



Herausragende Masterarbeiten

Autor*in

Denise Brodowski

Studiengang

Nachhaltige Entwicklungszusammenarbeit, M.A.

Masterarbeitstitel

Kleine Wälder, große Wirkung? Möglichkeiten und Grenzen von Mikrowäldern für eine nachhaltige Stadtentwicklung

R
TU
P

Distance and Independent
Studies Center
DISC

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	II
Tabellenverzeichnis	II
Abkürzungsverzeichnis	III
1. Einführung in die nachhaltigkeitsbezogenen Herausforderungen von Städten	1
1.1 Handlungsmöglichkeiten von Städten	1
1.2 Zielsetzung und Aufbau der Arbeit	2
1.3 Methodische Vorgehensweise	3
2. Begriffliche und konzeptionelle Grundlagen von Mikrowäldern für eine nachhaltige Stadtentwicklung	3
2.1 Stadtentwicklung im Kontext der internationalen Nachhaltigkeitsdebatte	3
2.2 Die Dimensionen einer nachhaltigen Stadtentwicklung	7
2.3 Grünflächen und grüne Infrastruktur als Element einer nachhaltigen Stadtentwicklung	12
2.4 Mikrowälder nach der Miyawaki-Methode als Instrument der Grünflächenentwicklung	17
3. Bestandsaufnahme zum aktuellen Forschungsstand von Mikrowäldern in Bezug auf eine nachhaltige Stadtentwicklung	22
3.1 Systematische Literaturrecherche zur Ermittlung des aktuellen Forschungsstands	23
3.3 Forschungsagenda und Handlungsempfehlungen	52
3.4 Kritische Einordnung	59
4. Fazit	61
Literaturverzeichnis	64
Anhang	i
Eigenständigkeitserklärung	xviii

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Schematische Darstellung der stufenartigen Zusammenhänge von Eigenschaften, Funktionen und Leistungen von Ökosystemen	S. 14
Abb. 2.: Gegenüberstellung einer Fläche auf der die Miyawaki-Methode angewendet wurde	S. 17
Abb. 3: Primäre Sukzessionsstadien und deren Arten	S. 19
Abb. 4: Gesamtprozess der durchgeführten SLR	S. 31
Abb. 5: Anzahl der relevanten Forschungsbeiträge aus der Datenbanksuche pro Jahr	S. 35

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Dimensionen, Ziele, Kriterien und Handlungsfelder einer nachhaltigen Stadtentwicklung	S. 8
Tab. 2: Forschungsprotokoll der systematischen Literaturrecherche	S. 24
Tab.3: Darstellung der Charakteristiken und ihrer zugrunde gelegten Ausprägungen der Taxonomie von Literaturrecherchen nach Cooper	S. 26
Tab.4: Konzeptmatrix einer nachhaltigen Stadtentwicklung	S. 29
Tab. 5: In der SLR genutzte Suchbegriffe	S. 29
Tab. 6: Suchbegriff-Abfrage der Datenbank Scopus	S. 32
Tab. 7: Treffer der Abfrage der Suchbegriffe aus den Datenbanken Scopus, Web of Science, ScienceDirect und BASE	S. 33
Tab. 8: Bearbeitete Konzeptmatrix der SLR	S. 39

Abkürzungsverzeichnis

BASE	Bielefeld Academic Search Engine
BBSR	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
CICES	Common International Classification of Ecosystem Services
GI	grüne Infrastruktur
MW	Mikrowald
ÖSL	Ökosystemleistungen
pnV	potenzielle natürliche Vegetation
SDG	Sustainable Development Goal
SLR	systematische Literaturrecherche
TEEB	The Economics of Ecosystems and Biodiversity
UHI	Urbane Hitzeinsel
UN	United Nations
UN-HABITAT	Programm der Vereinten Nationen für menschliche Siedlungen
WGBU	Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen

1. Einführung in die nachhaltigkeitsbezogenen Herausforderungen von Städten

Bis zum Jahr 2050 werden laut Schätzungen der Vereinten Nationen über zwei Drittel der Menschheit in Städten wohnen. Städte stehen dabei vor zahlreichen Herausforderungen. Der Klimawandel und dessen Folgen, der Verlust der Biodiversität, Veränderungen der städtischen Demographie, hoher Energie- und Ressourcenverbrauch, sozioökonomische Disparitäten bis hin zu Armut und der Exklusion großer Teile der Stadtbevölkerung stellen einige der zentralen Herausforderungen von Städten dar. Um diesen zu begegnen hat sich im Zuge dieser Debatte das Konzept einer nachhaltigen Stadtentwicklung auf der nationalen und internationalen Ebene weitgehend durchgesetzt.

1.1 Handlungsmöglichkeiten von Städten

Einen möglichen Lösungsansatz der beispielsweise von supranationalen Organisationen wie der Europäischen Union oder den Vereinten Nationen verfolgt wird, stellt die Entwicklung städtischer Grünflächen und grüner Infrastrukturen dar. Wissenschaftliche Erkenntnisse konstatieren zunehmend deren Potenzial zum Erreichen einer nachhaltigen Entwicklung von Städten. Gleichzeitig herrscht in Städten eine große Flächenkonkurrenz: Zur Erfüllung der städtischen Funktionen werden Flächen und Infrastrukturen für Wohnen, Wirtschaftsaktivitäten, Mobilität und kritische Versorgung benötigt. Oft geht dies mit einer starken Versiegelung und Fragmentierung von bestehenden Flächen einher - so bleiben für neue Grünflächen oftmals nur kleine Bereiche, die genutzt werden können. Eine Methode zur Entwicklung von urbanen Grünflächen, die auch im europäischen Raum zunehmend an Popularität gewinnt, ist die Miyawaki-Methode. Sie verspricht verhältnismäßig kleine Flächen nutzen zu können, um sogenannte Mikrowälder, auch Tiny Forests genannt, entstehen zu lassen. Ursprünglich wurde die Methode von dem japanischen Botaniker und Pflanzenökologen Akira Miyawaki zur ökologischen Wiederaufforstung von Waldflächen durch die gezielte Nutzung natürlicher Prozesse entwickelt. Basierend auf dem Ansatz der potenziellen natürlichen Vegetation werden unterschiedliche Schritte der Analyse, Bodenbearbeitung und Pflanzung durchgeführt, um ein schnelles Wachstum zu fördern. So soll ein kleiner Wald entstehen der laut Miyawaki nicht 100 bis 200 Jahre, sondern lediglich 20 bis 30 Jahre benötigt, um sich zu einem selbsterhaltenden Ökosystem mit vielfältigen Leistungen zu entwickeln.

1.2 Zielsetzung und Aufbau der Arbeit

Internationale Forschungsbeiträge deuten auf die Potenziale dieser Mikrowälder hin, wobei es an einer formellen Übersicht mangelt. Auch lässt der konkrete Bezug auf eine nachhaltige Stadtentwicklung Raum für weitere Untersuchungen. Im Zuge dieser Arbeit soll daher im Rahmen einer systematischen Literaturrecherche der aktuelle Forschungsstand in Hinblick auf die Möglichkeiten und Grenzen von Mikrowäldern nach der Miyawaki-Methode in Bezug auf die Dimensionen einer nachhaltigen Stadtentwicklung und den damit verbundenen Handlungsfeldern ermittelt werden. Darauf aufbauend sollen eine Forschungsagenda sowie mögliche Handlungsempfehlungen formuliert werden. Die folgende Forschungsfrage steht dabei im Zentrum der Arbeit:

Wie können Mikrowälder nach der Miyawaki-Methode in Städten zu einer nachhaltigen Stadtentwicklung beitragen?

Dazu werden in Kapitel 2 zunächst die zentralen Begriffe und Konzepte erläutert. Als Grundlage dient die Darstellung von Stadtentwicklungsprozessen und der internationalen Debatte, die das Konzept einer nachhaltigen Stadtentwicklung auf globaler und programmatischer Ebene begründete. Die Dimensionen einer nachhaltigen Stadtentwicklung und die damit verbundenen Handlungsfelder werden dabei in der Tiefe betrachtet. Darauf aufbauend werden die wichtigsten Aspekte von Grünflächenentwicklung und grüner Infrastruktur sowie deren Ökosystemleistungen am Beispiel von Stadtwäldern dargestellt. Abschließend werden die Grundlagen und Spezifika der Miyawaki-Methode beschrieben.

In Kapitel 3 erfolgt die Erläuterung einer systematischen Literaturrecherche, gefolgt von der detaillierten Darstellung der Durchführung. Dieses Vorgehen dient dem Ziel, den aktuellen Forschungsstand der Methode in Hinblick auf eine nachhaltige Stadtentwicklung zu ermitteln sowie mögliche Forschungslücken aufzuzeigen. Darauf aufbauend werden die zentralen Herausforderungen bei der Umsetzung von Mikrowäldern nach der Miyawaki-Methode in städtischen Gebieten aufgeführt sowie Handlungsempfehlungen entwickelt, um diesen zu begegnen. Den Abschluss bildet eine kritische Einordnung der angewendeten Methodik.

Das Fazit im vierten Kapitel dient zum einen einer abschließenden Zusammenfassung der Erkenntnisse und zum anderen der finalen Beantwortung der leitenden Forschungsfrage.

1.3 Methodische Vorgehensweise

Zur Bearbeitung der Forschungsfrage soll eine systematische Literaturrecherche durchgeführt werden. Die konzeptionelle Basis bilden die in Kapitel 2 erläuterten Dimensionen einer nachhaltigen Stadtentwicklung und die damit verbundenen Handlungsfelder. Diese sollen besonders für die Auswertung herangezogen werden, die sich aus der Analyse und der Synthese der identifizierten Literatur zusammensetzt.

2. Begriffliche und konzeptionelle Grundlagen von Mikrowäldern für eine nachhaltige Stadtentwicklung

Um Stadtentwicklung zu verstehen ist es zunächst notwendig, den Begriff der Stadt näher zu betrachten. Basierend auf der Herleitung des Stadtbegriffes stellt sich die Frage, wie die Entwicklung einer Stadt beschrieben werden kann und welche Prozesse das Leitbild der nachhaltigen Stadtentwicklung begründeten. Zur Konkretisierung dieses Konzeptes haben sich die Dimensionen der Nachhaltigkeit weitestgehend etabliert. Für die daraus entstehenden Handlungsfelder ergeben sich unterschiedliche Möglichkeiten diesen zu begegnen. Grünflächenentwicklung stellt dabei eine der Möglichkeiten dar. Welche Rolle Mikrowälder nach der Miyawaki-Methode in diesem Kontext einnehmen können, ist einer der leitenden Aspekte dieses Kapitels.

2.1 Stadtentwicklung im Kontext der internationalen Nachhaltigkeitsdebatte

Der Stadtbegriff

Heineberg bezeichnet den Begriff der Stadt als mehrdimensional. Sowohl historisch betrachtet als auch gegenwärtig sind Städte und deren Strukturen Gegenstand verschiedener Forschungsrichtungen wie beispielsweise der Soziologie, der Geografie oder der Raum- und Verkehrswissenschaften. Aus diesen unterschiedlichen Perspektiven auf den Begriff der Stadt gehen jeweils eigene Definitionen hervor.¹ Auch auf der Ebene von Nationalstaaten herrscht keine Einigkeit über die konkrete Definition einer Stadt, so dass sich eine allgemein anerkannte und weltweit einheitliche Definition des Stadtbegriffs nicht durchsetzen konnte. Am häufigsten wird ein statistisch-administrativer Stadtbegriff herangezogen, der anhand einer national definierten Bevölkerungsgröße innerhalb einer

¹ Vgl. Heineberg (2017): 26ff.

bestimmten administrativen Grenze festgelegt wird. Auch hier werden keine einheitlichen Größen und Schwellenwerte verwendet, was eine Vergleichbarkeit erschwert. Während in weniger dicht besiedelten Ländern wie Norwegen oder Island eine Bevölkerung von 200 Einwohnern eine Stadt begründen, beträgt die Mindesteinwohnerzahl einer Stadt in Griechenland oder Malaysia 10.000 Menschen.² Eng verbunden mit dem Stadtbegriff ist der Begriff der Urbanität, bzw. der Urbanisierung.³ Analog zum Stadtbegriff stellt Heineberg unterschiedliche Auffassungen zur Definition der Urbanisierung dar und verweist auf den Begriff der Verstädterung als häufig genutztes Synonym.⁴ Dieses Begriffsverständnis soll für die vorliegende Arbeit herangezogen werden.

Der Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WGBU) führt für ein besseres Verständnis der Komplexität des Stadtbegriffes Charakteristika auf, um eine Stadt zu definieren. Diese können in unterschiedlicher Kombination und Ausprägung in einer Stadt vorkommen. Dazu zählen⁵:

- ein kompakter Siedlungskörper mit hoher Bevölkerungs- und Bebauungsdichte, wobei diese in Richtung Stadtrand abnehmen,
- eine funktionale Gliederung der städtischen Räume, beispielsweise in Wohn-, Geschäfts- und Freiflächen,
- eine große wirtschaftliche Relevanz durch einen hohen Anteil an Humankapital und durch eine nationale und internationale Funktion als Finanz-, Industrie-, Kultur- oder Innovationszentren, sowie
- eine hauptsächlich künstliche Natur- und Umweltgestaltung, die oftmals von starker Versiegelung, Landnutzungsänderungen und einem hohen Ressourcenverbrauch geprägt ist und mit dem der Ausstoß von Emissionen sowie einem hohen Aufkommen von Abfall einhergeht.

Stadtentwicklung

Welche Prozesse führen zu einem kompakten Siedlungskörper und einer funktionalen Gliederung der städtischen Räume? Koch und Krellenberg fassen es kurz: „Stadtentwicklung umfasst die Steuerung der Gesamtentwicklung von Städten [...]“⁶ Heinig führt dazu aus, dass Stadtentwicklung ein ständiger und dynamischer Prozess ist und durch

² Vgl. Heineberg (2017): 26ff.

³ Vgl. Brunotte et al. (Hrsg.) (2001): 273.

⁴ Vgl. Heineberg (2017): 31ff.

⁵ Vgl. WGBU (Hrsg.) (2016): 59f.

