletzt geprüft am: 31.05.2023].

Weichselgartner, Juergen (2016). Verwundbarkeit als Konzept in Wissenschaft und Praxis. In Fekete, Alexander & Hufschmidt, Gabriele (Hrsg.), ATLAS Verwundbarkeit und Resilienz – Pilotausgabe zu Deutschland, Österreich, Liechtenstein und Schweiz, S. 18-21. TH Köln & Universität Bonn. Köln/Bonn. https://atlasvr.web.th-koeln.de/wp-content/uploads/2015/05/Atlas_VR_Oktober2016.pdf [zuletzt geprüft am: 06.07.2020].

Weis, Manuel; Siedentop, Stefan & Minnich, Lukas (2011). Vulnerabilitätsbericht der Region Stuttgart. Verband Region Stuttgart. [Bericht]. Zugriff: https://www.ireus.uni-stuttgart.de/forschung/publikationen/Vulnerabilitaetsbericht_Region_Stuttgart_Endfassung_Juni_2011_1.pdf [zuletzt geprüft am: 12.05.2021].

Wende, Wolfgang (2018). Umweltprüfung. In Akademie für Raumforschung und Landesplanung (ARL) (Hrsg.), Handwörterbuch der Stadt- und Raumentwicklung, S. 2711-2722. Verlag der ARL. Hannover. Zugriff: https://www.arl-net.de/system/files/media-shop/pdf/HWB%202018/Umweltpr%C3%BCfung.pdf [zuletzt geprüft am: 28.08.2023].

Wenzel, Bettina (2016). Existenzsicherung und Riskmanagement im ländlichen Raum Nordkirgistans: Eine multidimensionale geographische Analyse [Dissertation]. Freie Universität Berlin. Zugriff: http://dx.doi.org/10.17169/refubium-15092 [zuletzt geprüft am: 14.08.2020].

Wernig, Roland; Birkmann, Jörn & Rumberg, Martin (2011). Normatives. In Pohl, Jürgen & Zehetmair, Swen (Hrsg.), Risikomanagement als Handlungsfeld in der Raumplanung, S. 81-92. Verlag der ARL. Hannover. Zugriff: https://www.arl-net.de/system/files/media-shop/pdf/am_357.pdf [zuletzt geprüft am: 24.10.2023].

Wiechmann, Thorsten (2008). Planung und Adaption: Strategieentwicklung in Regionen, Organisation und Netzwerken. Verlag Dorothea Rohn. Dortmund.

Winklmayr, Claudia & an der Heiden, Matthias (2022). Hitzebedingte Mortalität in Deutschland 2022. Epidemiologisches Bulletin, 42, S. 3-9. RKI. Zugriff: https://doi.org/10.25646/10695.3 [zuletzt geprüft am: 15.12.2023].

Winklmayr, Claudia; Matthies-Wiesler, Franziska; Muthers, Stefan; Buchien, Sebastian; Kuch, Bernhard; an der Heiden, Matthias & Mücke, Hans-Guido (2023). Hitze in Deutschland: Gesundheitliche Risiken und Maßnahmen zur Prävention. Journal of Health Monitoring, 8(S4), S. 3-34. RKI. Zugriff: https://doi.org/10.25646/11645 [zuletzt geprüft am: 17.10.2023].

Wisner, Ben; Blaikie, Piers; Cannon, Terry & Davis, Ian (2003). At Risk: Natural hazards, people's vulnerability and disasters. 2. Auflage. Routledge. o. O. Zugriff: https://www.researchgate.net/publication/245532449_At_Risk_Natural_Hazards [zuletzt geprüft am: 09.03.2022].

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) (Hrsg.) (2016). Der Umzug der Menschheit: Die transformative Kraft der Städte. Hauptgutachten. WBGU. Zugriff: https://www.wbgu.de/fileadmin/user_upload/wbgu/publikationen/hauptgutachten/hg2016/pdf/wbgu_hg2016.pdf [zuletzt geprüft am: 05.09.2023].

Wohlfahrt, Norbert & Zühlke, Werner (1994). Weiterentwicklung der Stadtentwicklungspolitik unter dem Leitbild Gesunde Stadt: Ergebnisse einer empirischen Untersuchung in Nordrhein-Westfalen. In Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung des Landes Nordrhein-Westfalen (ILS) (Hrsg.), Stadtentwicklung unter dem Leitbild Gesunde Stadt: ILS-Schriften 82. 1. Auflage, S. 7-28. ILS. Dortmund. Zugriff: https://acrobat.adobe.com/link/review?uri=urn:aaid:scds:US:2253457d-7994-35b0-98f0-35168e31ca2d [zuletzt geprüft am: 04.10.2023].

Word Health Organisation (WHO) (Hrsg.) (1978). Erklärung von Alma-Ata. WHO, Regionalbüro für Europa. WHO. Zugriff: https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/347881/WHO-EURO-1978-3938-43697-61472-ger.pdf [zuletzt geprüft am: 04.10.2023].

World Health Organisation (WHO) (Hrsg.) (1986). Ottawa-Charta zur Gesundheitsförderung. Ottawa. WHO. Zugriff: https://iris.who.int/handle/10665/349654 [zuletzt geprüft am: 04.10.2023].

World Health Organisation (WHO) (Hrsg.) (1989). Europäische Charta zu Umwelt und Gesundheit. WHO, Regionalbüro für Europa. Zugriff: https://iris.who.int/handle/10665/347392 [zuletzt geprüft am: 04.10.2023].

World Health Organisation (WHO) (Hrsg.) (2004). Soziale Determinanten von Gesundheit: Die Fakten. Zweite Ausgabe. WHO, Regionalbüro für Europa. Zugriff: https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/328106/9789289033701-ger.pdf [zuletzt geprüft am: 04.10.2023].

World Health Organisation (WHO) (Hrsg.) (2012). Addressing the social determinants of health: the urban dimension and the role of local government. WHO, Regionalbüro für Europa. Zugriff: https://iris.who.int/handle/10665/130067 [zuletzt geprüft am: 04.10.2023].

World Health Organisation (WHO) (Hrsg.) (2014). Health in All Policies (HiAP): Framework for Country Action. WHO. Zugriff: https://www.afro.who.int/sites/default/files/2017-06/140120HPRHiAPFramework.pdf [zuletzt geprüft am: 04.10.2023].

World Health Organisation (WHO) (Hrsg.) (2016). Urban green spaces and health. A review of evidence. WHO, Regionalbüro für Europa. Zugriff: https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/345751/WHO-EURO-2016-3352-43111-60341-eng.pdf [zuletzt geprüft am: 04.10.2023].

World Health Organisation (WHO) (Hrsg.) (2017). Überschwemmungen: Beherrschung von Gesundheitsrisiken in den Mitgliedstaaten der europäischen Region der WHO. WHO, Regionalbüro für Europa. Zugriff: https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/329520/9789289053006-ger.pdf? [zuletzt geprüft am: 06.11.2023].

World Health Organisation (WHO); Division of Health Promotion, Education and Communications (HPR) & Health Education and Health Promotion Unit (HEP) (Hrsg.) (1998). Health Promotion Glossary. WHO. Zugriff: https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/64546/WHO_HPR_HEP_98.1.pdf [zuletzt geprüft am: 04.10.2023].

Wüstemann, Herny; Kolbe, Jens & Krekel, Christian (2016). Gesundheitswirkung städtischer Grünräume: eine empirische Analyse. Natur und Landcshaft, 91(1), S. 31-37. W. Kohlhammer. Zugriff: https://acrobat.adobe.com/link/review?uri=urn:aaid:scds:US:daff4f41-2ac6-3148-a892-30ffa0132478 [zuletzt geprüft am: 04.10.2023].

Yin, Robert K. (2003). Case Study Research: Design and Methods. Applied social research methods series. Volume 5. SAGE Publications, Inc.. Thousand Oaks. London/New Delhi.

Zare, Sajad; Hasheminejad, Naser; Shirvan, Hossein Elahi; Hemmatjo; Sarebanzadeh, Keyvan & Ahmadi, Saeid (2018). Comparing Universal Thermal Climate Index (UTCI) with selected thermal indices/environmental parameters during 12 months of the year. Weather and Climate Extremes, 19, S. 49-57. Elsevier. Zugriff: https://doi.org/10.1016/j.wace.2018.01.004 [zuletzt geprüft am: 18.10.2023].

Zehetmair, Swen (2012). Societal Aspects of Vulnerability to Natural Hazards. Raumforschung und Raumordnung, 70(4), S. 273-284. Springer-Verlag. Zugriff: https://doi.org/10.1007/s13147-012-0166-y [zuletzt geprüft am: 15.12.2023].