⁶ Koch/Krellenberg (2021): 19.

von allen in diesem Raum agierenden privaten Akteuren, wie Unternehmen, Investoren, Dienstleister und zivilgesellschaftliche Gruppen, sowie öffentlichen Akteuren, zum Beispiel kommunale Verwaltungen, supranationale Institutionen und nationale Politik, beeinflusst wird. Dabei wird die Entwicklung einer Stadt nicht nur vom Handeln der Akteure durch formelle Instrumente, wie Flächennutzungspläne oder Bauleitplanungen, und informelle Instrumente, wie nationale Stadtentwicklungspolitik oder Stadtentwicklungspläne, bestimmt. Auch wirken die komplexen sozialen und wirtschaftlichen Verflechtungen ebenso wie die Interessen der unterschiedlichen Akteure auf die Entwicklung einer Stadt ein. Unter Stadtentwicklung kann also die Summe aller zufälligen und geplanten materiellen sowie immateriellen, die Stadt verändernden Prozesse verstanden werden.⁷

Das Konzept der nachhaltigen Stadtentwicklung

Im Laufe der Geschichte haben sich unterschiedliche Leitbilder und sich daraus ergebende Konzepte auf die Entwicklung von Städten ausgewirkt. Im Zuge eines wachsenden Umweltbewusstseins ab den 1970er Jahren und der Sorge um eine zukunftsfähige Entwicklung⁸ wurde mit der Veröffentlichung Brundtland-Berichts im Jahr 1987 das Prinzip der nachhaltigen Entwicklung formuliert: „eine Entwicklung, die die Lebensqualität der gegenwärtigen Generation sichert und gleichzeitig zukünftigen Generationen die Wahlmöglichkeit zur Gestaltung ihres Lebens erhält.“⁹ Dieses Prinzip gewann in den Folgejahren einen zentralen Stellenwert für die Gestaltung von Stadtentwicklung und den damit verbundenen Programmatiken. Begründet wird dies vor allem durch den starken Einfluss von Städten auf Umweltprobleme wie Emissionsaufkommen und Ressourcenverbrauch. So wurde bereits ab 1990er Jahren eine nachhaltige Stadtentwicklung als Ziel unter anderem in der Agenda 21 (1992), der Charta der Europäischen Städte und Gemeinden auf dem Weg zur Zukunftsbeständigkeit (auch Charta von Aalborg genannt, 1994)¹⁰ oder der Leipzig Charta für eine nachhaltige europäische Stadt (2007) aufgeführt.¹¹

Als globales Aktionsprogramm zur Transformation der Mitgliedsstaaten in Richtung nachhaltige Entwicklung wurde auf dem Sondergipfel der Vereinten Nationen (englisch United Nations, UN) im Jahr 2015 die Agenda 2030 verabschiedet. Die daraus hervorgehenden 17 Nachhaltigkeitsziele (englisch Sustainable Development Goals, SDGs)

⁷ Vgl. Heinig (2022): 10.

⁸ Vgl. Breuste (2016): 212ff.

⁹ Hauff (Hrsg.) (1987): 46.

¹⁰ Vgl. Koch/Krellenberg (2021):1, 19f.

¹¹ Vgl. Heinig (2022): 29f.

sollen eine Vereinheitlichung der globalen Umsetzung nachhaltiger Entwicklung fördern und an die Herausforderungen der unterschiedlichen nationalen Gegebenheiten angepasst werden.¹² Da die mit den Zielen verbundenen Unterziele und Indikatoren nicht nur im Landesdurchschnitt, sondern auch auf lokaler Ebene erreicht werden sollen, kann ein konkreter Bezug auf die städtische Ebene der Mitgliedsstaaten hergestellt werden. Mit dem SDG 11 (Nachhaltige Städte und Gemeinden: Städte und Siedlungen inklusiv, sicher, widerstandsfähig und nachhaltig gestalten) ist auch eine explizite Benennung der nachhaltigen Stadtentwicklung im Zielsystem der Agenda 2030 verankert. Hierdurch wird die Relevanz von Städten zum Erreichen einer nachhaltigen Entwicklung nochmals bekräftigt.¹³ Darüber hinaus besteht ein systematischer Zusammenhang zwischen nachhaltiger Stadtentwicklung und den anderen SDGs. So sind beispielsweise für das Erreichen von SDG 4 (Hochwertige Bildung), SDG 6 (Sauberes Wasser und sanitäre Einrichtungen) und SDG 7 (Erneuerbare Energien) städtische Maßnahmen von zentraler Bedeutung.¹⁴ Anknüpfend an die Agenda 2030 wurde im Jahr 2016 auf der dritten Habitat-Konferenz der UN in Quito (Ecuador), die New Urban Agenda verabschiedet. Auch in dieser Agenda wird die Bedeutung nachhaltiger Stadtentwicklung betont; durch das Aufstellen globaler Standards soll die Umsetzung der SDGs im städtischen Kontext gefördert werden.¹⁵ Als neuste Entwicklung auf europäischer Ebene kann die Weiterentwicklung der Leipzig Charta aus dem Jahr 2009 angesehen werden. Die Neue Leipzig Charta, die im Jahr 2020 verabschiedet wurde, bekräftigt das Anliegen einer nachhaltigen Stadtentwicklung und verknüpft die SDGs mit der New Urban Agenda.¹⁶

Laut Rink gibt es, ähnlich wie beim Stadtbegriff, keine allgemeingültige Definition einer nachhaltigen Stadtentwicklung, bzw. urbaner Nachhaltigkeit.¹⁷ Für die vorliegende Arbeit soll die Definition des Programms der Vereinten Nationen für menschliche Siedlungen (UN-HABITAT) herangezogen werden:

„A sustainable city has to achieve a dynamic balance among economic, environmental and socio-cultural development goals, framed within a local governance system characterized by deep citizen involvement and inclusiveness“¹⁸

¹² Vgl. von Hauff (2021): 194,196.

¹³ Vgl. Koch/Krellenberg (2021): 7f.

¹⁴ Vgl. ebenda: 9ff.

¹⁵ Vgl. ebenda: 22f.

¹⁶ Vgl. BBSR (Hrsg.) (2021): 1, 4.

¹⁷ Vgl. Rink (2018): 240.

¹⁸ UN-Habitat (Hrsg.) (2016): 38.

Diese Definition spiegelt sich auch in der inhaltlichen Konkretisierung einer nachhaltigen Entwicklung auf städtischer Ebene wider. Hierbei haben sich die Dimensionen Ökonomie (economic), Ökologie (environmental) und Soziales (socio-cultural) unter Annahme einer prinzipiellen Gleichberechtigung (dynamic balance) auf städtischer, politischer und gesellschaftlicher Ebene weitgehend durchgesetzt. Vor allem für die öffentliche Akteure der Stadtentwicklung, der städtischen Verwaltungsebene, hat der dreidimensionale Ansatz eine weite Verbreitung gefunden,¹⁹ während eine systematische Integration der SDGs eher auf nationaler Ebene zu verorten ist.²⁰ Für die Bearbeitung der drei Dimensionen sollen Heinig zufolge alle Aspekte der Nachhaltigkeit als integraler Bestandteil der Stadtentwicklung, ihrer Strategien und Instrumente betrachtet werden. Dem folgend, sollen sowohl zur Gewichtung der einzelnen Dimensionen als auch zur Beachtung von Zielkonflikten ein Bezug auf die lokalen Problemstellungen und Entwicklungsziele der Stadt hergestellt werden. Entsprechende Handlungsfelder können so definiert und zielgerichtet bearbeitet werden. Dazu ist eine Abwägung und gesellschaftliche Aushandlung durch gerechte Teilhabe an Entscheidungen (deep citizen involvement and inclusiveness) zur Gestaltung der Stadtentwicklungsprozesse erforderlich.²¹

Im Folgenden sollen die oben genannten Dimensionen, deren Ziele und Kriterien sowie den sich daraus ergebenden Handlungsfelder im Kontext der nachhaltigen Stadtentwicklung erläutert werden.

2.2 Die Dimensionen einer nachhaltigen Stadtentwicklung

Für die vorliegende Arbeit wird analog zur städtischen Praxis die mehrdimensionale Darstellung mit einer prinzipiellen Gleichberechtigung der ökologischen, sozialen und ökonomischen Dimensionen zugrunde gelegt. In einigen Ausführungen werden auch eine kulturelle und eine politisch-institutionelle Dimension genannt, diese haben sich jedoch in der kommunalen Praxis bisher nicht durchgesetzt, bzw. werden indirekt unter der sozialen Dimension subsumiert.²² Global wurden unterschiedliche Rahmenwerke und Indikatoren-Sets zur Bewertung von urbaner Nachhaltigkeit entwickelt, wie beispielsweise der City Development Index des Programms der Vereinten Nationen für menschliche Siedlungen. In der städtischen Praxis werden diese - ähnlich wie im Fall der SDGs - nicht

¹⁹ Vgl. Heinig (2022): 42, Kropp (2019): 12, Rink (2018): 240.

²⁰ Vgl. Bertelsmann Stiftung (Hrsg.) (2023): 40, Koch/Krellenberg (2021): 25.

²¹ Vgl. Heinig (2022): 43.

²² Vgl. Grunwald/Kopfmüller (2022): 89.

systematisch eingesetzt und weisen technische sowie konzeptionelle Limitationen auf.²³

Tabelle 1 stellt daher eine Zusammenstellung der zentralen Ziele, Kriterien und Handlungsfelder zur Ausgestaltung einer nachhaltigen Stadtentwicklung aus der Literatur dar.

	Ökologische Dimension	Soziale Dimension	Ökonomische Dimension
Zentrale Ziele	Sicherung der natürlichen Ressourcen und Lebensräume für heutige und zukünftige Generationen auf lokaler und globaler Ebene durch Erhalt der urbanen Ökosysteme und deren Funktionalität als Grundlage der menschlichen Existenz.	Sicherung der intra- und inter-generationellen Gerechtigkeit und hoher Lebensqualität auf lokaler und globaler Ebene durch Erhalt der sozialen Grundgüter zur Befähigung einer selbstbestimmten Lebensgestaltung.	Sicherung der Befriedigung materieller Grundbedürfnisse für heutige und zukünftige Generationen durch Erhalt der ökonomischen Systeme und deren Funktionalität im Rahmen der planetaren Grenzen.
Kriterien	<ul style="list-style-type: none"> Energieeffizienz und geringer Ressourcenverbrauch effiziente Trink- und Abwassersysteme Abfall- und Recyclingmanagement hohe Luftqualität und Lärmschutz hoher Anteil Grün- und Freiflächen nachhaltiges Flächenmanagement Bodenschutz Schutz der urbanen Biodiversität Umweltschutz Anpassung an die Folgen des Klimawandels 	<ul style="list-style-type: none"> gerechter Zugang zu Bildung Gesundheitsförderung Ernährungssicherung Trinkwasser- und Sanitärversorgung ÖPNV-Angebote Zugang zu erneuerbarer Energie Grüne Wohnquartiere und Gebäude Zugang zu Erholungs- und Begegnungsräumen soziale Gerechtigkeit und Teilhabe an politischen Entscheidungsprozessen soziale Kohäsion und Kohärenz 	<ul style="list-style-type: none"> gerechter Zugang zu Ressourcen und inklusiver Entwicklung nachhaltige Wirtschaftspraktiken menschenwürdige Arbeitsplätze faire Einkommens- und Vermögensverteilung lokale Wirtschaftsbranchen und Diversifizierung Produktion und Einsatz erneuerbarer Energien Entwicklung und Einsatz von Innovationen und Technologien
Handlungsfelder	<ul style="list-style-type: none"> → Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz und zur Verringerung des städtischen Ressourcenverbrauchs → Investitionen in Wasserschutz und -recycling → Investitionen in verbesserte Abfallmanagementsysteme → Anheben von Recyclingquoten → Entwicklung und Ausbau von Grünflächen und grüner Infrastrukturen → Förderung natürlicher Kohlenstoffsenken → Schutz und Verbesserung urbaner Ökosysteme und deren Leistungen → Entsiegelung, Verringern der Neuversiegelung → Programme und Maßnahmen zum Schutz der Böden, Waldflächen und umgebende Naturschutzgebiete → Programme und Maßnahmen zum Schutz und zur Förderung der urbanen Biodiversität → Risikoanalysen, Katastrophenschutz → Programme und Maßnahmen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels 	<ul style="list-style-type: none"> → Investitionen in Bildung, Kinderbetreuung, Gesundheits- und soziale Sicherungssysteme → Kompetenzaufbau → Förderung von gesunden Lebensstilen und gerechte Bereitstellung von Bewegungsräumen → Investition in Trinkwasserschutz und universellem Zugang zu Sanitäreinrichtungen → Förderung lokaler Ernährungsproduktion im Austausch mit der ländlichen Umgebung → Ausbau von ÖPNV und Elektrifizierung der Mobilität → kompakter und sozial gerechter Wohnungsbau, Nutzung von Leerstand → Maßnahmen gegen informelle Wohnsiedlungen → gerechter Zugang zu urbanen Grün-, Erholungs- und Begegnungsräumen in unmittelbarer Wohnnähe → partizipatorische Gestaltung der Prozesse der Stadtentwicklung → Förderung des sozialen Zusammenhaltes 	<ul style="list-style-type: none"> → Förderung von Kreislaufwirtschaft → Investitionen und Unterstützung bei Kapazitätsaufbau → Anreize für die Etablierung von Nachhaltigkeitsmanagementsystemen → Förderung und Überprüfung von sozialen Arbeitsstandards → Anreize für Ansiedelung lokal agierender Wirtschaftsbranchen → Ausbau der Infrastruktur und der Energiesysteme für erneuerbare Energie → Förderung der Anwendung von Technik zur Steigerung der Effizienz → Aufbau und Förderung von Kooperationen und Netzwerke zum Nutzen von Synergieeffekten → effizienter Einsatz von Investitionen und Kosteneffizienz von Managementaufwendungen

Tab. 1: Dimensionen, Ziele, Kriterien und Handlungsfelder einer nachhaltigen Stadtentwicklung; Quelle: Eigene Darstellung, Zusammenstellung nach Zeng et al. (2022): 12f, 16; Knickel et al. (2021): 5, Kropp (2019): 11f., Profé (2017):100-104, Breuste (2016): 13f., 18, 216, UN (Hrsg.) (2013): 62ff.

²³ Vgl. Huang et al (2015): 1190.

Die ökologische Dimension

Der Schutz der natürlichen Ressourcen steht als Grundlage für die menschliche Existenz und deren wirtschaftliche Aktivitäten im Fokus der ökologischen Dimension. Diese Aktivitäten spielen eine maßgebliche Rolle zur Befriedigung der menschlichen Bedürfnisse und einer angemessenen Lebensqualität.²⁴ Als wirtschaftliche Zentren mit hoher Bebauungsdichte zeichnen sich Städte wie vom WGBU beschrieben durch eine stark beeinflusste Natur, ein hohes Emissionsaufkommen sowie einen hohen Ressourcen- und Flächenverbrauch aus. Die damit einhergehenden Problematiken tragen dazu bei, dass die Umwelt als Grundlage der menschlichen Existenz lokal und global bedroht ist.²⁵ Daher stellen eine höhere Energieeffizienz, die Verringerung des Ressourcenverbrauchs sowie Trink-, Abwasser-, Abfall- und Recyclingsysteme innerhalb der städtischen Struktur wichtige Kriterien der ökologischen Dimension dar. Umweltschutz, die Förderung der urbanen Biodiversität, die Entwicklung von Grünflächen und grüner Infrastruktur, ein entsprechendes Flächenmanagement sowie Maßnahmen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels sind weitere Kriterien, die eine ökologisch nachhaltige Stadtentwicklung ausmachen.²⁶

Die soziale Dimension

Städte weisen eine hohe Bevölkerungsdichte auf. Dabei treten im städtischen Gebiet sozioökonomische Ungleichheiten auf, die sich nicht nur auf materielle Aspekte, sondern auch für den Zugang zu Bildung, versorgender Infrastruktur, Gesundheitseinrichtungen, sauberer Energie sowie im Zugang zu Wohn- und Grünflächen zeigen. Besonders ärmere Bevölkerungsteile und marginalisierte Gruppen sind vermehrt von diesen ungleichen Zugängen betroffen. Auch eine Teilhabe an politischen Entscheidungen, die im Rahmen von Stadtentwicklung stattfinden, ist nicht gleichmäßig auf alle Bevölkerungsteile einer Stadt verteilt. Daher zielen die Kriterien der sozialen Dimension einer nachhaltigen Stadtentwicklung vor allem auf diese Problemstellungen ab.²⁷ Ein zentrales Ziel der sozialen Dimension von nachhaltiger Stadtentwicklung ist die gerechte Verteilung sozialer Grundgüter²⁸, das Ermöglichen eines selbstbestimmten Lebens sowie eine hohe Lebensqualität für heutige und zukünftige Generationen.²⁹

²⁴ Vgl. Kropp (2019): 11.

²⁵ Vgl. Zeng et al. (2022): 16.

²⁶ Vgl. Breuste (2016): 14, UN (Hrsg.) (2013): 63f.

²⁷ Vgl. Knickel et al. (2021): 10f., UN (Hrsg.) (2013): 63f.

²⁸ Die sozialen Grundgüter beinhalten u.a. individuelle Güter (z.B. Gesundheit, Grundversorgung, Wohnen, Bildung, politische Teilhabe) und befähigen ein Individuum zu einer würdigen und selbstbestimmten Lebensgestaltung. Vgl. Grunwald/Kopfmüller (2022): 89f.

²⁹ Vgl. Kropp (2019): 11f.

Die ökonomische Dimension

Für Städte als Wirtschafts- und Innovationszentren ist die ökonomische Dimension einer nachhaltigen Stadtentwicklung vor allem durch nachhaltige Wirtschaftspraktiken der ansässigen Unternehmen, menschenwürdige Arbeitsverhältnisse und gerechte Einkommens- und Vermögensverteilung geprägt. Daneben stellen lokale Wirtschaftszweige, deren Diversifizierung sowie der Einsatz von erneuerbarer Energie und innovativen Technologien beispielsweise zur Effizienzsteigerung wichtige Kriterien der ökonomischen Dimension dar.³⁰ Unter Berücksichtigung der Endlichkeit natürlicher Ressourcen sind die Akteure der Stadt und ihrer Entwicklung im Rahmen der ökonomischen Dimension dazu angehalten, eine langfristige, gerechte und inklusiv gestaltete Wirtschaftsentwicklung zu forcieren, um heutige und zukünftige Bedürfnisse der Gesellschaft zu befriedigen.³¹

Handlungsfelder von Städten

Aus den mehrdimensionalen Kriterien einer nachhaltigen Stadtentwicklung ergibt sich eine Vielzahl von Anforderungen auf der internationalen, nationalen und lokalen Ebene, die sich an die unterschiedlichen öffentlichen und privaten Akteure richten. Aus diesen Anforderungen lassen sich entsprechende Handlungsfelder ableiten. Diese Ableitung stellt einen weiteren Schritt für eine Konkretisierung der Ziele und Kriterien einer nachhaltigen Stadtentwicklung dar. Die Handlungsfelder bilden die Grundlage für die Entwicklung von Handlungsstrategien zur Verwirklichung einer nachhaltigen Stadtentwicklung.³² Aus Tabelle 1 wird ersichtlich, dass vor allem investive und strategische Maßnahmen benötigt werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass sich die Auswahl der konkreten Handlungsfelder und Maßnahmen an den lokalen Herausforderungen der Stadt orientieren sollten.³³ Zum Beispiel weisen Länder des Globalen Südens durch ihre Entwicklungsdynamiken andere Rahmenbedingungen und Problemstellungen auf als Länder des Globalen Nordens.³⁴ Um die Prozesse der Stadtentwicklung in eine nachhaltige Richtung zu lenken ist eine Auswahl der jeweils relevanten Handlungsfelder und deren Priorisierung notwendig. Dies gilt analog für die Berücksichtigung von Synergien und Zielkonflikten, die sich aus den Handlungsfeldern ergeben.³⁵

³⁰ Vgl. Zeng et al. (2022): 12, 16f., UN (Hrsg.) (2013): 63f.

³¹ Vgl. Knickel et al. (2021): 11f., Kropp (2019): 11f.

³² Vgl. WGBU (Hrsg.) (2016): 163.

³³ Vgl. Heinig (2018): 43.

³⁴ UN (Hrsg.) (2013): 63.

³⁵ Vgl. Heinig (2018): 43.

So wirkt sich beispielsweise die Entwicklung von städtischen Grünflächen positiv auf die ökologische Dimension aus, indem diese Flächen zur Verbesserung der Luftqualität, des städtischen Mikroklimas und der Biodiversität beitragen. Synergien ergeben sich mit den Zielen und Handlungsfeldern der sozialen Dimension, da Grünflächen als Begegnungsräume den sozialen Zusammenhalt stärken können, Möglichkeiten zur physischen Aktivität bieten und sich positiv auf die Gesundheit und das menschliche Wohlbefinden auswirken.³⁶ Ebenfalls sind Synergien mit den Handlungsfeldern der ökonomischen Dimension möglich, da Grünflächen auf lokaler Ebene zu einer ökologisch nachhaltigen Wirtschaft beitragen können. Zu nennen ist hier unter anderem das Entstehen von Arbeitsplätzen zur Entwicklung und Pflege der grünen Strukturen.³⁷ Gleichzeitig kann die Entwicklung von Grünflächen auch Zielkonflikte mit sich bringen. Durch den Wasserverbrauch, die Instandhaltungs- und Managementaufgaben entstehen ökonomische Kosten, die von der Stadt und ihren Akteuren gedeckt werden müssen. Einige Pflanzen, die sich auf Grünflächen ansiedeln können, weisen hochallergene Effekte auf, die sich negativ auf das menschliche Wohlbefinden auswirken und zu Kosten im Gesundheitssystem führen können.³⁸ Auch kann Grünflächenentwicklung auf der sozialen Ebene durch eine Aufwertung der Attraktivität zu steigenden Miet- und Immobilienpreisen führen und die Verdrängung marginalisierter Bevölkerungsteile, sogenannte Gentrifizierungsprozesse, mit sich bringen.³⁹ Für die Bearbeitung solcher Zielkonflikte sind partizipative Prozesse innerhalb der Stadtentwicklung von großer Bedeutung, um die unterschiedlichen Bedürfnisse zu ermitteln und soziale Nachhaltigkeit durch gerechte Teilhabe zu gewährleisten.⁴⁰

Eine nachhaltige Stadtentwicklung zielt darauf ab, die mit der Stadtentwicklung verbundenen dynamischen formellen und informellen Prozesse, Praktiken und Politiken so zu gestalten, dass die ökologischen, sozialen und ökonomischen Aspekte in eine Balance gebracht werden, welche die lokalen Herausforderungen berücksichtigt und global zum Erhalt dieser Systeme für heutige und zukünftige Generationen beiträgt.

Obwohl die obenstehenden Erläuterungen nicht als abschließend betrachtet werden können, konnte basierend auf den Dimensionen der Nachhaltigkeit eine Vielzahl an

³⁶ Vgl. Breuste (2019): 106, 254f.

³⁷ Vgl. Pauleit et al. (2019): 782.

³⁸ Vgl. Cariñanos et al. (2017): 80.

³⁹ Vgl. Breuste (2019): 106.

⁴⁰ Vgl. Pauleit et al. (2019): 788.

Handlungsfeldern zum Erreichen einer nachhaltigen Stadtentwicklung aufgezeigt werden (siehe Tabelle 1). Im Folgenden sollen die obigen Ausführungen zu städtischen Grünflächen als möglicher Lösungsansatz für die Bearbeitung der Handlungsfelder zur Förderung einer nachhaltigen Stadtentwicklung vertieft werden.

2.3 Grünflächen und grüne Infrastruktur als Element einer nachhaltigen Stadtentwicklung

Wie im vorangegangenen Kapitel aufgezeigt, ergeben sich für Städte eine Vielzahl an Handlungsfeldern zur Verwirklichung einer nachhaltigen Stadtentwicklung. Seit einigen Jahren wird Grünflächenentwicklung und der Ausbau sogenannter grüner Infrastruktur global vermehrt als ein möglicher Lösungsansatz zur Bearbeitung dieser Handlungsfelder herangezogen und mit ihnen ökologische, ökonomische und soziale Ziele verknüpft. Hierzu zählen beispielsweise die Förderung menschlichen Wohlbefindens und Gesundheit, sozialem Zusammenhalt, nachhaltigem Wirtschaften sowie zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels und der Schutz der urbanen Biodiversität. Wissenschaftliche Erkenntnisse weisen zunehmend auf das Potenzial von Grünflächen und grüner Infrastruktur zur Förderung einer nachhaltigen Stadtentwicklung hin.⁴¹

Grünflächen und grüne Infrastruktur

Städtische Grünflächen, auch Grünräume genannt, stellen einen Teil der grünen Infrastruktur (GI) dar. Im Unterschied zu Grünflächen und deren Entwicklung zeichnet sich GI durch eine Planung und Entwicklung als zusammenhängendes Netzwerk aus. Das so entstehende Verbundsystem an Grünflächen soll eine höhere Funktionalität bieten.⁴² GI beinhaltet alle Formen grüner Freiräume und begrünter Gebäude. In urbanen Gebieten sind dies neben Parkanlagen, Friedhöfen, Kleingartenanlagen und privaten Gärten auch Brach- und Sportflächen, Spielplätze, Straßenbäume sowie Naturschutzflächen. Auch kombinierte Ansätze grüner und konventioneller Infrastruktur wie Straßenbegleitgrün, begrünte Gleistrassen, Fassaden- und Dachbegrünung fallen als sogenannte hybride Ansätze unter GI. Daneben zählen die Grünräume städtischer Wälder⁴³ zur GI. Als

⁴¹ Vgl. Pauleit et al. (2019): 782.

⁴² Vgl. Breuste (2019): 252ff.

⁴³ Generell unterliegt die Definition von Wäldern auf globaler Ebene unterschiedlichen gesetzlichen oder programmatischen Richtlinien. In Deutschland beispielsweise legt das Bundeswaldgesetz fest, was im Sinne des Gesetzes als Wald gilt, wobei den Bundesländern eigene Zurechnungsregelungen eingeräumt werden (§2 Absatz 1 bis 3 Bundeswaldgesetz). Eine gute Übersicht über die internationalen Definitionen, beispielsweise der Food and Agriculture Organization oder im Rahmen des Kyoto-Protokolls, findet sich in Breuste (2022): 126f. Laut Bartsch wird generell ein geschlossenes Kronendach, das Vorkommen von walddtypischen Lebensgemeinschaften sowie ein entsprechendes Waldmikroklima als Waldfläche verstanden. Vgl. Bartsch et al. (2020): 13f.

Stadtwald wird ein Wald bezeichnet, der sich im unmittelbaren Einzugsgebiet einer Stadt befindet. Dabei ist der kommunale Besitz keine zwingende Notwendigkeit. Städtische Wälder können sowohl ursprüngliche und naturnahe als auch künstlich angelegte Wälder beinhalten.⁴⁴

Die Planung, Entwicklung und Umsetzung von Grünflächen und GI wird als Gemeinschaftsaufgabe zivilgesellschaftlicher, privatwirtschaftlicher und staatlicher Akteure verstanden, da sich Grünflächen im urbanen Raum sowohl in privater als auch in öffentlicher Hand befinden. Um dies zu gewährleisten, müssen die öffentlichen Verwaltungen, die in erster Linie für die strategische Planung der Stadtentwicklung zuständig sind, entsprechende Partnerschaften zwischen den Akteuren und kooperative sowie beteiligende Strategien entwickeln.⁴⁵ Im europäischen Raum hat besonders die Europäische Union im Rahmen unterschiedlicher Strategien und Programmatiken eine zentrale Rolle für den Einsatz und die Verbreitung von GI und Grünflächen eingenommen.⁴⁶ In diesem Zusammenhang stellen Lombardia und Gómez-Villarino fest, dass die Grünflächen der GI zum Erreichen aller 17 SDGs beitragen können. 74 (44%) der 169 Unterziele können durch GI und deren Grünflächen positiv beeinflusst werden. Vor allem für das SDG 11 (Nachhaltige Städte und Gemeinden) wird ein signifikanter Beitrag von Grünflächen und GI zum Erreichen der Unterziele konstatiert.⁴⁷

Ökosystemleistungen

Die zunehmende Verbreitung des Einsatzes von Grünflächen zur Förderung einer nachhaltigen Stadtentwicklung kann vor allem durch deren Multifunktionalität begründet werden. Grünflächen erbringen verschiedene Leistungen auf gleicher Fläche, bzw. zur gleichen Zeit.⁴⁸ Diese Leistungen werden unter dem Begriff Ökosystemleistungen (ÖSL), oder auch Ökosystemdienstleistungen, subsumiert und auf städtischer Ebene als urbane ÖSL bezeichnet. Unter urbanen ÖSL werden im weitesten Sinne Leistungen verstanden, die durch die Stadtnatur erbracht und vom Menschen genutzt, bzw. konsumiert werden.⁴⁹

⁴⁴ Vgl. Breuste (2019): 47, 253.