Zehner, Klaus (2004). Die Sozialraumanalyse in der Krise? Denkanstöße für eine Modernisierung der sozialgeographischen Stadtforschung. Erdkunde, 58(1), S. 53-61. Zugriff: https://acrobat.adobe.com/id/urn:aaid:sc:EU:b68b19ec-d9b9-4bd3-9171-09d62179dc66 [zuletzt geprüft am: 15.12.2023].

Zwick, Michael M. & Renn, Ortwin (2008). Risikokonzepte jenseits von Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadenserwartung. In Felgentreff, Carsten & Glade, Thomas (Hrsg.), Naturrisiken und Sozialkatastrophen. 1. Auflage, S. 77-97. Spektrum Akademischer Verlag. Heidelberg.

Websites

Bertelsmann Stiftung (Hrsg.) (2021). Leistungen SGB III. Zugriff: https://www.bertelsmann-stiftung.de/de/themen/aktuelle-meldungen/2021/juli/armutsrisiko-von-alleinerziehenden-verharrt-auf-hohem-niveau [zuletzt geprüft am: 10.10.2023].

Bundesagentur für Arbeit (Hrsg.) (2023). Leistungen SGB III. Zugriff: https://statistik.arbeitsagentur.de/DE/Navigation/Statistiken/Fachstatistiken/Leistungen-SGBIII/Leistungen-SGBIII-Nav.html [zuletzt geprüft am: 10.12.2023].

Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (Hrsg.) (2023a). Historischer Rückblick. Zugriff: https://www.bbk.bund.de/DE/Das-BBK/Historischer-Rueckblick/historischer-rueckblick_node.html#vt-sprg-6 [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (Hrsg.) (2023b). KRITIS-Gefahren. Zugriff: https://www.bbk.bund.de/DE/Themen/Kritische-Infrastrukturen/KRITIS-Gefahrenlagen/kritis-gefahrenlagen_node.html [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (Hrsg.) (2023a). KlimaMORO. Zugriff: https://www.klimastadtraum.de/DE/Forschungsfelder/KlimaMORO/klimamoro.html [zuletzt geprüft am: 10.01.2023].

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (Hrsg.) (2023b). StadtKlimaExWoSt. Zugriff: https://www.klimastadtraum.de/DE/Forschungsfelder/KlimaExWoSt/klimaexwost_node.html [zuletzt geprüft am: 10.01.2023].

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) (Hrsg.) (2023). Über 300 Jahre forstliche Nachhaltigkeit. Zugriff: https://www.bmel.de/DE/themen/wald/wald-in-deutschland/carlowitz-jahr.html [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend (BMFSFJ) (Hrsg.) (2023). Allein- und Getrennterziehende fördern und unterstützen. Zugriff: https://www.bmfsfj.de/bmfsfj/themen/familie/chancen-und-teilhabe-fuer-familien/alleinerziehende#:~:text=In%20Deutschland%20gibt%20es%20mehr,ihren%20Kindern%20im%20Haushalt%20leben [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) (Hrsg.) (2024). Das Klimaanpassungsgesetz (KAnG). Ein Rahmen für die Vorsorge gegen die Klimakrise. Zugriff: https://www.bmuv.de/themen/klimaanpassung/das-klimaanpassungsgesetz-kang [zuletzt geprüft am: 6.04.2024].

Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) (Hrsg.) (2023). UN-Konferenz für Umwelt und Entwicklung (Rio-Konferenz 1992). Zugriff: https://www.bmz.de/de/service/lexikon/un-konferenz-fuer-umwelt-und-entwicklung-rio-konferenz-1992-22238 [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB) (Hrsg.) (2021a). Stadtumbau. Zugriff: https://www.staedtebaufoerderung.info/DE/ProgrammeVor2020/Stadtumbau/stadtumbau_node.html [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB) (Hrsg.) (2021b). Wachstum und nachhaltige Erneuerung. Zugriff: https://www.staedtebaufoerderung.info/DE/Programme/WachstumNachhaltigeErneuerung/wachstumnachhaltigeerneuerung_node.html [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB) (Hrsg.) (2021c). Soziale Stadt. Zugriff: https://www.staedtebaufoerderung.info/DE/ProgrammeVor2020/SozialeStadt/sozialestadt_node.html [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB) (Hrsg.) (2021d). Sozialer Zusammenhalt. Zugriff: https://www.staedtebaufoerderung.info/DE/Programme/SozialerZusammenhalt/sozialerzusammenhalt_node.html [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Bundeszentrale für politische Bildung (bpb) (Hrsg.) (2020). Einkommensgruppen. Zugriff: https://www.bpb.de/kurz-knapp/zahlen-und-fakten/soziale-situation-in-deutschland/61763/einkommensgruppen/ [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Destatis (Hrsg.) (2023a). Migrationshintergrund. Zugriff: https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Migration-Integration/Glossar/migrationshintergrund.html [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Destatis (Hrsg.) (2023b). Arbeitslose. Zugriff: https://www.destatis.de/DE/Themen/Arbeit/Arbeitsmarkt/Glossar/arbeitslose.html [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Destatis (Hrsg.) (2023c). Soziale Mindestsicherung. Zugriff: https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Soziales/Mindestsicherung/aktuell-mindestsicherung.html [zuletzt geprüft am: 11.12.2023].

Destatis (Hrsg.) (2023d). 15. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung: Annahmen und Ergebnisse. Zugriff: https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Bevoelkerungsvorausberechnung/begleitheft.html [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Destatis (Hrsg.) (2023e). Bevölkerung Deutschlands im Jahr 2022 um 1,3 % gewachsen. Zugriff: https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2023/06/PD23_235_12411.html [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Destatis (Hrsg.) (2023f). Haushalte und Haushaltsmitglieder. Zugriff: https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Haushalte-Familien/Tabellen/1-1-privathaushalte-haushaltsmitglieder.html [abgerufen am: 30.10.2023].

Destatis (Hrsg.) (2023g). Daten zur Entwicklung der Zahl der Privathaushalte nach Haushaltsgröße für die Jahre 2015 bis 2035. Zugriff: https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Haushalte-Familien/Tabellen/vorausberechnung-haushalte.html [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Destatis (Hrsg.) (2023h). Pflegevorausberechnung: 1,8 Millionen mehr Pflegebedürftige bis zum Jahr 2055 zu erwarten. Zugriff: https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2023/03/PD23_124_12.html [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Deutscher Wetterdienst (DWD) (Hrsg.) (2017). Markante Hitzewellen seit 1950. Zugriff: https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/aktuelles/170619_markante_hitzewellen.html [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Deutscher Wetterdienst (DWD) (Hrsg.) (2023a). Windkarten zur mittleren Windgeschwindigkeit. Zugriff: https://www.dwd.de/DE/leistungen/windkarten/deutschland_und_bundeslaender.html [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Deutscher Wetterdienst (DWD) (Hrsg.) (2023b). Bodenfeuchteviewer. Zugriff: https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klima-webdienste/bodenfeuchteviewer_node.html [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Deutscher Wetterdienst (DWD) (Hrsg.) (2023c). Klimawandel: ein Überblick. Zugriff: https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimawandel/ueberblick/ueberblick_node.html [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Deutscher Wetterdienst (DWD) (Hrsg.) (2023d). Wetter- und Klimalexikon. Zugriff: https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/lexikon_node.html [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Deutscher Wetterdienst (DWD) (Hrsg.) (2023e). Stadtklima: die städtische Wärmeinsel. Zugriff: https://www.dwd.de/DE/forschung/klima_umwelt/klimawirk/stadtpl/projekt_warmeinseln/projekt_waermeinseln_node.html [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Deutscher Wetterdienst (DWD) (Hrsg.) (2023f). Messung des Stadtklimas. Zugriff: https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaforschung/klimawirk/stadtpl/messung_stadtklima/messung_stadtklima_node.html [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Deutscher Wetterdienst (DWD) (Hrsg.) (2023g). Stadtklimamodell MUKLIMO_3 (Thermodynamikversion). Zugriff: https://www.dwd.de/DE/leistungen/muklimo_thermodynamik/muklimo_thermo.html [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Deutscher Wetterdienst (DWD) (Hrsg.) (2023h). Hitzewarnung. Zugriff: https://www.dwd.de/DE/leistungen/hitzewarnung/hitzewarnung.html [abgerufen am: 30.10.2023].

Deutscher Wetterdienst (DWD) (Hrsg.) (2023i). Warnkriterien. Zugriff: https://www.dwd.de/DE/wetter/warnungen_aktuell/kriterien/warnkriterien.html [abgerufen am: 06.11.2023].

Deutscher Wetterdienst (DWD) (Hrsg.) (2023j). KOSTRA-DWD. Zugriff: https://geoportal.saarland.de / article/Download_Wasser/ [zuletzt geprüft am: 13.11.2023].

Deutsches Institut für Urbanistik (Difu) (Hrsg.) (2023a). Begriff: Umweltgerechtigkeit, was ist das? Zugriff: https://toolbox-umweltgerechtigkeit.de/begriff [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Deutsches Institut für Urbanistik (Difu) (Hrsg.) (2023b). Arbeitsgruppe gesundheitsfördernde Gemeinde- und Stadtentwicklung. Zugriff: https://difu.de/arbeitsgruppe-gesundheitsfoerdernde-gemeinde-und-stadtentwicklung [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Die Großregion (Hrsg.) (2023). Die Großregion in Zahlen. Zugriff: https://www.grossregion.net/Die-Grossregion-kompakt/Die-Grossregion-in-Zahlen [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

ENVI-met GmbH (Hrsg.) (2023). ENVI-met: Auf dem Weg zu einer nachhaltigen Stadtentwicklung und Architektur der Zukunft. Zugriff: https://www.envi-met.com/de/ [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Eurodistrict SaarMoselle (Hrsg.) (2023). Eurodistrics SaarMoselle: Europäischer Verbund für territoriale Zusammenarbeit. Zugriff: https://www.saarmoselle.org/de/ [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP) (Hrsg.) (2023). Stadtklimasimulation PALM-4U. Zugriff: https://www.ibp.fraunhofer.de/de/kompetenzen/hygrothermik/aktuelle-forschungsthemen/klimawandelanpassungsmassnahmen-mit-palm4u.html [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Fraunhofer-Institut für intelligente Analyse- und Informationssysteme (Fraunhofer IAIS) (Hrsg.) (2023). Fraunhofer IAIS vs. Corona: Projekte CorASiV & COPERIMOPlus. Zugriff: https://www.iais.fraunhofer.de/de/geschaeftsfelder/healthcare-analytics/fraunhofer-projekte-corasiv-und-coperimoplus.html [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Gesamtverband der Versicherer (GDV) (Hrsg.) (2021). Juli-Flut: Rekordzahl an Großschäden. Zugriff: https://www.gdv.de/gdv/medien/medieninformationen/juli-flut-rekordzahl-an-grossschaeden-70506 [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Gesamtverband der Versicherer (GDV) (Hrsg.) (2024). Dossier: Naturgefahren. Zugriff: https://www.gdv.de/gdv/themen/klima/naturgefahren#:~:text=Der%20aktuelle%20IPCC%2DSachstandsbericht%20sagt,f%C3%BCr%20Naturgefahren%20ihrer%20Geschichte%20verzeichnet. [zuletzt geprüft am: 06.04.2024].

Gesunde Städte-Netzwerk (Hrsg.) (2023). Über uns. Zugriff: https://gesunde-staedte-netzwerk.de/das-netzwerk/ueber-uns/ [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Institut Wohnen und Umwelt (IWU) (Hrsg.) (2022). Gebäudetypologie und Daten zum Gebäudebestand. Zugriff: https://www.iwu.de/publikationen/fachinformationen/gebaeudetypologie/ [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Klima-Anpassung, Hochwasser und Resilienz (KAHR) (Hrsg.) (2022). 10 Empfehlungen aus Sicht der Wissenschaft zum Thema Wiederaufbau und Zukunftsfähigkeit der flutbetroffenen Regionen. Zugriff: https://hochwasser-kahr.de/index.php/de/neuigkeiten/10-empfehlungen [zuletzt geprüft am: 06.11.2023].

Klima-Anpassung, Hochwasser und Resilienz (KAHR) (Hrsg.) (2023). Über KAHR. Zugriff: https://www.hochwasser-kahr.de/index.php/de/ueber-kahr [zuletzt geprüft am: 06.04.2024].

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) (Hrsg.) (2023). Klimaanpassung in NRW. Zugriff: https://www.lanuv.nrw.de/klima/klimaanpassung-in-nrw [zuletzt geprüft am: 10.01.2023].

Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW) (Hrsg.) (2023). Förderprogramm KLIMOPASS. Zugriff: https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/klimawandel-und-anpassung/klimopass [zuletzt geprüft am: 10.01.2023].

Landesamt für Vermessung, Geoinformation und Landentwicklung (LVGL) (Hrsg.) (2023). Download der Geofachdaten. Zugriff: https://geoportal.saarland.de/article/Download_Wasser/ [zuletzt geprüft am: 13.11.2023].

Langenscheidt (Hrsg.) (2023). Latein-Deutsch Übersetzung für „vulnerare“. Zugriff: https://de.langenscheidt.com/latein-deutsch/vulnerare [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

microm (Hrsg.) (2022). Strategische Zielgruppenmodelle, Konsumentendaten, Lage- und Standortdaten. Zugriff: https://www.microm.de/daten [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

National Centre for Climate Services (NCCS) (Hrsg.) (2019). Was sind Emissionsszenarien? Zugriff: https://www.nccs.admin.ch/nccs/de/home/klimawandel-und-auswirkungen/grundlagen-zum-klima/was-sind-emissionsszenarien-.html [zuletzt geprüft am: 20.11.2023].

Regionalverband Saarbrücken (Hrsg.) (2023a). Planwerke der Flächennutzungsplanung. Zugriff: https://www.regionalverband-saarbruecken.de/bauen-und-planen/planwerke [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Regionalverband Saarbrücken (Hrsg.) (2023b). Wir über uns. Zugriff: https://www.regionalverband-saarbruecken.de/verwaltung-politik/regionalverband/wir-ueber-uns [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Resilience Alliance (2023). Background. Zugriff: https://www.resalliance.org/background [zuletzt geprüft am: 11.12.2023].

Saarbrücken (Hrsg.) (2023). Wirtschaftliche Kennzahlen. Zugriff: https://www.saarbruecken.de/wirtschaft/wirtschaftsstandort/statistik_zahlen_und_fakten/wirtschaftliche_kennzahlen [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Umweltbundesamt (UBA) (Hrsg.) (2023a). Metadaten Smartfinder. Zugriff: https://metadaten.uba.de/smartfinder-client/?lang=de#/search?filter=%7B%22keyword_facet%22%3A%5B%22Open%20Data%22,%22INSPIRE%20identifiziert%22%5D%7D&term=&sortAttribute=modified&sortDesc=1&core= [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Umweltbundesamt (UBA) (Hrsg.) (2023b). Trends der Lufttemperatur. Zugriff: https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/trends-der-lufttemperatur#2022-zusammen-mit-2018-das-bisher-warmste-jahr-in-deutschland [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

UN-Habitat (Hrsg.) (2023). Resilience and risk reduction. Zugriff: https://unhabitat.org/topic/resilience-and-risk-reduction [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR) (Hrsg.) (2023a). The last 60 years: Achievements in DRR by the UN General Assembly. Zugriff: https://www.undrr.org/terminology/exposure [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR) (Hrsg.) (2023b). Exposure. Zugriff: https://www.undrr.org/about-undrr/history [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Wegweiser Kommune (Hrsg.) (2023a). Bevölkerungsentwicklung – Bevölkerungsprognose Saarbrücken. Zugriff: https://www.wegweiser-kommune.de/daten/bevoelkerungsentwicklung+saarbruecken+2020-2040+tabelle [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

Wegweiser Kommune (Hrsg.) (2023b). Altersstrukturgrafik: Ist-Daten Saarbrücken. Zugriff: https://www.wegweiser-kommune.de/daten/altersstruktur-ist-daten+bevoelkerung-nach-altersgruppen-ist-daten+saarbruecken+2021+2040 [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

World Health Organisation (WHO) (Hrsg.) (2023a). Constitution. Zugriff: https://www.who.int/about/governance/constitution [zuletzt geprüft am: 30.10.2023].

World Health Organisation (WHO) (Hrsg.) (2023b). Heat and Health. Zugriff: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-heat-and-health [abgerufen am: 30.10.2023].

Gesetze, Richtlinien

Baugesetzbuch (BauGB) in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. November 2017 (BGBl. I S. 3634), das zuletzt durch Artikel 3 des Gesetzes vom 12. Juli 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 184) geändert worden ist.

EU-Richtlinie 2007/60/EG vom 23.10.2007 über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken. S. L 288/27-L 288/34.

EU-Richtlinie 2008/114/EG vom 08.12.2008 über die Ermittlung und Ausweisung europäischer kritischer Infrastrukturen und die Bewertung der Notwendigkeit, ihren Schutz zu verbessern. S. L345/75-L 345/82.

EU-Richtlinie 2012/18/EU vom 04.07.2012 zur Beherrschung der Gefahren schwerer Unfälle mit gefährlichen Stoffen, zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinie 96/82/EG des Rates. S. L 197/1- L 197/37.