⁴⁵ Vgl. ebenda: 252ff.

⁴⁶ Vgl. Pauleit et al. (2019): 782.

⁴⁷ Vgl. Lombardia/Gómez-Villarino (2023): 8.

⁴⁸ Vgl. Pauleit et al. (2019): 787.

⁴⁹ Vgl. Grunewald/Bastian (Hrsg.) (2013): 3.

Wie in Abbildung 1 dargestellt, basieren diese Leistungen auf den Eigenschaften und natürlichen Funktionen von Ökosystemen und stellen Beiträge für das menschliche Wohlergehen dar. In diesem Zusammenhang haben sich unterschiedliche Rahmenwerke für eine ökonomische Bewertungen von ÖSL entwickelt, beispielsweise der Ansatz *Economics of Ecosystems and Biodiversity* (TEEB) oder die Arbeiten der europäischen Umweltagentur *Common International Classification of Ecosystem Services* (CICES).⁵⁰

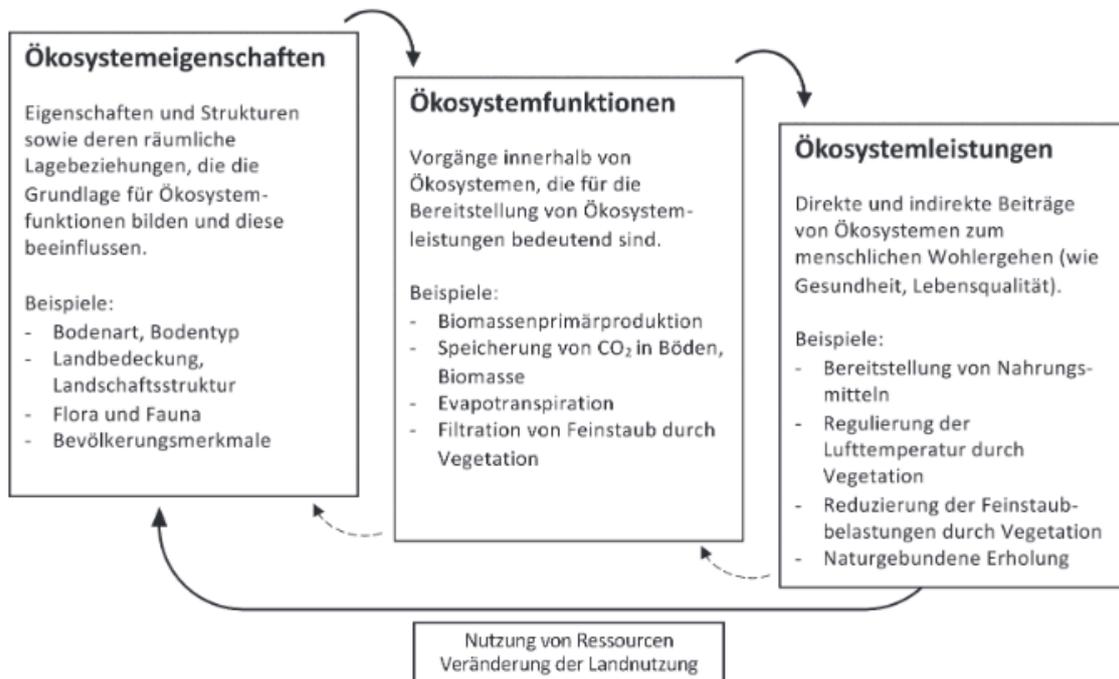


Abb. 1: Schematische Darstellung der stufenartigen Zusammenhänge von Eigenschaften, Funktionen und Leistungen von Ökosystemen. Durchgezogene Linien zeigen die direkten, gestrichelte Linien die indirekten Einflüsse; Quelle: Dworczyk/Burkhard (2020): 178.

Weit verbreitet ist die Einteilung der ÖSL in vier Klassen⁵¹:

- unterstützende Leistungen,
- Regulationsleistungen,
- Versorgungsleistungen und
- soziokulturelle Leistungen.

Zu den unterstützenden Leistungen, wie in Abbildung 1 auch als Ökosystemfunktionen bezeichnet, zählen dabei alle Prozesse, welche die notwendigen Bedingungen für die

⁵⁰ Vgl. Grunewald/Bastian (Hrsg.) (2013): 56.

⁵¹ Vgl. Kowarik et al. (Hrsg.) (2016): 24f.

Existenz von Ökosystemen und damit die Voraussetzung für alle weiteren Ökosystemleistungen liefern. Hierunter fallen beispielsweise Nährstoffkreisläufe, Bodenbildung, Kohlenstoffspeicherung oder Photosynthese.⁵² Am Beispiel von Stadtwäldern sollen die weiteren Klassen der ÖSL erläutert werden.

Ökosystemleistungen städtischer Wälder

Unter Regulationsleistungen werden Prozesse und Funktionen von Ökosystemen und der Biosphäre verstanden, die Belastungen vermindern und die Umweltqualität verbessern. Dazu zählen existenzielle Prozesse wie Energieumwandlung und Klimaregulation. So verbessern Stadtwälder durch Verdunstung und Schattenwurf das Mikroklima ihrer direkten Umgebung. Gleichzeitig trägt dies zu einem kühlenden Effekt bei. Vor allem stark bebaute, bzw. versiegelte Bereiche weisen im Gegensatz zu ihrer Umgebung höhere Temperaturen auf. Dies wird als urbaner Hitzeinseleffekt (UHI-Effekt) bezeichnet. Diese Wirkung wird durch steigende Temperaturen potenziert, so dass Stadtwälder im Rahmen einer Anpassung an die Folgen des Klimawandels eine wichtige Funktion zur lokalen Temperaturregulierung erfüllen können.⁵³ Auch tragen Stadtwälder durch ihre Wirkung als Schadstofffilter zu einer besseren Luftqualität bei. Dies wirkt sich besonders in urbanen Gebieten positiv auf die Gesundheit der Stadtbewohner aus, da hier u.a. durch hohes Verkehrsaufkommen oftmals eine schlechte Luftqualität herrscht. Daneben speichern sowohl die Bäume als auch der Boden eines Stadtwaldes Kohlenstoff. Grünflächen werden daher auch als sogenannte Kohlenstoffsinken bezeichnet. Das lokale Entziehen von Kohlenstoff aus der Umgebung wirkt sich ebenfalls positiv auf den globalen Klimaschutz aus. Zusätzlich weisen Stadtwälder im Vergleich zu versiegelten Bereichen eine höhere Wasserspeicherkapazität auf und können besonders bei Starkregenereignissen und Überschwemmungen als Retentionsfläche im Rahmen von Anpassungsmaßnahmen an die Folgen des Klimawandels dienen.⁵⁴

Die Versorgungsleistungen beinhalten Güter und Produkte, die innerhalb von Ökosystemen als Ertrag bereitgestellt werden. Durch einen Stadtwald werden beispielsweise Nahrungs- und Produktionsmittel in Form von Beeren, Pilzen und Samen bereitgestellt. Daneben wirken sich Stadtwälder positiv auf die Grundwasserversorgung aus, da sie

⁵² Vgl. Grunewald/Bastian (Hrsg.) (2013): 48.

⁵³ Vgl. Baumüller (2019): 205f.

⁵⁴ Vgl. ebenda: 204.

durch ihre Bodenschichten zur Wasserfilterung beitragen.⁵⁵ Auch die touristische Nutzung des Stadtwaldes und deren wirtschaftliche Beiträge können unter den Versorgungsleistungen aufgeführt werden.⁵⁶

Die soziokulturellen Leistungen umfassen die Nutzung von Grünflächen als Ruhe-, Bewegungs- und Erholungsort. Urbane Wälder können einen positiven Gesundheitsbeitrag durch Möglichkeiten zum Stressabbau leisten. Gleichzeitig sind sie Orte der Begegnung und können zur Naturerfahrung und -bildung beitragen. Dies wirkt sich wiederum positiv auf den sozialen Zusammenhalt der Stadtbevölkerung aus.⁵⁷ Daneben spielen auch die ästhetischen, spirituellen und kulturellen Aspekte von städtischen Wäldern eine wichtige Rolle innerhalb der soziokulturellen Leistungen.⁵⁸

Neben den positiven Leistungen von Ökosystemen können von diesen auch negative Wirkungen ausgehen. Zu diesen, als Disservices bezeichneten, Wirkungen zählen beispielsweise hochallergene Baumpollen oder der Ausstoß flüchtiger organischer Verbindungen, welche die Bildung von bodennahem Ozon befördern.⁵⁹ Auch die Schädigung von baulichen Strukturen durch Wurzeltrieb, Sichtbehinderungen im Straßenverkehr sowie Verletzungen durch herabfallende Äste zählen zu den negativen Wirkungen. Diese sollten innerhalb der Planung und Entwicklung von urbanen Waldflächen sowie von Grünflächen und GI im Allgemeinen in allen Prozessen Stadtentwicklung berücksichtigt werden, um so die Potenziale der ÖSL optimal nutzen zu können.⁶⁰

Stadtwälder bieten als Ökosysteme eine Vielzahl an wichtigen Leistungen, die zur Förderung einer nachhaltigen Stadtentwicklung beitragen. Sie können als einzelne Grünfläche oder durch Netzwerkverbindungen im Rahmen von GI entwickelt werden. Bestehende urbane Wälder weisen oftmals eine große Fläche auf.⁶¹ Ein Spezifikum der Miyawaki-Methode stellt die Nutzung von verhältnismäßig kleinen bzw. abgegrenzten Flächen zur Entwicklung städtischer Wälder dar. Dies soll im Folgenden erläutert werden.

⁵⁵ Vgl. Grunewald/Bastian (Hrsg.) (2013): 49.

⁵⁶ Vgl. Kowarik et al. (2016): 186f.

⁵⁷ Vgl. ebenda: 186f.

⁵⁸ Vgl. Flitner (2017): 52.

⁵⁹ Vgl. Henninger/Weber (2019): 219.

⁶⁰ Vgl. Kowarik et al. (2016): 25f.

⁶¹ Vgl. Breuste (2019): 47, 49.

2.4 Mikrowälder nach der Miyawaki-Methode als Instrument der Grünflächenentwicklung

Der Begriff Mikrowald ist in erster Linie eine Wortzusammensetzung aus dem Präfix ‚mikro-‘ für klein, bzw. kleiner als normal⁶² und dem Substantiv Wald. So beschreibt der Begriff einen Wald, bzw. eine waldähnliche Struktur auf kleinem Raum. Seit Mitte der 2010er Jahre gewann vor allem der englische Begriff Tiny Forest weltweit zunehmende Popularität und fand im Kontext der Stadtentwicklung eine stärkere Verbreitung.⁶³

Die Miyawaki-Methode

Die zunehmende Popularität ist vorwiegend auf die mögliche Anwendung auf kleinen Flächen zurückzuführen. Durch die vorherrschenden Fragmentierungsprozesse und die Flächenkonkurrenz innerhalb des kompakten und dicht bebauten Siedlungskörpers einer Stadt stehen kleinere Flächen eher zur Verfügung als größere. Laut dem Begründer der Methode, Professor Akira Miyawaki (*Januar 1928, † Juli 2021), reiche bereits eine Fläche mit einem bis drei Metern Breite für die Anwendung der Methode aus.⁶⁴ Ein weiteres Merkmal stellt die von Miyawaki beschriebene schnelle Wachstumsrate dar: Durch die Anwendung der Methode sei es möglich, die natürlichen Prozesse einer Waldentwicklung zu verkürzen und einen reife-ähnlichen Wald in 20 bis 30 Jahren, statt in 100 bis 250 Jahren zu etablieren. Abbildung 2 zeigt einen unter der Leitung von Miyawaki gepflanzten städtischen Wald zu Beginn (links) und 27 Jahre später (rechts).⁶⁵



Abb. 2.: Gegenüberstellung einer Fläche auf der die Miyawaki-Methode angewendet wurde. Links zeigt das Jahr 1978, rechts das Jahr 2005, Yokohama Nationaluniversität, Yokohama, Japan; Quelle: Miyawaki (2008): 195.

⁶² Vgl. Dudenredaktion (o.J): „mikro“ auf Duden online.

⁶³ Vgl. Miyawaki (2008): 193f.

⁶⁴ Vgl. ebenda: 190.

⁶⁵ Vgl. Miyawaki/Box (2006): 159.

Die Methode wurde ursprünglich zur Instandsetzung von bewaldeten Flächen in den 1970er Jahren in Japan entwickelt. Neben der Wiederaufforstung von degradierten Wäldern wurde sie vor allem in späteren Jahren zur Entwicklung von bewaldeten Grünflächen unterschiedlicher Größe und von grüner Infrastruktur mit entsprechenden Netzwerken in städtischen Gebieten eingesetzt.⁶⁶ Laut Miyawaki zielen die herkömmlichen Methoden der kleinteiligen Grünflächenentwicklung vor allem auf Verschönerung und dem Füllen leerer Flächen ab. Dies verursache hohe Kosten durch die benötigte Pflege und Instandhaltung. Sein Ansatz grenze sich vor allem durch einen Fokus auf eine hohe Funktionalität und den Selbsterhalt von Waldflächen als Ökosystem ab.⁶⁷ Zusammen mit seinen Teams erforschte Miyawaki die Methode bis zum Jahr 2008 auf über 1500 Flächen unterschiedlicher Waldgebiete in Japan, Südostasien und Südamerika.⁶⁸ Vor allem ab den 1980er Jahren wurde die Methode unter dem Namen Umweltschutzwald (englisch environmental protection forest) zum Begrünen von städtischen Wohngebieten angewendet – laut Miyawaki eines der wichtigsten Ziele seiner Arbeit.⁶⁹

Die Methode besteht aus den folgenden sechs Schritten⁷⁰:

1. Pflanzensoziologische Feldanalyse und Bodenuntersuchung der Fläche,
2. Erstellung eines Grundplanes inklusive Feinplanung bezüglich der Artenauswahl, deren Position und der benötigten Bodenanreicherung,
3. Erstellung eines Implementierungsplanes inklusive konkreter Richtlinien für die Pflanzung und benötigtem Material wie Mulch und organischem Dünger,
4. Bodenvorbereitungen auf der Fläche,
5. Pflanzung von zuvor angezuchteten Setzlingen mit voll entwickeltem Wurzelsystem im Rahmen einer öffentlichen Veranstaltung (englisch planting festival) unter Einbindung von Freiwilligen und lokalen Behörden; anschließende Abdeckung mit einer Stroh- bzw. Mulchschicht zum Schutz vor Wasserverlust, Erosion und als Habitat für Mikroorganismen und Insekten sowie
6. Pflege der Fläche für zwei bis drei Jahre durch Entfernen von Unkraut, das der Stroh- bzw. Mulchschicht hinzugefügt wird und eventuelle Bewässerung in Trockenperioden.

⁶⁶ Vgl. Miyawaki/Box (2006): 173.

⁶⁷ Vgl. Miyawaki (2008): 188.

⁶⁸ Vgl. ebenda: 193.

⁶⁹ Vgl. Miyawaki/Box (2006): 173.

⁷⁰ Vgl. ebenda: 159ff.

Durch eine schnelle Wachstumsrate von ungefähr einem Meter pro Jahr sei nach dem oben genannten Zeitraum keine Unkrautentfernung mehr nötig. Ein stabiles und zunehmend diverses Ökosystem könne sich laut Miyawaki auf diese Weise nach drei bis fünf Jahren ausbilden und effektiv ÖSL bereitstellen.⁷¹ Die Methode gründet auf der klassischen Sukzessionstheorie und dem Konzept der potenziellen natürlichen Vegetation nach Tüxen.⁷² Diese werden im Folgenden erläutert.

Sukzessionstheorie

Als Sukzession wird die gerichtete, in aufeinanderfolgenden Stadien ablaufende Veränderung innerhalb von Ökosystemen bezeichnet. Diese Veränderungen betreffen die Artenzusammensetzung, die physische Struktur und die ökologischen Verhältnisse. Sukzession kann auf vegetationsfreien Flächen, primäre Sukzession genannt, oder auf bereits bewachsenen Flächen auftreten. Letzteres wird als sekundäre Sukzession bezeichnet.⁷³

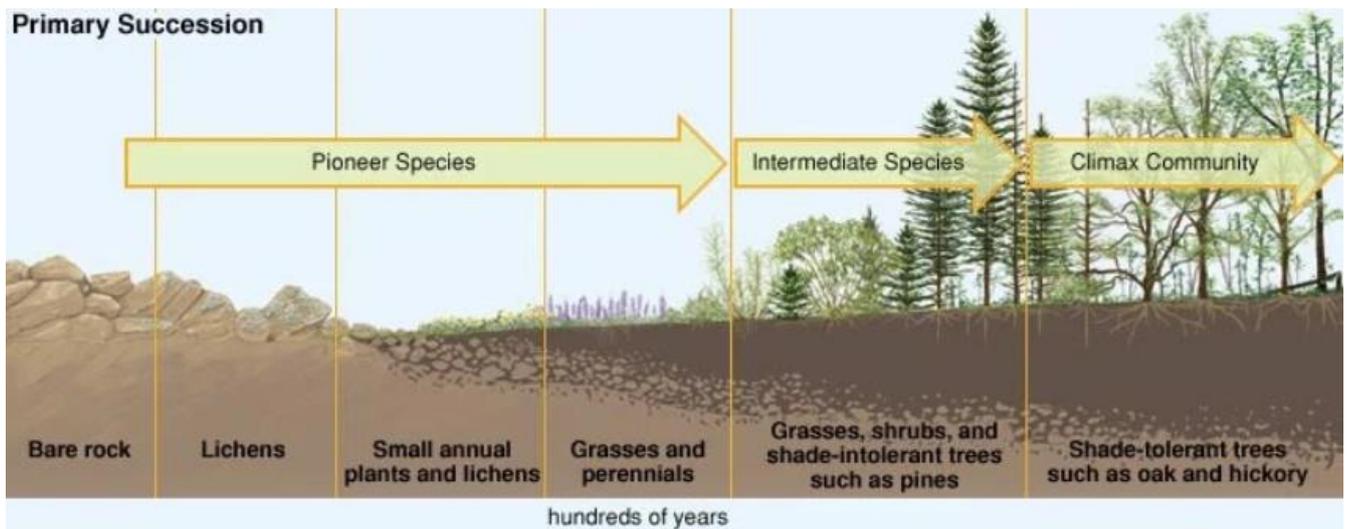


Abb. 3: Primäre Sukzessionsstadien und deren Arten (engl.: Species); Quelle: Encyclopædia Britannica (Hrsg.) (2006): primary ecological succession; online im Internet: <https://www.britannica.com/science/ecological-succession#/media/1/178264/125658> (zugegriffen am 23.10.23)

Jedes Sukzessionsstadium ist durch einen Wechsel der Organismengemeinschaften gekennzeichnet. Störungen können diese Veränderungen auslösen. Unterschieden wird dabei in Störungen innerhalb des Ökosystems (endogen), zum Beispiel durch Schädlingsbefall, und Störungen, die außerhalb des Ökosystems (exogen) stattfinden. Bei-

⁷¹ Vgl. Miyawaki/Box (2006): 161.

⁷² Vgl. ebenda: 126ff, 138ff.

⁷³ Vgl. Bartsch et al. (2020): 40f, 571.

spielsweise stellen menschliche Einflüsse solche exogenen Störungen dar. In Waldökosystemen verlängern sich die einzelnen Sukzessionsstadien ohne Störungen bis sich eine relativ stabile Schlusswaldgesellschaft, auch Klimaxgesellschaft genannt, etabliert.⁷⁴ Dabei bilden sich in den verschiedenen Stadien unterschiedliche Vegetationsschichten aus, in denen sich erst Pionierspezies wie Flechten und Gräser, sowie schattentolerante und mit zunehmendem Kronenschluss schattenintolerante Arten in ihren jeweiligen Nischen etablieren (siehe Abbildung 3). Gleichzeitig nimmt der Nährstoffgehalt des Bodens durch die Anreicherung abgestorbener Pflanzenteile zu. Für Miyawaki repräsentiert diese Klimaxgesellschaft diejenige, die am besten für einen Standort geeignet ist.⁷⁵ Vor allem städtische Gebiete sind stark durch kontinuierliche, menschliche Störungen geprägt. In den meisten Fällen kann sich daher keine stabile Klimaxgesellschaft ausbilden.⁷⁶

Die potenzielle natürliche Vegetation

Um diese standortangepasste Klimaxgesellschaft zu determinieren, zog Miyawaki das Konzept der potenziellen natürlichen Vegetation (pnV) heran, welches von dem Botaniker und Pflanzensoziologen Professor Reinhold Tüxen (*Mai 1899, † Mai 1980) entwickelt wurde.⁷⁷ Tüxen definiert pnV als „gedachten natürlichen Zustand der Vegetation (...), der sich für heute oder einen bestimmten früheren Zeitabschnitt entwerfen lässt, wenn die menschliche Wirkung auf die Vegetation [...] beseitigt [...] würde.“⁷⁸ Die Anwendung und der mögliche Nutzen des pnV-Konzepts wird bis heute in der wissenschaftlichen Gemeinschaft kontrovers diskutiert. Vor allem die Übertragbarkeit von punktuellen Pflanzenproben auf die Gesamtvegetation sowie deren subjektive Einschätzung stellt einen Kritikpunkt dar.⁷⁹ Trotz dieser Kritik dient das pnV-Konzept auch heute noch als Referenz zur Bestimmung und Kartierung der Natürlichkeit von Wäldern.⁸⁰ Für Miyawaki stellte die Ermittlung der pnV eine zentrale Grundlage für den Erfolg seiner Methode dar. Vor allem für die Entwicklung eines selbsterhaltenden, standortangepassten Waldökosystems repräsentiere die pnV einen Indikator, der auf die hypothetische Vegetation als Summe der natürlichen Umwelt hinweise und als möglicher Zielzustand einer Fläche

⁷⁴ Vgl. Bartsch et al. (2020): 40f, 571.

⁷⁵ Vgl. Miyawaki/Box (2006): 118.

⁷⁶ Vgl. ebenda: 127.

⁷⁷ Vgl. ebenda: 138f.

⁷⁸ Tüxen (1956): 5.

⁷⁹ Vgl. Chiarucci et al. (2010):1173. Eine differenzierte Übersicht des wissenschaftlichen Diskurses bietet Kowarik (2016): 429-434.

⁸⁰ Vgl. Bartsch et al. (2020): 24, Hölzel (2019): 118.

angesetzt werden solle. Dies resultiere in einer anhaltenden und kostengünstigeren Balance zwischen Entwicklung und Erhalt.⁸¹

Kernelemente der Miyawaki-Methode

Basierend auf diesen Theorien werden als zentrale Elemente der Methode die Selektion der Arten anhand der aktuellen Vegetation und der pnV, die Ermittlung und Verbesserung der Bodenqualität und die Pflanzung von Setzlingen in einem engen Pflanzverband angeführt.⁸² Für die Selektion der Arten wird eine Übersicht aus der aktuell vorherrschenden Vegetation, der Topografie sowie der Bestimmung der pnV anhand von Feldstudien und pflanzensoziologischen Untersuchungen für das Areal und die direkte Umgebung erstellt. Ausgewählt werden die dominanten Arten der potenziellen natürlichen Klimaxgesellschaft.⁸³ Die Bodenqualität, die durch eine natürliche Sukzession entsteht und deren Ausbildung normalerweise mehrere Jahre benötigt (siehe Abbildung 3), wird bei der Miyawaki-Methode durch das Anreichern von Kompost aus organischen Materialien, wie abgestorbenes Laub, in der oberen Bodenschicht simuliert. Nach einer Initialphase von drei bis fünf Jahren würden die Bäume durch Streufall selbst zum Erhalt eines ausreichenden Nährstoffgehalts beitragen.⁸⁴ Genutzt werden Setzlinge, die zuvor zur Ausbildung eines voll entwickelten Wurzelsystems in Töpfen kultiviert wurden. Dies sei zentral, um das Überleben der Jungbäume zu sichern und solle daneben zur Stabilisierung des Bodens beitragen.⁸⁵ Diese werden - im Gegensatz zu alternativen Methoden mit größeren Abständen - in einen engen Pflanzverband von zwei bis drei Setzlingen pro Quadratmeter gepflanzt. Der daraus resultierende Konkurrenzdruck um Licht und Nährstoffe fördere ein schnelles Wachstum. So entstehe in kürzester Zeit ein geschlossenes Kronendach, unter dem sich ein feuchtes Mikroklima ausbilden könne. Traditionelle Waldmanagement Methoden wie Ausdünnung des Bestandes oder Beschneidungen seien in der Regel nicht nötig, wenn die Arten der pnV und Klimaxgesellschaft entsprächen. Die natürliche Selektion Sorge laut Miyawaki selbst für ein stabiles, gesundes und vielfältiges Ökosystem.⁸⁶

Das ultimative Ziel von Miyawaki war die Förderung der Lebensqualität von Gesellschaften durch die Entwicklung von selbsterhaltenden und diversen Waldökosystemen. Dies

⁸¹ Vgl. Miyawaki/Box (2006): 146ff.

⁸² Vgl. ebenda: 166.

⁸³ Vgl. Miyawaki/Box: 159, 163f.

⁸⁴ Vgl. ebenda: 162f.

⁸⁵ Vgl. ebenda: 165f.

⁸⁶ Vgl. ebenda: 164f.

begründete er vor allem mit den vielfältigen Vorteilen aus den Leistungen dieser Ökosysteme, die dazu geeignet seien, den Problemstellungen von Städten zu begegnen.⁸⁷ Die Vegetationsoberfläche mehrschichtiger Wälder sei 30-mal größer, als die von einschichtigen Vegetationsformen wie Rasen und böten dadurch eine effektivere Bereitstellung der ÖSL.⁸⁸

Um die Möglichkeiten und Grenzen von Mikrowäldern nach der Miyawaki-Methode für eine nachhaltige Stadtentwicklung zu ermitteln, sollen die Ergebnisse der Methode im Rahmen einer systematischen Literaturanalyse genauer untersucht werden.

3. Bestandsaufnahme zum aktuellen Forschungsstand von Mikrowäldern in Bezug auf eine nachhaltige Stadtentwicklung

Obwohl Mikrowälder nach der Miyawaki-Methode zunehmend globale Verbreitung finden,⁸⁹ sind die Chancen und Grenzen in Hinblick auf eine nachhaltige Stadtentwicklung bisher nicht systematisch untersucht worden.⁹⁰ Die systematische Literaturrecherche, die in Rahmen dieser Arbeit durchgeführt wird, soll diesem Ziel dienen und mögliche Forschungslücken aufzeigen. Im Folgenden wird die ausgewählte Herangehensweise erläutert sowie die konkrete Umsetzung dargestellt. Eine ausführliche Dokumentation soll hierbei die einzelnen Schritte transparent und nachvollziehbar gestalten. Im Anschluss erfolgt eine kritische Einordnung der Herangehensweise. Die leitende Forschungsfrage der systematischen Literaturrecherche lautet: Wie können Mikrowälder nach der Miyawaki-Methode in Städten zu einer nachhaltigen Stadtentwicklung beitragen?