EU-Richtlinie 2014/52/EU vom 16.04.2014 zur Änderung der Richtlinie 2011/92/EU über die Umweltverträglichkeitsprüfung bei bestimmten öffentlichen und privaten Projekten. S. L 124/1- L 124/18.

Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 18. März 2021 (BGBl. I S. 540), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 22. März 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 88) geändert worden ist.

Raumordnungsgesetz (ROG) vom 22. Dezember 2008 (BGBl. I S. 2986), das zuletzt durch Artikel 3 des Gesetzes vom 20. Juli 2022 (BGBl. I S. 1353) geändert worden ist.

VDI 3787 Blatt 1 ICS 07.060; 13.040.20 VDI-Richtlinien vom Dezember 1997 über Umweltmeteorologie, Klima- und Lufthygienekarten für Städte und Regionen.

VDI 3787 Blatt 2 ICS 13.040.01 VDI-Richtlinien vom November 2008 über Umweltmeteorologie, Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung von Klima und Lufthygiene für die Stadt- und Regionalplanung, Teil I: Klima.

Verordnung über die Raumordnung im Bund für einen länderübergreifenden Hochwasserschutz (BRPHV) vom 19. August 2021 (BGBl. I S. 3712).

Wasserhaushaltsgesetz (WHG) vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), das zuletzt durch Artikel 5 des Gesetzes vom 3. Juli 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 176) geändert worden ist

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Deutschland im Klimawandel 20
Abbildung 2: Darstellung der bei einem Extremereignis potenziell überfluteten Gebiete nach HWRM-RL 23
Abbildung 3: Raumrelevanz der SARS-CoV-2-Pandemie – hypothetische Wirkungszusammenhänge 27
Abbildung 4: Die raumplanerische Risikovorsorge im Risikokreislauf 30
Abbildung 5: Beiträge der Raumplanung im Kontext des Risiko-Governance-Ansatzes 31
Abbildung 6: Aufbau der Arbeit und Forschungskonzept 37
Abbildung 7: Die Doppelstruktur der Verwundbarkeit nach BOHLE 46
Abbildung 8: „Pressure and Release model“ von BLAIKIE et al. 49
Abbildung 9: „Hazards of place model“ von CUTTER 50
Abbildung 10: IPCC-Ansatz zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels 53
Abbildung 11: Outcome-Vulnerabilität 53
Abbildung 12: Das Multi-Level-Vulnerabilitätskonzept von TURNER et al. 57
Abbildung 13: Kontextuelle Vulnerabilität 58
Abbildung 14: Der adaptive Erneuerungszyklus (links) und das skalenübergreifende Panarchy-Modell (rechts) 60
Abbildung 15: Das Resilienzkonzept für großskalige Transformationsprozesse 64
Abbildung 16: Natur- und sozialwissenschaftliche Perspektiven der Risikoabschätzung im Kontext von Naturkatastrophen 72
Abbildung 17: Methodologische Phasen und Wandlung der Sichtweise von Vulnerabilität 73
Abbildung 18: Indikatoren und Indikatorensets zum Verwundbarkeitsassessment der Bevölkerung gegenüber Hochwasserereignissen bezogen auf den Bevölkerungsschutz 93
Abbildung 19: Ausgangsmodell für den idealtypischen Bewertungsprozess: Die Transdisziplinäre Integrative Vulnerabilitäts- und Resilienzbewertungs-(TIV-)Matrix 94
Abbildung 20: Konzeptionelle Beziehungen zwischen Vulnerabilität, Gefahr, Exposition und Risiko sowie Anpassung und Resilienz 99
Abbildung 21: Vulnerabilitätskonzept für die räumliche Planung 105
Abbildung 22: Mehrstufige Vorgehensweise im Vulnerabilitätsassessment 107
Abbildung 23: Parallele zeitliche Modellierung von Gefahr, Vulnerabilität und Risiko 110
Abbildung 24: Das System der räumlichen Gesamtplanung in Deutschland 114
Abbildung 25: Gefahrenabwehr und Vorsorge 116
Abbildung 26: Online-Umfrage im Rahmen des BMBF-Projekts ZURES 118
Abbildung 27: Modell des individuellen Abwägungsprozesses bei der Bewertung von Risiken 126
Abbildung 28: Mehrwert des Vulnerabilitätskonzepts für eine „risikoinformierte“ Stadtplanung und Stadtentwicklung 132
Abbildung 29: Durch das Resilienzschema geprägte vierte Phase des Nachhaltigkeitsprozesses 136
Abbildung 30: Beziehungstypen von Resilienz und Nachhaltigkeit 137

Abbildung 31: Das Dimensionen-Konzept urbaner Resilienz 139
Abbildung 32: Das methodische Konzept für den Stresstest Stadt 140
Abbildung 33: Methodik des Bundesamts für Bevölkerungsschutz (BBK) zur Risikoeinstufung 142
Abbildung 34: Risikokonzept in der Raumplanung 143
Abbildung 35: Risikotypen des International Risk Governance Council 144
Abbildung 36: Risk Governance Framework des International Risk Governance Council 147
Abbildung 37: Typen der Schaden-Nutzen-Verteilung von Risikoquellen 148
Abbildung 38: Die Integrierte Berliner Umweltgerechtigkeitskonzeption (IBUk) 152
Abbildung 39: Der Setting-Ansatz 155
Abbildung 40: Beiträge von Vulnerabilität zu zentralen Leitvorstellungen einer zukunftsorientierten Stadtplanung 159
Abbildung 41: Betrachtungsmodell gesundheitsrelevanter Determinanten 163
Abbildung 42: Zusammenhang von sozioökonomischem Status und Gesundheit bei 18- bis 79-jährigen Frauen (oben) und bei 18- bis 79-jährigen Männern (unten) 164
Abbildung 43: Modell zur Beschreibung des Zusammenhangs zwischen sozialer Lage, Umwelt und Gesundheit 165
Abbildung 44: Vorsorgegehalt von Wertmaßstäben 166
Abbildung 45: Markante Hitzewellen seit 1950 in ausgewählten Städten Deutschlands 177
Abbildung 46: Anzahl Heißer Tage und Tropennächte im Gebietsmittel in Deutschland (1951 bis 2022) 179
Abbildung 47: Anzahl Heißer Tage in Deutschland in den Jahren 2003, 2018 und 2022 179
Abbildung 48: Durchschnittstemperatur im Zeitraum 1971 bis 2000 sowie Klimaprojektionen für die nahe Zukunft (2031 bis 2060) und die ferne Zukunft (2071 bis 2100) 182
Abbildung 49: Innenraummodellierung für eine Altenpflegeeinrichtung in Reutlingen – Temperaturverlauf für eine Sommerwoche 187
Abbildung 50: Analyse der mittleren Überhitzungsstunden nach Lage und Baualter (Mittelwertbildung über die Orientierung innerhalb des jeweiligen Gebäudes) 187
Abbildung 51: Direkte und indirekte Effekte von höheren Temperaturen und extremer Hitze auf die Gesundheit 190
Abbildung 52: Geschätzte Anzahl hitzebedingter Sterbefälle im Zeitraum 2012 bis 2022 in Deutschland 192
Abbildung 53: Die Zahl chronischer Krankheiten nach Altersgruppen 194
Abbildung 54: Historische Hochwasser im Ahrtal in m^3/s, 1804 bis 2021 197
Abbildung 55: Szenarien der Siedlungsentwicklung in hochwassergefährdeten Gebieten 199
Abbildung 56: Bewertung der Gefahrenintensität für Flusshochwasser in der Raumordnung 201
Abbildung 57: Risikokaskaden, die durch Überschwemmungen, Starkregen und Stürme ausgelöst werden können 204
Abbildung 58: Lage der Landeshauptstadt und des Regionalverbands Saarbrücken sowie des Eurodistricts SaarMoselle in der Großregion 209
Abbildung 59: Altersstruktur der Bevölkerung in Saarbrücken (2021 und Prognose für 2040) 211
Abbildung 60: SGB II – Entwicklung der Anzahl Regelleistungsberechtigter zwischen 2008 und 2021 (Index 2008 = 100) 211

Abbildung 61: Bevölkerungsverteilung in den Distrikten/Stadtteilen Saarbrückens 212

Abbildung 62: Bevölkerungszusammensetzung auf Basis ausgewählter demographischer und sozioökonomischer Parameter für die Distrikte/Stadtteile Saarbrückens 213

Abbildung 63: Stadtweite Siedlungsstrukturtypenkartierung Saarbrücken 214

Abbildung 64: Siedlungsstrukturtypen Wohnen (Ausschnitt) 215

Abbildung 65: Indikatorengestützte Modellierung von Vulnerabilität und Risiko im Zusammenhang mit der thermischen Belastung für Saarbrücken 222

Abbildung 66: Temperaturfeld und Kaltluftströmung zum Zeitpunkt 4 Uhr nachts (2 m über Grund) für Saarbrücken 223