⁸⁷ Vgl. Miyawaki (2008): 194.

⁸⁸ Vgl. ebenda: 188.

⁸⁹ Vgl. Miyawaki (2008): 193f.

⁹⁰ Dazu wurde im Vorfeld der vorliegenden Arbeit eine Scoping Study nach Arksey und O'Malley (2005) durchgeführt. Diese ist nicht Teil der vorliegenden Arbeit, kann jedoch auf Anfrage eingereicht werden.

3.1 Systematische Literaturrecherche zur Ermittlung des aktuellen Forschungsstands

Eine systematische Literaturrecherche (SLR) ist ein Mittel, um alle relevanten Forschungsarbeiten zu einer Forschungsfrage, einem Themenbereich oder eines Phänomens zu identifizieren, evaluieren und interpretieren. Die SLR zählt zum Bereich Sekundärforschung, bei der die herangezogenen individuellen Studien die Primärforschung darstellen. Diese Form der Literaturrecherchen wird vor allem angewendet, um die Ergebnisse bestehender Forschung zusammenzufassen, neue Konzepte und Ordnungsrahmen zu entwickeln, bestehende Hypothesen zu be- oder widerlegen, sowie Forschungslücken aufzuzeigen.

Das systematische Verfahren grenzt die SLR von narrativen Formen der Literaturrecherche ab, indem die genaue Vorgehensweise anhand einer eindeutig definierten Methode vor der tatsächlichen Durchführung festgelegt wird und die einzelnen Schritte transparent und nachvollziehbar dokumentiert werden. Dadurch kann eine höhere Objektivität erzielt werden.⁹¹ Daneben trägt der systematische Ansatz durch das vorab festgelegte Verfahren im Vergleich zu einer unsystematischen Literaturrecherche dazu bei, mögliche Quellen für Fehler und Verzerrungen, auch Bias genannt, zu reduzieren.⁹² Die ausführliche Dokumentation erlaubt dabei eine Reproduzierbarkeit des Prozesses und der Ergebnisse.⁹³ Diese Reproduzierbarkeit ist es, die die Autoren vom Brocke et al. im Rahmen der Gütekriterien wissenschaftlicher Arbeiten unter dem Begriff Reliabilität benennen. Daneben ist die Validität ein weiteres essenzielles Kriterium einer SLR. Sie beschreibt den Grad, in welchem eine SLR vor allem die Quellen identifiziert, die zur Beantwortung der Forschungsfrage relevant sind. Hierbei spielen die Entscheidungen, die zur Auswahl der Primärstudien führen eine zentrale Rolle. Sie können die Validität der SLR maßgeblich beeinflussen. Daher sollen die getroffenen Entscheidungen in nachvollziehbarer Weise dargestellt und dokumentiert werden.⁹⁴ Einen wesentlichen Nachteil der SLR stellt der oftmals sehr hohe Aufwand einer solche Recherche dar.⁹⁵ Auch kann eine SLR den sogenannten Publikationsbias nicht gänzlich ausräumen. Dieser beschreibt die Problematik, dass Literatur, bzw. Studien mit positiven Resultaten eher veröffentlicht werden als solche mit negativen Ergebnissen. Die Integration von grauer Literatur kann dazu

⁹¹ Vgl. Kitchenham/Chartes (2007): 3f.

⁹² Vgl. Wetterich/Plänitz (2021): 17.

⁹³ Vgl. Kitchenham/Chartes (2007): 3f.

⁹⁴ Vgl. vom Brocke et al. (2009): 2208.

⁹⁵ Vgl. Kitchenham/Chartes (2007): 3f.

beitragen, dieser Problematik im Rahmen einer SLR zu begegnen.⁹⁶ Zur sogenannten grauen Literatur zählt jegliche Information, die nicht von kommerziellen Herausgebern veröffentlicht wurde. Dazu zählen u.a. Preprints, Konferenzberichte, White Paper, und Reports, die von behördlichen, akademischen, wirtschaftlichen oder industriellen Institutionen stammen.⁹⁷

Für die Durchführung der SLR wird die Vorgehensweise nach vom Brocke et al. gewählt, da sich diese laut den Autoren besonders zur Identifikation von Forschungslücken eignet und durch die rigorose Dokumentation eine größtmögliche Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse gewährleistet.⁹⁸ Die Methodik integriert dabei die konzeptzentrierte Herangehensweise von Webster und Watson (2002), deren Konzeptmatrix bei der Organisation, Analyse und Synthese der Ergebnisse der SLR unterstützen soll⁹⁹ und stützt sich auf Ausführungen von Petticrew und Roberts (2006) sowie Kitchenham und Chartes (2007).¹⁰⁰

Das Forschungsprotokoll

Den Empfehlungen von vom Brocke et al. folgend, wurde zu Beginn der SLR ein Forschungsprotokoll (Tabelle 2) erstellt.¹⁰¹ Neben den Vorarbeiten, wie der Formulierung der Ziele und der leitenden Forschungsfrage, wird die angewandte Methodik konkretisiert. Dazu werden die Ein- und Ausschlusskriterien, die Quellenauswahl, sowie die genutzten Suchstrategien, Datenbanken und etwaige Filter aufgeführt. Zusätzlich werden die Durchführung und die Auswertung näher beschrieben.

Schritte	Beschreibung
Vorarbeiten	
Grundgedanke	Durchführung einer SLR zum Thema: Möglichkeiten und Grenzen von Mikrowäldern für eine nachhaltige Stadtentwicklung
Ziele	<ul style="list-style-type: none"> • Erfassung des aktuellen Wissensstandes • Ermittlung von Forschungslücken • Entwicklung einer Forschungsagenda • Aufzeigen von Handlungsempfehlungen
Forschungsfrage	Wie können Mikrowälder nach der Miyawaki-Methode in Städten zu einer nachhaltigen Stadtentwicklung beitragen?

⁹⁶ Vgl. Kitchenham/Chartes (2007): 15.

⁹⁷ Vgl. Booth et al. (2022): 125, Petticrew/Roberts (2006): 90.

⁹⁸ Vgl. vom Brocke et al. (2009): 2207.

⁹⁹ Vgl. ebenda: 2214.

¹⁰⁰ Vgl. vom Brocke et al. (2015): 217.

¹⁰¹ Vgl. ebenda: 218.

Schritte	Beschreibung
Methoden	
Thematische Einschlusskriterien	<u>Anwendung der Miyawaki-Methode</u> : Erkennbare theoretische oder praktische Anwendung <u>Bezug auf die Stadtentwicklung</u> : Anwendung innerhalb eines Gebietes, welches sich anhand der in 2.1 erläuterten Charakteristika einer Stadt als solche identifizieren lässt
Formale Einschlusskriterien	<u>Sprache</u> : Deutsch oder Englisch <u>Zugriff</u> : freier Zugriff, bzw. Zugriff im Rahmen der Lizenzen der Rheinland-Pfälzischen Technischen Universität Kaiserslautern-Landau <u>Typ</u> : Begutachtete Literatur, ggf. graue Literatur
Ausschlusskriterien	<u>Typ</u> : Keine Begutachtung, bzw. keine Zuordnung zur grauen Literatur möglich sowie Beiträge, die lediglich positiven Aspekte benennen oder Miyawaki-Methode generell empfehlen, ohne dass eine Anwendung konkret dargestellt wird
Quellenauswahl	Interdisziplinäre elektronische Datenbanken
Suchstrategien	<ol style="list-style-type: none"> 1. Abfrage der Suchbegriffe in Suchfeldern elektronischer Datenbank unter Anwendung von Boolean Operators (Datenbanksuche) 2. Rückwärtssuche basierend auf den referenzierten Inhalten der in Datenbanksuche identifizierten Literatur (rückwärtsgerichtete Zitationssuche) 3. Vorwärtssuche basierend auf der Literatur aus der Datenbanksuche die diese selbst referenziert (vorwärtsgerichtete Zitationssuche)
Datenbanken	Scopus, Web of Science, ScienceDirect, Bielefeld Academic Search Engine (BASE)
Filter	Iterative Anwendung und Dokumentation abhängig von Suchfeldmöglichkeiten der Datenbank
Durchführung	
Datenmanagement	Lokale Speicherung, Verarbeitung mit Excel Dokumentation der Abfragen und Ergebnisse der Suchstrategien
Auswahlprozess	Begutachtete Studien, Ergänzung durch graue Literatur
Erhebungsverfahren	Mehrstufiges Verfahren: Screening von Titel, Abstrakt und ggf. Volltext Iterative Überprüfung der Ein- und Ausschlusskriterien
Zielvariablen	Liste der Suchbegriffe und deren Synonyme (deutsch, englisch)
Auswertung	
Analyse & Synthese	Anhand einer Konzeptmatrix, die auf den Dimensionen einer nachhaltigen Stadtentwicklung basiert, wird die identifizierte Literatur auf Bezüge zu den Merkmalen und Handlungsfeldern einer nachhaltigen Stadtentwicklung hin analysiert. Die zentralen Forschungsergebnisse, die sich diesen zuordnen lassen, werden synthetisiert sowie den Handlungsfeldern zugeordnet.
Umgang mit Publikationsbias	Integration grauer Literatur und begutachteter Konferenzberichte

Tab. 2: Forschungsprotokoll der systematischen Literaturrecherche; Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Wetterich/Pläntz (2021): 30.

Vom Brocke et al. unterteilen die Schritte einer SLR in die folgenden fünf Phasen¹⁰²:

- 1) Festlegen des Forschungsgegenstandes,
- 2) Konzeptualisierung des Themas,
- 3) Prozess der Literatursuche,
- 4) Analyse und Synthese der Literatur,
- 5) Forschungsagenda aufstellen.

1) Festlegen des Forschungsgegenstandes

Laut vom Brocke et al. liegt eine wesentliche Herausforderung der SLR in der Definition des Umfangs und des Zwecks der Durchführung, da sie zu verschiedenen Themen und mit unterschiedlichen Zielen durchgeführt werden kann. Daher empfehlen die Autoren für die Festlegung des Forschungsgegenstandes die Anwendung der Taxonomie nach Cooper.¹⁰³ Die Taxonomie umfasst sechs Charakteristika mit jeweils unterschiedlichen Ausprägungen.¹⁰⁴ In Tabelle 3 werden die einzelnen Charakteristika und deren Ausprägungen dargestellt. Die dieser Arbeit zugrunde liegende Auswahl wird dabei farblich markiert herausgestellt.

Charakteristika	Ausprägungen	Charakteristika	Ausprägungen
Fokus	Ergebnisse	Abdeckung	vollständig
	Methoden		vollständig selektiv
	Theorien		repräsentativ
	Anwendung		zentral
Ziele	Integration	Organisation	historisch
	Kritisieren		konzeptuell
	Herausforderungen		methodisch
Perspektive	neutrale Darstellung	Zielgruppe	Fachpublikum
	Einnahme einer Position		Wissenschaft
			Praxis/Politik
			Öffentlichkeit

Tab.3: Darstellung der Charakteristiken und ihrer zugrunde gelegten Ausprägungen der Taxonomie von Literaturrecherchen nach Cooper; Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an vom Brocke et al. (2009): 2212.

Der **Fokus** bezieht sich auf die Schwerpunkte, die im Rahmen der SLR gelegt werden. Dieser kann mit unterschiedlichem Ausprägungsgrad Forschungsergebnisse, -methoden, -theorien oder der praktischen Anwendung von Forschung beinhalten.¹⁰⁵ Für die vorliegende Arbeit soll der Fokus auf die Ergebnisse und die Anwendung der Miyawaki-

¹⁰² Vgl. vom Brocke et al. (2009): 2211-2214.

¹⁰³ Vgl. ebenda: 2212.

¹⁰⁴ Vgl. Cooper (1988): 104.

¹⁰⁵ Vgl. ebenda: 108.

Methode zur Entwicklung von Mikrowäldern im Kontext einer nachhaltigen Stadtentwicklung gelegt werden.

Die **Ziele** einer SLR können vielfältig sein. Cooper unterscheidet zum einen die Integration bestehender Literatur durch Zusammenfassung existierender Forschungsarbeiten, Auflösung von Konflikten sich widersprechender Ergebnisse und durch Bildung eines sprachlichen Rahmenwerks für unterschiedliche Theorien, bzw. Disziplinen. Daneben stellen das kritische Analysieren bestehender Literatur sowie die Darstellung von Herausforderungen eines Forschungsfeldes weitere Ziele dar. Analog zum Charakteristikum des Fokus können mehrere Ziele verfolgt werden.¹⁰⁶ Da das Ziel der SLR der vorliegenden Arbeit darin besteht, Möglichkeiten und Grenzen von Mikrowäldern nach der Miyawaki-Methode im Kontext einer nachhaltigen Stadtentwicklung zu untersuchen sowie Forschungslücken aufzuzeigen, sollen die Integration bestehender Forschungsarbeiten und die Ermittlung von Herausforderung zur Zielformulierung herangezogen werden. Dies stellt laut Cooper eine häufige Kombination von Zielen einer SLR dar.¹⁰⁷

Bezüglich der **Perspektive**, die im Rahmen einer SLR angenommen werden kann, unterscheidet die Taxonomie in eine möglichst neutrale Darstellung sowie eine wertende Position der durchführenden Person.¹⁰⁸ Für diese Arbeit soll eine neutrale Darstellung zugrunde gelegt werden. Es sollen Forschungsergebnisse dargestellt werden, die sowohl Möglichkeiten als auch Grenzen von Mikrowäldern im Rahmen einer nachhaltigen Stadtentwicklung aufzeigen.

Der Grad der **Abdeckung**, der vor allem durch die Entscheidungen bezüglich der Inklusion relevanter und Exklusion nicht relevanter Literatur bedingt wird, ist laut Cooper einer der wichtigsten Aspekte einer Literaturrecherche.¹⁰⁹ Dabei können die vier folgenden Ausprägungen unterschieden werden¹¹⁰:

- Eine vollständige Abdeckung, d.h. die Inklusion möglichst aller Forschungsarbeiten und Darstellung der Ergebnisse mit geringer Detailtiefe,
- eine vollständig selektive Abdeckung, d.h. die Inklusion aller relevanten Forschungsarbeiten und selektiver Darstellung,

¹⁰⁶ Vgl. Cooper (1988): 108ff.