Abbildung 67: PET-Werte zum Zeitpunkt 15 Uhr nachmittags für Saarbrücken 224

Abbildung 68: Zuordnung der Baualtersklassen zu den Siedlungsstrukturtypen in Saarbrücken (Ausschnitt) 228

Abbildung 69: Räumliche Zuordnung der generischen Gebäudetypen zu den Baualtersklassen in Saarbrücken 228

Abbildung 70: Überhitzungsgradstunden für den (1) Mittelwert der Gebäudeausrichtung sowie für die (2) Westausrichtung des Wohngebäudebestands in Kelvin (Kh) für Saarbrücken 230

Abbildung 71: Simulationsergebnisse der jährlichen Überhitzungsgradstunden über 26°C in Kelvin (Kh) für den (1) Mittelwert der Gebäudeausrichtung sowie für die (2) Westausrichtung des Wohngebäudebestands in Saarbrücken 231

Abbildung 72: Matrix zur Verknüpfung der thermischen Belastung am Tag und in der Nacht im Außenraum 232

Abbildung 73: Bioklimatisch belastete Wohnquartiere in der Nacht und am Tag in Saarbrücken 233

Abbildung 74: Überlagerung von Innenraummodellierung (jährliche Überhitzungsgradstunden in Kelvin [Kh] für den Mittelwert der Gebäudeausrichtung Wohnen) und PET-Modellierung (15 Uhr) in Saarbrücken (Ausschnitte) 234

Abbildung 75: Differenz von Innenraummodellierung (jährliche Überhitzungsgradstunden in Kelvin [Kh] für den Mittelwert der Gebäudeausrichtung Wohnen) und PET-Modellierung (15 Uhr) in Saarbrücken (Ausschnitte) 235

Abbildung 76: Vulnerabilitätsprofil für Saarbrücken 240

Abbildung 77: Indikatorenausprägung zu vulnerablen Gruppen im Vergleich (Ausschnitte) 242

Abbildung 78: Grundmatrizes zur Verknüpfung der Vulnerabilitätsindikatoren mit der thermischen Belastung zum Risiko 245

Abbildung 79: Risikoprofil „Hitzestress im Außenraum“ in Saarbrücken 246

Abbildung 80: Risikoprofil „Hitzestress im Innenraum“ in Saarbrücken 247

Abbildung 81: Risikoprofil „Hitzestress im Außenraum“ für die Gesamtbevölkerung und aggregierte Einzelindikatoren (vulnerable Gruppen) im Vergleich (Ausschnitte) 248

Abbildung 82: Risikoprofil „Hitzestress im Innenraum“ für die Gesamtbevölkerung und aggregierte Einzelindikatoren (vulnerable Gruppen) im Vergleich (Ausschnitte) 249

Abbildung 83: Indikatorengestützte Modellierung von Vulnerabilität und Risiko im Zusammenhang mit Hochwasser- und Starkregengefährdung für Saarbrücken 250

Abbildung 84: Überflutungsgefährdung durch Starkregen (100-jährliches Ereignis) und flussbedingtes Hochwasser (HQ_{extrem}) für Saarbrücken 251

Abbildung 85: Grundmatrizes zur Verknüpfung der Vulnerabilitätsindikatoren mit der Überflutungsgefahr zum Risiko 254

Abbildung 86: Risikoprofil „Überflutungen“ in Saarbrücken 255

Abbildung 87: Risikoprofil „Überflutungen“ in Saarbrücken für die Gesamtbevölkerung und aggregierte Einzelindikatoren (vulnerable Gruppen) im Vergleich (Ausschnitte) 256

Abbildung 88: Risiko-Hotspots „Hitzestress (Außenraum/Innenraum)“ und „Überflutungen“ in Saarbrücken am Beispiel des aggregierten Indikatorwerts zu vulnerablen Bevölkerungsgruppen, (1) Addition der Risikoklassen (Gesamtstadt und Ausschnitt) 258

Abbildung 89: Risiko-Hotspots „Hitzestress (Außenraum/Innenraum)“ und „Überflutungen“ in Saarbrücken am Beispiel des aggregierten Indikatorwerts zu vulnerablen Bevölkerungsgruppen, (2) Übernahme der maximalen Risikoklassen (Gesamtstadt und Ausschnitt) 259

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Variablen zur Beschreibung sozialer Vulnerabilität 90
Tabelle 2: Die am häufigsten verwendeten Variablen und Indikatoren 91
Tabelle 3: Mehrstufige Vorgehensweise im Vulnerabilitätsassessment 108
Tabelle 4: Übersicht über Risikomerkmale 127
Tabelle 5: Heuristiken und ihre Effekte auf die individuelle Risikowahrnehmung 128
Tabelle 6: Eigenschaften resilienter Systeme 138
Tabelle 7: Strategische Ansätze zur Bewältigung von Unsicherheit in der räumlichen Planung 146
Tabelle 8: Gefahren und Stressoren im urbanen Raum 173
Tabelle 9: Struktur- und Klimaunterschiede zwischen Stadt und nichtversiegelten Umlandarealen (generalisierte Darstellung für mitteleuropäische Großstädte) 181
Tabelle 10: Beschreibung der Emissionsszenarien RCP 8.5, 4.5 und 2.6 182
Tabelle 11: Gegenüberstellung bioklimatischer Indizes in Bezug auf das thermische Empfinden 185
Tabelle 12: Faktoren, die bei Hitzeperioden zu einem größeren gesundheitlichen Risiko führen 196
Tabelle 13: Warnstufen zu Starkregen des DWD 202
Tabelle 14: Potenzielle Gefahren für Leib und Leben sowie Infrastruktur und Objekte bei unterschiedlichen Überflutungstiefen und unterschiedlichen Fließgeschwindigkeiten 205
Tabelle 15: Faktoren, die bei Überflutungen zu einem größeren Risiko führen 207
Tabelle 16: Siedlungsstrukturtypen (SST) für Saarbrücken 216
Tabelle 17: Ausgewählte Klimakennwerte für den Regionalverband Saarbrücken für die Zeitperiode 1971 bis 2000 sowie Angabe der Trends für unterschiedliche RCP-Szenarien 218
Tabelle 18: Simulationsergebnisse der thermischen Innenraumbelastung für Saarbrücken 226
Tabelle 19: Zuordnung der generischen Gebäudetypen zur Wohngebäudetypologie und den Baualtersklassen des IWU 227
Tabelle 20: Besonders hitzesensitive und vulnerable Gruppen (Wohnbevölkerung) und zugeordnete Indikatoren 237
Tabelle 21: Flächenanteile der Indikatoren des Vulnerabilitätsprofils 239
Tabelle 22: Gegenüber Überflutungen besonders vulnerable Gruppen (Wohnbevölkerung) und zugeordnete Indikatoren 253

Abkürzungsverzeichnis

AGGSE	Arbeitsgruppe Gesundheitsfördernde Stadt- und Gemeindenentwicklung
ARL	Akademie für Raumentwicklung in der Leibniz-Gemeinschaft
BAuA	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
BauGB	Baugesetzbuch
BBK	Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe
BBR	Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung
BBSR	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
BfN	Bundesamt für Naturschutz
BfS	Bundesamt für Strahlenschutz
BfR	Bundesinstitut für Risikobewertung
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
BMFSFJ	Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend
BMI	Bundesministerium des Innern und für Heimat
BML	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
BMUV	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
BMWSB	Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen
BMZ	Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung
bpb	Bundeszentrale für politische Bildung
BRPH	Bundesraumordnungsplan Hochwasserschutz
BZgA	Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung
°C	Grad Celsius
DAS	Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel
Defra	Department for Environment Food & Rural Affairs
DEGAM	Deutsche Gesellschaft für Allgemeinmedizin und Familienmedizin
DFID	Department for International Development
DGVN	Deutsche Gesellschaft für die Vereinten Nationen
Difu	Deutsches Institut für Urbanistik
DKKV	Deutsches Komitee Katastrophenvorsorge
DStGB	Deutscher Städte- und Gemeindebund
DWD	Deutscher Wetterdienst