¹⁰⁷ Vgl. ebenda: 110.

¹⁰⁸ Vgl. ebenda: 110.

¹⁰⁹ Vgl. ebenda: 110f.

¹¹⁰ Vgl. vom Brocke et al. (2009): 2212.

- einer repräsentativen Abdeckung, d.h. die Inklusion einer als repräsentativ angenommene Auswahl von Forschungsarbeiten, sowie
- einer zentralen Abdeckung, d.h. die Inklusion zentraler Forschungsarbeiten eines Themengebietes.

Für die Durchführung der SLR der vorliegenden Arbeit wird der vollständig-selektive Ansatz gewählt. Es sollen alle relevanten Forschungsarbeiten analysiert werden, die sich auf Mikrowälder nach der Miyawaki-Methode in Stadtgebieten beziehen. Die Darstellung soll sich jedoch auf die Synthese der Ergebnisse konzentrieren, die in Hinblick auf die Dimensionen und die Handlungsfelder einer nachhaltigen Stadtentwicklung eine Rolle spielen.

Das Charakteristikum der **Organisation** bezieht sich auf die Struktur der Literaturrecherche. Unterschieden wird hier zum einen zwischen einer historischen, also chronologischen Organisation und einer konzeptionellen Organisation, bei der die Forschungsarbeiten anhand des zugrunde liegenden Konzeptes strukturiert werden. Zum anderen stellt die methodische Organisation, in deren Rahmen gleiche oder ähnliche methodische Herangehensweisen gruppiert werden, eine weitere Organisationsform dar.¹¹¹ Für die vorliegende Arbeit soll die konzeptionelle Organisation angewandt werden. Dabei wird auf die im Kapitel 2.2 erarbeitete Darstellung der Ziele, Kriterien und Handlungsfelder einer nachhaltigen Stadtentwicklung (siehe Tabelle 1) zurückgegriffen.

Das letzte Charakteristikum stellt die **Zielgruppe** dar. Die Taxonomie unterscheidet zwischen spezialisiertem Fachpublikum, Personen der Wissenschaft, Personen der Politik oder Praxis sowie Personen der allgemeinen Öffentlichkeit. Hier ist besonders der Sprachstil ein Merkmal, welches von der Auswahl der Zielgruppe bestimmt wird.¹¹² Die Zielgruppe dieser Arbeit sind Personen der Wissenschaft, dementsprechend wird ein wissenschaftlicher Sprachstil gewählt.

2) Konzeptualisierung des Themas

Die Konzeptualisierung stellt einen essenziellen Teil der SLR dar, da in ihrem Rahmen das Verständnis des Themas begründet wird. Anhand bestehender Fachliteratur sollen die zentralen Begriffe und Konzepte erarbeitet werden. Aus dieser lassen sich im Anschluss Suchbegriffe und Synonyme ableiten, die der Suchstrategie im dritten Schritt der

¹¹¹ Vgl. Cooper (1988): 111f.

¹¹² Vgl. ebenda: 112.

SLR zugrunde gelegt werden. Die Dokumentation der Begriffe soll dabei Nachvollziehbarkeit und Reproduzierbarkeit sicherstellen.¹¹³ Im Rahmen des zweiten Kapitels dieser Arbeit wurden die zu untersuchenden Begriffe und Konzepte definiert und erläutert. Zur Beantwortung der Forschungsfrage sollen Mikrowälder nach der Miyawaki-Methode in Hinblick auf deren Möglichkeiten und Grenzen für eine nachhaltige Stadtentwicklung untersucht werden. Das Konzept der nachhaltigen Stadtentwicklung, deren Ziele, Dimensionen und Handlungsfelder in Tabelle 1 sollen für die Durchführung der SLR zugrunde gelegt werden. Die daraus entwickelte Konzeptmatrix wurde in Tabelle 4 durch die Analyseeinheit der zu untersuchenden Literatur erweitert.

	Konzept			Analyse und Synthese	
Analyse-einheiten:	Dimensionen nachhaltiger Stadtentwicklung			Forschungsergebnisse	Bezüge zu Handlungsfeldern
Untersuchte Literatur	Ökologische Dimension	Soziale Dimension	Ökonomische Dimension	<ul style="list-style-type: none"> • Ökologisch • Sozial • Ökonomisch 	<ul style="list-style-type: none"> • Ökologisch • Sozial • Ökonomisch

Tab.4: Konzeptmatrix einer nachhaltigen Stadtentwicklung; Quelle: Abgewandelt von Webster/Watson (2002): xvii.

Basierend auf den Begriffen und Definitionen des zweiten Kapitels dieser Arbeit wurden Suchbegriffe und Synonyme aus der begrifflichen und konzeptionellen Herleitung generiert. Für die Literatursuche sollen sowohl deutsche Begriffe und Synonyme (z.B. Miyawaki-Wald) als auch englische (z.B. Miyawaki Method) herangezogen werden. Tabelle 5 zeigt die Übersicht der Begriffe für den Prozess der Literatursuche.

Forschungsfrage:	Wie können Mikrowälder nach der Miyawaki Methode in Städten zu einer nachhaltigen Stadtentwicklung beitragen?		
Hauptbegriffe	Miyawaki-Methode		Stadt
Deutsche Begriffe und Synonyme	Miyawaki Technik Miyawaki-Wald Mikrowald Miniwald		Städtisch Kompakte Siedlung Zentrum Metropole Urban
Englische Begriffe und Synonyme	Miyawaki Method Miyawaki Technique Miyawaki Forest Tiny Forest Miniature Forest Micro Forest Native tree planting method	Dense planting method Greening method by Miyawaki Native forest by native trees Natural forests with native trees Chinju no mori	City Town Metropolis Municipality Capital urban civic

Tab. 5: In der SLR genutzte Suchbegriffe; Quelle: Eigene Darstellung

¹¹³ Vgl. vom Brocke et al. (2009): 2213.

3) Prozess der Literatursuche

Für den Prozess der Literatursuche definieren vom Brocke et al. eine Suchstrategie, die im ersten Schritt auf der Abfrage der Suchbegriffe innerhalb wissenschaftlicher, begutachteter (englisch peer reviewed) Fachzeitschriften mittels elektronischer Datenbanken basiert.¹¹⁴ Diese wird im Folgenden als Datenbanksuche bezeichnet. Als weitere Schritte beschreiben die Autoren die Anwendung einer sogenannten Rückwärts- und Vorwärtssuche, auch Zitationssuche genannt. Im Rahmen der Rückwärtssuche werden die referenzierten Inhalte der identifizierten Literatur aus der Datenbanksuche untersucht. Die Vorwärtssuche beinhaltet die Untersuchung von Literatur, die wiederum die identifizierte Literatur selbst referenziert.¹¹⁵ Durch dieses Verfahren soll eine möglichst breite Abdeckung der Literatur gewährleistet werden, da ältere sowie neuere Forschungsbeiträge in die Recherche aufgenommen werden.¹¹⁶

Für die Datenbanksuche werden sogenannte Boolean Operators genutzt, um die einzelnen Suchbegriffe miteinander zu kombinieren. Zu diesen zählen *AND*, um alle genannten Suchbegriffe einzubeziehen, sowie *OR*, um einen der genannten Suchbegriffe zu inkludieren. Daneben zählt die Anwendung von Anführungszeichen für eine exakte Suche des Begriffes und das Setzen von Klammern für eine Kombination der Begriffe zu den möglichen Suchoperatoren. Die konkrete Anwendung kann sich dabei je nach Datenbank voneinander unterscheiden. Dies erfordert eine Anpassung der genutzten Kombinationen. Die Suchparameter werden in die Suchfelder der entsprechenden Datenbank eingegeben, wobei sich auch die Auswahl der möglichen Suchfelder innerhalb der Datenbanken unterscheiden kann. Die häufigsten Suchfelder stellen die Felder Titel, Abstrakt, Suchwörter, auch Keywords genannt, und Volltext dar. Auch Publikationstyp, Autoren und Erscheinungsjahr sind häufige Suchfelder und dienen dazu, die Ergebnisse der Suche einzugrenzen.¹¹⁷ Nach Petticrew und Roberts muss hierbei eine Balance zwischen der Sensitivität, d.h. der Ermittlung aller Forschungsbeiträge eines Themenbereiches, und der Spezifität, d.h. der Identifikation der relevanten Forschungsbeiträge, gefunden werden.¹¹⁸ Daher wurden im Rahmen der vorliegenden SLR Ein- und Ausschlusskriterien definiert und im Forschungsprotokoll dokumentiert, die es ermöglichen sollen, relevante Literatur für die zugrunde gelegte Forschungsfrage zu erhalten. Laut vom Brocke et al. besteht die Evaluation der Literatur in der konsequenten Prüfung der

¹¹⁴ Vgl. vom Brocke et al. (2009): 2213f.

¹¹⁵ Vgl. ebenda: 2214, Webster/Watson (2002): xvi.

¹¹⁶ Vgl. vom Brocke (2009): 2214, vom Brocke et al. (2015): 215f.

¹¹⁷ Vgl. ebenda: 215.

¹¹⁸ Vgl. Petticrew/Roberts (2006): 81ff.

Inhalte der Literatur in Hinblick auf ihre Relevanz zur Beantwortung der Forschungsfrage anhand dieser Kriterien. Dazu soll die Analyse der Titel, Abstrakte und gegebenenfalls der Volltexte dienen.¹¹⁹ In diesem Prozess, der auch als Screening bezeichnet wird, sollen die vorab definierten Ein- und Ausschlusskriterien genutzt werden.¹²⁰ Abbildung 4 zeigt diesen Vorgang sowie den Gesamtprozess der SLR.

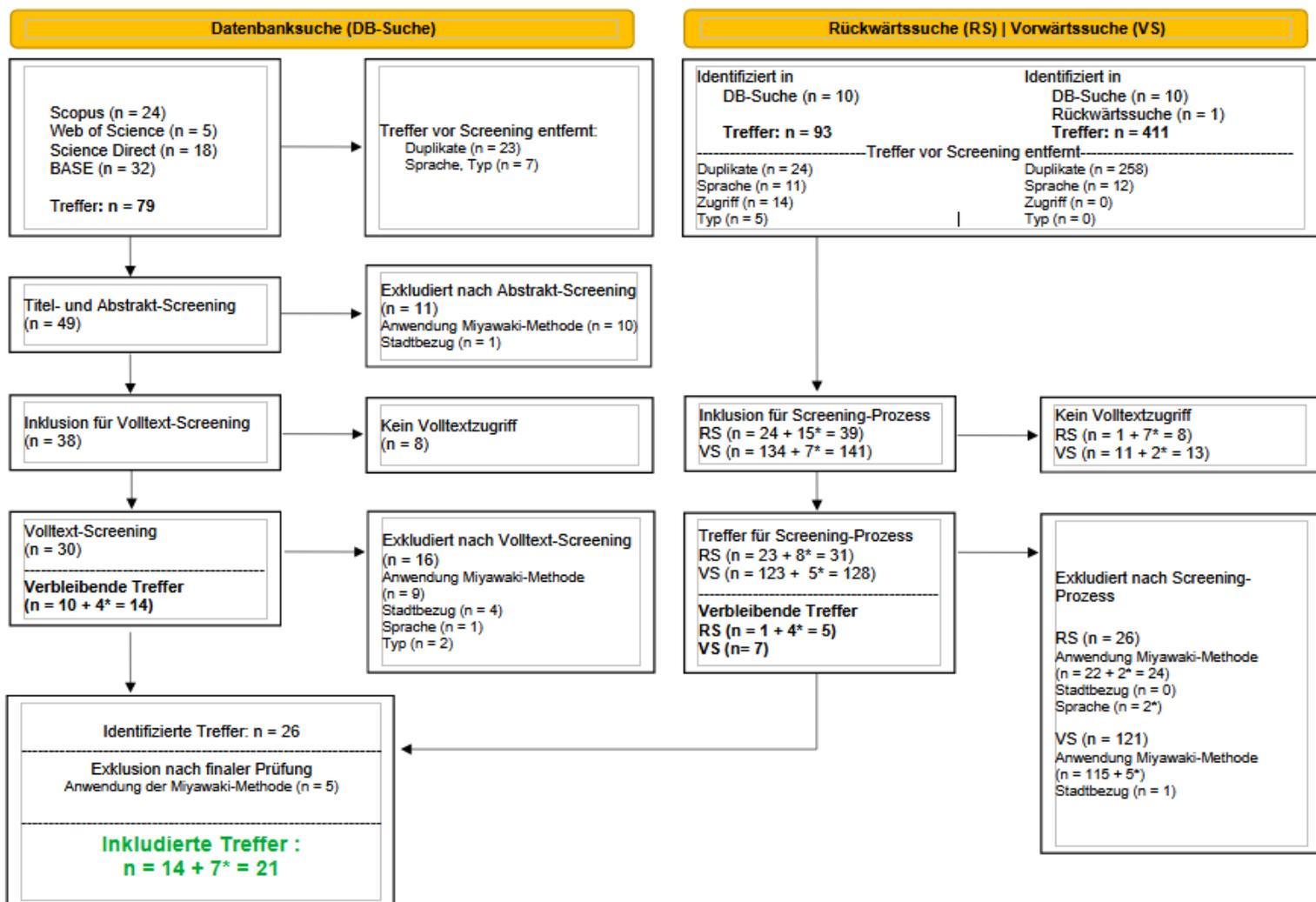


Abb. 4: Gesamtprozess der durchgeführten SLR, * markiert die Kategorie der grauen Literatur; Quelle: In Anlehnung an Page et al. (2021): 5.

Die SLR wurde in einer sequenziellen Herangehensweise durchgeführt. Im Zeitraum vom 24.11.2023 bis zum 04.12.2023 wurde zunächst die Datenbanksuche in vier Datenbanken unternommen. Um eine möglichst breite Abdeckung, bzw. hohe Sensitivität, zu gewährleisten wurden dafür die folgenden interdisziplinären Datenbanken genutzt: Scopus, Web of Science, ScienceDirect sowie Bielefeld Academic Search Engine (BASE).