ENSURE	Verbesserte Krisenbewältigung im urbanen Raum durch situationsbezogene Helferkonzepte und Warnsysteme (Projekt)
EU	Europäische Union
EW	Einwohnerinnen und Einwohner
ExWoSt	Experimenteller Wohnungs- und Städtebau
FAO	Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen
FEP	Freiraumentwicklungsprogramm
G	Grundsatz der Raumordnung
GDV	Gesamtverband der Versicherer
GERICS	Climate Service Center Germany
GIS	Geoinformationssysteme
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit
HH	Haushalte
HLNUG	Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie
HWRM-RL	Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie
IDNDR	Dekade zur Reduzierung von Naturkatastrophen
ILS	Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung
IPCC	International Panel on Climate Change
IRGC	International Risk Governance Center
IWU	Institut Wohnen und Umwelt
IzR	Informationen zur Raumentwicklung
K	Kelvin
KAHR	Klima-Anpassung Hochwasser Resilienz
KRITIS	Kritische Infrastrukturen
KWRA	Klimawirkungs- und Risikoanalyse
LANUV	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen
LAWA	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser
LEP	Landesentwicklungsprogramm
LHS	Landeshauptstadt Saarbrücken
LMU	Ludwig-Maximilians-Universität München
LUBW	Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg
LVGL	Landesamt für Vermessung, Geoinformation und Landentwicklung (Saarbrücken)
MdI	Ministerium des Innern und für Sport Rheinland-Pfalz
MKRO	Ministerkonferenz für Raumordnung
MORO	Modellvorhaben der Raumordnung
NRW	Nordrhein-Westfalen
OECD	Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung
PET	Physiologische Äquivalente Temperatur
RCP	Representative Concentration Pathways

RKI	Robert Koch-Institut
RLP	Rheinland-Pfalz
RMK	Raumentwicklungsministerkonferenz
ROG	Raumordnungsgesetz
SenStadtUm	Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Bauen und Wohnen
SoVI	Social Vulnerability Index
SRU	Sachverständigenrat für Umweltfragen
SST	Siedlungsstrukturtyp
SSTW	Siedlungsstrukturtyp mit Wohnnutzung
UBA	Umweltbundesamt
UFZ	Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH
UMID	Umwelt und Mensch-Informationsdienst
UN	United Nations
UNDHA	United Nations Department of Humanitarian Affairs
UNDRO	United Nations Disaster Relief Organisation
UN/ISDR	Internationale Strategie zur Katastrophenvorsorge der Vereinten Nationen
UNDRR	United Nations Office for Disaster Reduction
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
VA	Vulnerabilitatsanalyse
VDI	Verein Deutscher Ingenieure e.V.
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WHO	World Health Organization
Z	Ziel der Raumordnung
ZURES	Zukunftsorientierte Vulnerabilitäts- und Risikoanalyse als Instrument zur Förderung der Resilienz von Städten und urbanen Infrastrukturen

$\overline{x}$	Mittelwert
σ	Standardabweichung

Anhang (Datengrundlagen)

Auf den Folgeseiten wird ein tabellarischer Überblick zu den verwendeten Datengrundlagen mit folgenden Hinweisen gegeben:

1. Datensatz
2. Kategorien
3. Raumbezug und Auflösung
4. Datentyp
5. Zeitbezug
6. Quelle / Datenlieferung
7. Verwendung
8. Anmerkungen

Die GIS-Daten des Vulnerabilitätsprofils, der Risikoprofile und der aggregierten Risikokarten wurden dem Fachbereich Raum- und Umweltplanung der Rheinland-Pfälzischen Technischen Universität Kaiserslautern-Landau (RPTU) auf Datenträger übergegeben.

Datensatz	Kategorien	Raumbezug und Auflösung	Datentyp	Zeit-bezug	Quelle/ Datenlieferung	Verwendung	Anmerkungen
Siedlungs-strukturtypen	16 Siedlungsstruktur-typen (Abb. 63 und 64 sowie Tab. 16)	Gesamtstadt Saarbrücken Klassifikation auf Ebene der Flurstücke	Vektordaten (Polygone)	2023	Hartz, Andrea; Saad, Sascha; Schaal-Lehr, Christine; Manderla, Beate & Joswowitz-Niemierski, Adrian (2023a)	Grundlagendaten für die räumlichen Analyseeinheiten	Grundlage von 2008, aktualisiert 2012 und 2023 verwendet werden Siedlungs-strukturtypen, die überwiegend der Wohnnutzung dienen (Tab. 16)
Baualters-klassen	5 Baualtersklassen (Abb. 68 und Tab. 19)	Gesamtstadt Saarbrücken Klassifikation auf Ebene der Flurstücke	Vektordaten (Polygone)	2023	Hartz, Andrea; Saad, Sascha & Joswowitz-Niemierski, Adrian (2023b). Unterstützung bei der Baualtersklassenkartierung: Schaal-Lehr, Christine; Manderla, Beate; Gehrig, Nina & Zimmer-mann, Paula	Grundlagendaten für die räumlichen Analyseeinheiten Grundlagendaten für die Zuordnung und Verortung der generischen Gebäu-detypen	abgeleitet aus der Wohngebäu-detypologie und den Baualters-klassen des IWU (2015 und 2022)
Statistische Blöcke	2.093 Blöcke	Gesamtstadt Saarbrücken Klassifikation auf Ebene der Flurstücke	Vektordaten (Polygone)	2020	Amt für Entwicklungsplanung, Statistik und Wahlen der LHS	Grundlagendaten für die räumlichen Analyseeinheiten	
Übergeordnete statistische Einheiten	Distrikte und Stadt-teile (Liste in Abb. 61)	Gesamtstadt Saarbrücken Klassifikation auf Ebene der Flurstücke	Vektordaten (Polygone)	2020	Amt für Entwicklungsplanung, Statistik und Wahlen der LHS	Grundlagendaten für die Darstellung der Bevölkerungsverteilung und -zusammensetzung	innerhalb der statistischen Blöcke erfolgte eine Disaggregation der Daten auf Ebene der räumlichen Analyseeinheiten
Gebäude-umrisse	keine Kategorisierung übernommen	Gesamtstadt Saarbrücken	Vektordaten (Polygone)	2023	OpenStreetMap (OSM)	Grundlagendaten für die kartographische Darstellung	

Datensatz	Kategorien	Raumbezug und Auflösung	Datentyp	Zeit-bezug	Quelle/ Datenlieferung	Verwendung	Anmerkungen
Versiegelung	4 Kategorien (voll-, teil- und unversiegelt; Wasserfläche)	Gesamtstadt Saarbrücken 50-cm-Raster	Rasterdaten, umgwandelt in Vektordaten (Polygone)	2022	LUP (2022), dokumentiert in: Hartz, Andrea; Saad, Sascha; Schaal-Lehr, Christine; Manderla, Beate & Joswowitz-Niemierski, Adrian (2023a)	Grundlagendaten für die Beschreibung der Siedlungsstrukturtypen sowie Eingangsdaten für die PET-Modellierung (Ulrich 2023)	
Stadtklima-analyse (Nacht)	Temperaturfeld (Lufttemperatur in Grad Celsius) Kaltluftströmung (Pfeildarstellung) jeweils zum Zeitpunkt 4 Uhr nachts (2 m über Grund)	Gesamtstadt Saarbrücken Temperaturfeld Auflösung: 25 m x 25 m	Temperatur: Rasterdaten, umgwandelt in Vektordaten (Polygone) Kaltluft: Vektordaten (Linien)	2012	GEO-NET Umweltconsulting GmbH (2012)	Fachdaten zur Darstellung der thermischen Belastung (Außenraum)	
Stadtklima-analyse (Nacht)	4 Kategorien zur Bewertung der bioklimatischen Situation (sehr günstig bis ungünstig)	Gesamtstadt Saarbrücken auf Ebene der Flächennutzungen	Vektordaten (Polygone)	2012	GEO-NET Umweltconsulting GmbH (2012)	Fachdaten zur Darstellung der thermischen Belastung (Außenraum)	bioklimatische Belastungssituation der Baublöcke in der Nacht wurde als PMV-Wert ausgegeben Werte wurden auf die räumlichen Analyseeinheiten umgelegt
Stadtklima-analyse (PET-Werte, Tag)	PET-Werte zum Zeitpunkt 15 Uhr nachmittags	Gesamtstadt Saarbrücken Raster : 10 m x 10 m	Rasterdaten, umgewandelt in Vektordaten (Polygone)	2023	Ulrich, Max (2023)	Fachdaten zur Darstellung der thermischen Belastung (Außen- und Innenraum)	sowohl Raster- als auch Vektordaten wurden für die Berechnungen genutzt

Datensatz	Kategorien	Raumbezug und Auflösung	Datentyp	Zeit-bezug	Quelle/ Datenlieferung	Verwendung	Anmerkungen
Zuordnung der generischen Gebäudetypen (Simulation der thermischen Innenraumbelastung)	Verortung der 3 generischen Gebäudetypen durch Zuordnung zu den Baualtersklassen (Tab. 19) und entsprechend Lagekriterium (Tab. 18)	Gesamtstadt Saarbrücken Klassifikation auf Ebene der Flurstücke	Vektordaten (Polygone)	2023	Hartz, Andrea; Saad, Sascha & Joswowitz-Niemierski, Adrian (2023b).	Grundlage zur Modellierung der thermischen Innenraumbelastung für das Stadtgebiet Saarbrücken	Modellierung der generischen Gebäudetypen sowie Bestimmung der Lagekriterien durch Prof. Dr.-Ing. Jens Pfafferott (2023)
Hochwassergefahr	Umgriff des HQ_{extrem} für die Gewässer der Hochwassergefahrenkarte Einstautiefen (5 Klassen)	Gesamtstadt Saarbrücken Auflösung : 1 m x 1 m	Vektordaten (Polygone)	2018	Landesamt für Vermessung, Geoinformation und Landentwicklung des Saarlandes (LVGL) (2018); Hochwassergefahrenkarte aus dem zweiten Zyklus der Gefahrenkarten gemäß HWRM-RL	Fachdaten zur Darstellung der Überflutungsgefahr (Hochwasser)	
Starkregengefahr	Umgriff für ein 100-jährliches Ereignis Einstautiefen (5 Klassen)	Gesamtstadt Saarbrücken Auflösung : 1 m x 1 m	Rasterdaten, umgewandelt in Vektordaten (Polygone)	2016	eepi Luxembourg Sàrl (2016); Datenlieferung: ZKE 2016	Fachdaten zur Darstellung der Überflutungsgefahr (Starkregen)	Nutzung von Raster- als auch Vektordaten für die Berechnungen

Datensatz	Kategorien	Raumbezug und Auflösung	Datentyp	Zeit-bezug	Quelle/ Datenlieferung	Verwendung	Anmerkungen
Bevölkerungs-daten (Distrikt-ebene)	- Einwohnerzahl - Kinder unter 6 Jahren - über 75-Jährige - Einpersonenhaushalte und Alleinerziehende - Nichtdeutsche - Arbeitslose - Regelleistungsberechtigte (SGB II)	Gesamtstadt Saarbrücken auf Distriktebene	numerische Daten (Anzahl der Personen oder Prozent-anteil an Wohn-bevölkerung)	2022	Datenlieferung: Amt für Entwicklungsplanung, Statistik und Wahlen der LHS (2023)	Statistische Daten zur Beschreibung der Bevölkerungszusam-mensetzung	
Bevölkerungs-daten (Block-ebene)	- Anzahl der Haushalte - Einwohnerzahl - Kinder unter 6 Jahren - über 65-Jährige - über 80-Jährige	Gesamtstadt Saarbrücken auf Blockebene	numerische Daten (Anzahl der Personen)	2022	Datenlieferung: Amt für Entwicklungsplanung, Statistik und Wahlen der LHS (2023)	Statistische Daten zur Beschreibung der Bevölkerungszusam-mensetzung	anonymisierte Blöcke unter 11 EW disaggregiert auf Analyseein-heiten (Siedlungsstrukturtypen Wohnen und Baualtersklassenein-teilung)
Bevölkerungs-daten (Block-ebene)	- alleinlebende, über 65-Jährige - ausländischer Haushalts-vorstand - Anteil der Haushalte mit einem monatlichen Net-toeinkommen unter 1.500 Euro - Haushalte ohne/mit an-derem Schulabschluss oder mit Hauptschulab-schluss	Gesamtstadt Saarbrücken auf Blockebene	numerische Daten (Wahr-scheinlichkeits-werte für die Anzahl der Haushalte)	2023	microm (2023)	Statistische Daten zur Beschreibung der Bevölkerungszusam-mensetzung	auf statistische Blöcke der LHS ausgegeben; Übernahme der anonymisierten Blöcke unter 11 EW Wahrscheinlichkeitswerte von microm wurden auf Anzahl der Haushalte der LHS umgelegt. disaggregiert auf Analyseein-heiten (Siedlungsstrukturtypen Wohnen und Baualtersklassenein-teilung)

Curriculum Vitae

Andrea Maria Hartz

Diplom-Geographin
Stadtplanerin und Beratende Ingenieurin (Ingenieurkammer des Saarlandes)

Email: andreahartz@agl-online.de
Berufliche Website:

Schulzeit und universitäre Ausbildung

1981	Abschluss mit Allgemeiner Hochschulreife am Albertus-Magnus-Gymnasium in St. Ingbert
11/1989	Diplom in Geographie im Fachbereich für Sozial- und Umweltwissenschaften der Universität des Saarlandes

Berufliche Tätigkeit

09/1988 bis 01/1990	Freie Mitarbeit im Planungsbüro UGB, Blieskastel (Saarland)
02/1990 bis 09/1993	Angestellt im Planungsbüro UGB ECO-LOG, Blieskastel (Saarland) und Leipzig
seit 10/1993	Freiberuflich tätig, Büroinhaberin und Partnerin im Büro agl Hartz • Saad • Wendl, Landschafts-, Stadt- und Raumplanung www.agl-online.de

Mitgliedschaften

seit 2000	Mitglied der Länderarbeitsgemeinschaft (LAG) Hessen/Rheinland-Pfalz/ Saarland der Akademie für Raumforschung und Landesplanung (ARL; heute Akademie für Raumentwicklung in der Leibniz-Gemeinschaft)
seit 2004	Mitglied in der Ingenieurkammer des Saarlandes: eingetragene Stadtplanerin (Nr. 3) und Beratende Ingenieurin (Nr. 383)
2004 bis 2009	Korrespondierendes Mitglied der ARL
seit 2005	Mitglied der Deutschen Akademie für Städtebau und Landesplanung (DASL)
2009 bis 2020	Mitglied im Wissenschaftlichen Beirat des Instituts für Landeskunde im Saarland e.V.
seit 2009	(Ordentliches) Mitglied der ARL

Lehrtätigkeit

1999 bis 2003	Ausbildung von Fach- und Führungskräften in der Mongolei im Auftrag der Carl-Duisberg-Gesellschaft (heute: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GIZ); Einsatz im Kurz- und Langzeitprogramm sowie Referentenentsendung; Themen: Umweltplanung, Raumplanung, Stadtplanung, NGO-Management, Umweltmanagement, Ökotourismus
2007 bis 2015	Lehrtätigkeit an der Universität des Saarlandes, Praxiskurse „Kulturgeographie und Historisch orientierte Kulturwissenschaften. Kulturgeographische Arbeitsmethoden“ Themen: Raumplanung in der Praxis; Stadt- und Regionalentwicklung
seit 2009:	Lehrtätigkeit an der Universität Luxemburg im Rahmen der Formation Continue en Aménagement du Territoire (FCAT); Themen: (Kultur)Landschaftsschutz, Strategien zur Anpassung an den Klimawandel
seit 2020	Lehrtätigkeit an der Technischen Universität Kaiserslautern (heute: Rheinland-Pfälzische Technische Universität Kaiserslautern-Landau); Themen: Räumliche Risikovorsorge, Freiraumstrategien

Ausgewählte Projektleitungen mit Relevanz für die vorliegende Arbeit
(Angabe des Endberichts bzw. der Schlusspublikation; in chronologischer Reihenfolge)

Landeshauptstadt Saarbrücken (Hrsg) (2008). Freiraumentwicklungsprogramm für die Landeshauptstadt Saarbrücken. Landeshauptstadt Saarbrücken. [Freiraumentwicklungsprogramm]. Zugriff: https://acrobat.adobe.com/link/review?uri=urn:aaid:scds:US:ff32cc3b-f3f1-3892-97f3-d4fe9e9b64f4 [zuletzt geprüft am: 17.10.2023].

Hartz, Andrea; Saad, Sascha & Schaal-Lehr, Christine (2012). Städtische Freiraumplanung als Handlungsfeld für Adaptionsmaßnahmen. Abschlussbericht des Saarbrücker Modellprojekts im Rahmen des ExWoSt-Forschungsprogramms „Urbane Strategien zum Klimawandel – Kommunale Strategien und Potenziale“. Endbericht. Landeshauptstadt Saarbrücken. Zugriff: https://www.saarbruecken.de/media/download-532aefbc6433a [zuletzt geprüft am: 17.10.2023].

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung; Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BMVBS/BBSR) (Hrsg.) (2013): Methodenhandbuch zur regionalen Klimafolgenbewertung in der räumlichen Planung. Systematisierung der Grundlagen regionalplanerischer Klimafolgenbewertung. Zugriff: https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/ministerien/BMVBS/Sonderveroeffentlichungen/2013/MethodenhandbuchKlimafolgenbewertung.html [zuletzt geprüft am: 17.10.2023].

Hartz, Andrea; Saad, Sascha; Greiving, Stefan; Fleischhauer, Mark; Hurth, Florian & Lindner, Christian (2015). Modellvorhaben der Raumordnung (MORO). Vorsorgendes Risikomanagement in der Regionalplanung. Modellvorhaben in der Raumplanung. [Abschlussbericht des Modellvorhabens der Raumordnung].

Hartz, Andrea; Saad, Sascha; Schniedermeier, Lydia; Bächle, Stephanie; Manderla, Beate; Greiving, Stefan; Fleischhauer, Mark; Kirstein, Madeleine; Gollmann, Christina & Hurth, Florian (2017). MORO Regionalentwicklung und Hochwasserschutz in Flussgebieten. [Abschlussbericht des Modellvorhabens der Raumordnung].

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) (Hrsg.) (2017): Handbuch zur Ausgestaltung der Hochwasservorsorge in der Raumordnung. MORO Regionalentwicklung und Hochwasserschutz in Flussgebieten. MORO Praxis Heft 10/2017. Zugriff: https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/ministerien/MOROPraxis/2017/moro-praxis-10-17.html [zuletzt geprüft am: 17.10.2023].

Hartz, Andrea; Weber, Lydia; Saad, Sascha; Greiving, Stefan; Reitzig, Frank; Assmann, André & Jäger, Stefan (2019). MORO Planspiel Bundesraumordnungsplan Hochwasserschutz (Phase 1) Testplan und Planspielkonzeption. [Abschlussbericht des Modellvorhabens der Raumordnung].

Hartz, Andrea; Saad, Sascha; Bächle, Stephanie; Fleischhauer, Mark; Greiving, Stefan; Gollmann, Christina; Kirstein, Madeleine & Nguyen, Bich-Hien (2020). Modellvorhaben der Raumordnung (MORO). Vorsorgendes Risikomanagement in der Regionalplanung. Modellvorhaben in der Raumplanung. Verstetigung/Ausweitung. [Abschlussbericht des Modellvorhabens der Raumordnung].

Hartz, Andrea; Saad, Sascha; Schaal-Lehr, Christine; Manderla, Beate; Langenbahn, Eva; Lichtenberger, Eva; Bastian, Annika; Bächle, Stephanie & Pfafferott, Jens (2020). Vulnerabilitätsanalyse „Hitzestress und menschliche Gesundheit“ am Beispiel der Stadt Reutlingen. Endbericht zum Modellvorhaben im Rahmen von KLIMOPASS – Klimawandel und modellhafte Anpassung in Baden-Württemberg – (22-4500.2/190). Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW). Karlsruhe.

Hartz, Andrea; Bächle, Stephanie; Bastian, Annika; Greiving, Stefan; Reitzig, Frank; Assmann, André & Jäger, Stefan (2020). MORO Testlauf Bundesraumordnungsplan Hochwasserschutz (Phase 2). [Abschlussbericht des Modellvorhabens der Raumordnung].

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (Hrsg.) (2020). Vorsorgendes Risikomanagement in der Regionalplanung: Handlungshilfe für die Regionalplanung. Bonn. Zugriff: https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/sonderveroeffentlichungen/2020/risikomanagement.html [zuletzt geprüft am: 17.10.2023].

Umweltbundesamt (UBA) (Hrsg.) (2021). Rücknahme von Siedlungsbereichen als Anpassungsstrategie: Praxishilfe zur Anpassung von Siedlungsstrukturen an den Klima- und demografischen Wandel. UBA. Zugriff: https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/ruecknahme-von-siedlungsbereichen-als [zuletzt geprüft am: 17.10.2023].

Hartz, Andrea; Saad, Sascha; Schaal-Lehr, Christine; Manderla, Beate & Joswowitz-Niemierski Adrian (2023): Freiraumentwicklungskonzept für die Stadt Saarbrücken. Vorstellung des Entwurfs am 8.11.2023. [Dokumentation der Zwischenergebnisse].

Hartz, Andrea; Saad, Sascha & Joswowitz-Niemierski Adrian (2023): Innenraummodellierung der thermischen Belastung für die Landeshauptstadt Saarbrücken. Unterstützung bei der Bauklassenkartierung: Schaal-Lehr, Christine; Manderla, Beate; Gehrig, Nina & Zimmermann, Paula. Teilbeitrag Gebäudesimulation: Prof. Dr.-Ing. Jens Pfafferott. [Dokumentation der Zwischenergebnisse Dezember 2023].

Leitung von Teilprojekten des BMBF-Vorhabens ZURES mit Relevanz für die vorliegende Arbeit

Birkmann, Jörn; Sauter, Holger; Sorg, Linda; Laranjeira, Kevin; Göttsche, Franziska; Greiving, Stefan; Fleischhauer, Mark; Puntub, Wiriya; Schnittfinke, Tanja; Arens, Sophie; Hülsbusch, Jan-Lukas; Kreisherr, Florian; Garschagen, Matthias; Sandholz, Simone; Wannewitz, Mia; Büter, Björn; Schneider, Melanie; Burmeister, Cornelia; Hartz, Andrea; Saad, Sascha; Helbig, Joachim; Löffler, Jessica; Burkhardt, Albrecht & Klose, Charlotte (2019). Gemeinsamer Schlussbericht des ZURES-Projekts: Zukunftsorientierte Vulnerabilitäts- und Risikoanalyse als Instrument zur Förderung der Resilienz von Städten und urbanen Infrastrukturen (ZURES). [Forschungsbericht].

Birkmann, Jörn; Göttsche, Franziska; Greiving, Stefan; Schnittfinke, Tanja; Fuchs, Marisa; Garschagen, Matthias; Katzschner, Antje; Büter, Björn; Löbig, Janko; Hartz, Andrea; Saad, Sascha; Dörrenbächer, Svenja & Krafft, Amely (2022). Ganz schön cool hier: Wie gelingt hitzeangepasste Stadtentwicklung für alle? Gemeinsamer Schlussbericht des ZURES II-Projekts. Anwendung und Verstetigung der zukunftsorientierten Klima- und Vulnerabilitätsszenarien in ausgewählten Instrumenten und Planungsprozessen – Modellstadt Ludwigsburg. [Forschungsbericht].

Birkmann, Jörn; Göttsche, Franzsika; Greiving, Stefan; Fleischhauer, Mark; Schnittfinke, Tanja; Fuchs, Marisa; Puntub, Wiriya; Arens, Sophie; Garschagen, Matthias; Katzschner, Antje; Sandholz, Simone; Wannewitz, Mia; Sett, Domenic; Büter, Björn; Löbig, Janko; Hartz, Andrea; Saad, Sascha; Dörrenbächer, Svenja-Sarah; Schaal-Lehr, Christine; Helbig, Joachim; Löffler, Jessica; Burkardt, Albrecht; Krafft, Amely & Klose, Charlotte (2023). GANZ SCHÖN HEISS HIER: Lösungsansätze für eine hitzeangepasste Stadtentwicklung (ZURES). [Broschüre zum Forschungsbericht].

Danksagung

Dank gebührt insbesondere meiner Betreuerin Prof. Dr. Annette Spellerberg für den Anstoß zu dieser Arbeit, die fachliche Unterstützung und die Motivation gerade in der Schlussphase. Ich bedanke mich ebenso bei meinem Zweitbetreuer Prof. Dr. Jörn Birkmann für die Übernahme der Aufgabe und die fachliche Inspiration in diesem spezifischen Themenfeld.

Mein Dank geht zudem an die Landeshauptstadt Saarbrücken für die Möglichkeit, Datengrundlagen und Ergebnisse, die im Rahmen der konkreten Projektarbeit zum Freiraumentwicklungsprogramm generiert worden sind, für eine Weiterbearbeitung im Rahmen dieser Arbeit zu nutzen.

Besonderer Dank gilt Beate Manderla und Adrian Joswowitz-Niemierski, die mich bei der operativen Umsetzung der GIS-gestützten empirischen Arbeiten unterstützt haben, sowie Simone Köcher, Lucie Schäfer, Mia Gries und Sandra Anstätt für die Unterstützung beim Layout der Ergebnisse sowie den Textkorrekturen.

Zuletzt und doch zuallererst möchte ich mich bei meinem Mann und Büropartner Sascha Saad bedanken, der mir für zahlreiche intensive fachliche Diskussionen zur Verfügung stand und mich motiviert hat, trotz vielfältiger familiärer Verpflichtungen und einem eng getakteten Berufsalltag an dieser Arbeit dranzubleiben.

Ein herzliches Dankeschön an alle.

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere an Eides statt, dass ich die vorgelegte Dissertation selbstständig verfasst, alle von mir für die Arbeit benutzten Hilfsmittel in der Arbeit angegeben, die Anteile beteiligter Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sowie die verwendeten Quellen klar gekennzeichnet habe. Zugleich versichere ich, dass ich die gleiche oder eine andere Abhandlung nicht bei einem anderen Fachbereich oder einer anderen Universität als Dissertation eingereicht habe.

Saarbrücken, den 11. September 2024

Andrea Hartz

Vulnerabilität als Schlüsselkonzept in der raumplanerischen Risikovorsorge