¹¹⁹ Vgl. vom Brocke et al. (2009): 2214.

¹²⁰ Vgl. Wetterich/Plänitz (2021): 59f.

Auch ist dies essenziell, um der geforderten Transparenz und Nachvollziehbarkeit zu genügen.¹²³ Tabelle 6 zeigt das Suchprotokoll und die ermittelten Ergebnisse, im weiteren Verlauf auch als Treffer bezeichnet, am Beispiel der Datenbank Scopus.¹²⁴

Die Datenbanksuche ergab insgesamt 79 Treffer. Da diese in sequenzieller Abfolge durchgeführt worden ist, wurden Duplikate (n=23) der einzelnen Treffer innerhalb der Datenbanken entfernt und im Anschluss eine interne Fallnummer vergeben. Innerhalb der Datenbank BASE war eine Filterung nur eingeschränkt möglich. Daher wurden neben den Duplikaten auch Treffer vom weiteren Prozess ausgeschlossen, deren Sprache und Typ nicht den Einschlusskriterien entsprachen (n=7). So ergab die Datenbanksuche in den genannten Datenbanken insgesamt 49 einzelne Treffer (siehe Tabelle 7).

Datenbank	Summe Treffer	entfernte Duplikate	Ausschluss: Sprache, Typ	verbleibende Treffer
Scopus	24	0	0	24
Web of Science	5	4	0	1
ScienceDirect	18	3	0	15
BASE	32	16	7	9
Summe	79	23	7	49

Tab. 7: Treffer der Abfrage der Suchbegriffe aus den Datenbanken Scopus, Web of Science, ScienceDirect und BASE; Quelle: Eigene Darstellung

Diese 49 einzelnen Treffer wurden im Anschluss in Hinblick auf die Einschlusskriterien der Anwendung der Miyawaki-Methode, dem Bezug auf Stadtentwicklung sowie der Möglichkeit des Volltextzugriffs untersucht. Dabei wurde zunächst ein Screening der Titel und Abstrakte durchgeführt. Exkludiert wurde Literatur die basierend auf Titel und Abstrakt keine Relevanz für die Forschungsfrage aufwies und dementsprechend nicht den Einschlusskriterien entsprachen (n=11). Literatur, deren Titel und Abstrakt auf eine mögliche Relevanz hindeuteten, wurden einem Volltext-Screening unterzogen. Treffer auf die nicht im Rahmen eines freien Zugangs, bzw. im Rahmen der von der Rheinland-Pfälzischen Technischen Universität Kaiserslautern-Landau gewährten Lizenzen, zugegriffen werden konnte, wurden vom weiteren Prozess exkludiert (n=8). Insgesamt wurden dadurch 19 der 49 Treffer von dem weiteren Prozess ausgeschlossen. Aufgrund der hohen Anzahl solcher falsch-positiven Treffer wurde analysiert, ob die Suchbegriffe im Titel, Abstrakt oder Volltext identifiziert werden können. Es konnte ermittelt werden, dass dies der Fall war. Es handelte sich zum einen um Forschungsbeiträge, die zwar die Suchbegriffe enthielten, jedoch keine Anwendung der Miyawaki-Methode aufwies. So wurden

¹²³ Vgl. vom Brocke et al. (2015): 218.

¹²⁴ Die einzelnen Suchprotokolle der verschiedenen Datenbanken sind im Anhang (Abschnitt A.3.1 bis A.3.4) zu finden.

beispielsweise in einem der Treffer die Ernährung von Primaten in unterschiedlichen Waldgebieten, darunter *tiny forest remnants*, thematisiert. Zum anderen wurde die Miyawaki-Methode häufiger im Kontext der Grünflächenentwicklung genannt, jedoch erfolgte keine weitere Beschreibung einer konkreten Anwendung.

Die verbleibenden 30 Forschungsbeiträge wurden einem Volltext-Screening unterzogen. Dabei konnte in neun Beiträgen keine Anwendung der Miyawaki-Methode festgestellt werden. Weiterhin wurden vier Forschungsbeiträge exkludiert, in denen zwar die Miyawaki-Methode angewendet wurde, diese jedoch auf Gebieten entwickelt bzw. untersucht wurden, die nicht den in Kapitel 2.1 dargestellten Charakteristika des Stadtbegriffes entsprachen. Für einen Beitrag war lediglich der Abstrakt in englischer Sprache, der Volltext jedoch auf Spanisch verfasst. Dieser wurde im weiteren Prozess ebenfalls nicht berücksichtigt.

Im letzten Schritt wurden die verbliebenen 16 Treffer bezüglich ihrer qualitativen Eignung für den Schritt der Analyse und Synthese untersucht. Wie eingangs aufgeführt, wird die Inklusion von wissenschaftlich begutachteten Forschungsarbeiten aus Fachzeitschriften und -büchern empfohlen.¹²⁵ Daher wurde geprüft, ob die Forschungsarbeiten vor der Publikation einer Begutachtung, auch Peer-Review-Verfahren genannt, unterzogen worden sind. Dies war für zehn der 16 Treffer der Fall. Die sechs verbliebenen Forschungsarbeiten wurden bezüglich einer Kategorisierung zur grauen Literatur untersucht.¹²⁶ Diese Art der Literatur soll ergänzend zu den begutachteten Inhalten aus Fachzeitschriften genutzt werden, um mögliche Verzerrungen des Veröffentlichungsbias zu reduzieren.¹²⁷ Gleichzeitig besteht die Problematik, dass Literatur mit geringer Qualität in die SLR aufgenommen und dadurch die Qualität der SLR insgesamt verringert wird.¹²⁸

So wurden in den nächsten Schritt der SLR zwei weitere Forschungsarbeiten aus der Kategorie der grauen Literatur aufgenommen, die laut dem Herausgeber mindestens einer internen Begutachtung unterzogen worden sind ([43*], [46*]). Zusätzlich wurden aus der Suche in der elektronischen Datenbank Scopus zwei Preprints ([PrePrint1*, PrePrint2*]) aufgenommen, die zur Beantwortung der Forschungsfrage relevant erschienen.

¹²⁵ Vgl. vom Brocke et al. (2009): 2213f.

¹²⁶ Aus Gründen der Transparenz werden die Beiträge der grauen Literatur mit * gekennzeichnet.

¹²⁷ Vgl. Kitchenham/Chartes (2007): 15.

¹²⁸ Vgl. Petticrew/Roberts (2006): 235f.

Insgesamt konnten anhand des oben beschriebenen Verfahrens **14 relevante Forschungsbeiträge** ([3], [6], [12], [13], [14], [21], [23], [29], [33], [43*], [45], [46*], [Pre-Print1*], [Preprint2*]) für die Aufnahme in die Analyse und Synthese identifiziert werden.

Rückwärtssuche

Die Rückwärtssuche dient der Inklusion von Literatur, die in den relevanten Forschungsbeiträgen der Datenbanksuche referenziert wird. Vom Brocke et al. bezeichnen dieses Vorgehen auch als „in der Zeit zurückgehen“¹²⁹. Im Falle der vorliegenden Arbeit ist die Anwendung dieses Verfahrens besonders dadurch begründet, dass die Miyawaki-Methode in den 1970er Jahren entwickelt wurde, die identifizierten Forschungsbeiträge jedoch vor allem in den 2020er Jahren veröffentlicht wurden (siehe Abbildung 5).

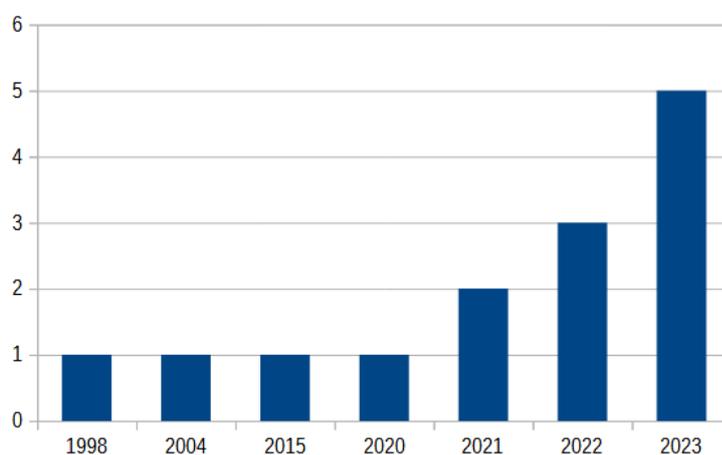


Abb. 5: Anzahl der relevanten Forschungsbeiträge aus der Datenbanksuche (X-Achse) pro Jahr (Y-Achse); Quelle: Eigene Darstellung

Die Rückwärtssuche wurde im Zeitraum vom 15.12. bis zum 21.12.23 durchgeführt. Dazu wurden die referenzierte Literatur aus den begutachteten Forschungsbeiträgen (n=10) der vorangegangenen Datenbanksuche ermittelt, die sich innerhalb des Volltextes auf die Anwendung Miyawaki-Methode in urbanen Gebieten bezieht. Durch dieses Verfahren konnten insgesamt 93 Treffer ermittelt werden. Nachdem die Publikationsdetails der so identifizierten Literatur zusammengetragen wurden, folgte zunächst die Exklusion der Duplikate innerhalb dieses Datensatzes (interne Duplikate, n=17) vom weiteren Prozess. Im Anschluss wurden Duplikate entfernt, die sich aus der Schnittmenge mit den Treffern der vorangegangenen Datenbanksuche ergaben (n=7) sowie interne Fallnummern für die verbliebenen Beiträge vergeben. Diese 69 Treffer wurden weiterverarbeitet.

¹²⁹ Vom Brocke et al. (2015): 214.

Im Gegensatz zur Datenbanksuche konnten durch die manuelle Abfrage der Beiträge eine Anwendung der Ein- und Ausschlusskriterien durch Filtern nicht genutzt werden. Daher wurde die Reihenfolge des Prozesses für die weitere Verarbeitung angepasst. So wurden im ersten Schritt Forschungsbeiträge exkludiert, die laut Titel nicht auf Deutsch oder Englisch verfasst wurden (n=11) und oder nicht abrufbar waren (n=14). Die verbliebenen 44 Forschungsbeiträge wurden im Anschluss auf eine Anwendung eines Peer-Review-Verfahrens vor ihrer Veröffentlichung untersucht. Dazu wurden die Publikationsdetails geprüft und dokumentiert. Anhand dieses Vorgehens konnten fünf Beiträge, bestehend aus Zeitungsartikeln, Thesen und einem unbegutachteten Buch, ausgeschlossen werden. Im Anschluss wurden die verbliebenen Treffer in begutachtete Literatur (n=24) und graue Literatur (n=15) im Sinne der vorherigen Erläuterungen kategorisiert.

Als nächster Schritt erfolgte analog zur Durchführung der Datenbanksuche die Untersuchung der verbliebenen 39 Treffer in Bezug auf die im Forschungsprotokoll genannten Einschlusskriterien. Von den 24 begutachteten Forschungsarbeiten konnte auf einen Treffer nicht zugegriffen werden. Innerhalb der verbliebenen 23 Forschungsbeiträge konnte für lediglich einen Beitrag ([69]) eine Anwendung der Miyawaki-Methode sowie ein Stadtbezug festgestellt werden. Innerhalb der 15 Treffer der grauen Literatur standen sieben nicht als Volltext zu Verfügung. Daneben wurden in diesem Schritt zwei weitere Beiträge identifiziert, deren Volltexte nicht auf Englisch oder Deutsch verfasst waren. Im Rahmen des Screening-Prozesses der verbliebenen sechs Beiträge der grauen Literatur wurden vier Treffer ([65*], [68*], [112*], [116*]) in die nächsten Schritte der SLR übernommen, während in zwei Beiträgen keine Anwendung der Miyawaki-Methode identifiziert werden konnte.

Insgesamt konnten anhand des oben beschriebenen Verfahrens **fünf relevante Forschungsbeiträge** ([65*], [68*], [69], [112*], [116*]) aus der Rückwärtssuche identifiziert werden. Dadurch konnte komplementär zu den Treffern der Datenbanksuche einen Publikationszeitraum ab dem Jahr 1993 abgedeckt werden.

Vorwärtssuche

Der Schritt der Vorwärtssuche dient dem Ziel der Inklusion von Literatur, die die relevanten Forschungsbeiträge der Datenbanksuche selbst referenzieren. Vom Brocke et al.

bezeichnen dieses Vorgehen auch als „in der Zeit vorwärts gehen“¹³⁰. Neben den relevanten Forschungsbeiträgen aus der Datenbanksuche wurde für die Vorwärtssuche zusätzlich eine begutachtete Forschungsarbeit ([69]) aus dem Prozess der Rückwärtssuche inkludiert. Bei dieser konnte festgestellt werden, dass sie aufgrund des fehlenden Suchbegriffes *Miywaki reconstruction technique* (siehe Tabelle 5) nicht in den Treffern der Datenbanksuche inkludiert wurde. Die Forschungsbeiträge der grauen Literatur wurden für diesen Prozess nicht verwendet, um das beschriebene Risiko der Verringerung der Gesamtqualität der SLR zu vermeiden.¹³¹

Der Prozess der Vorwärtssuche wurde im Zeitraum vom 27.12.2023 bis zum 11.01.2024 durchgeführt. Dazu wurde eine Funktion der Datenbanken genutzt um Referenzen, die sich auf einen Artikel beziehen, abzurufen. Zusätzlich wurde eine analoge Suche in den Datenbanken der Herausgeber durchgeführt. Basierend auf den relevanten Forschungsbeiträgen (n=11) wurden durch dieses Verfahren 411 Forschungsbeiträge ermittelt. Nach Abzug der internen Duplikate (n=246) und der Duplikate der Treffer aus der Datenbanksuche und der Rückwärtssuche (n=12) verblieben 153 Forschungsbeiträge. Diese wurden analog zum Verfahren der Rückwärtssuche verarbeitet: Exklusion von Treffern basierend auf dem Kriterium der Sprache (n=12), Einteilung in begutachtete (n=134) und graue Literatur (n=7), Exklusion von Treffern, auf deren Volltext nicht zugegriffen werden konnte (n=13), Exklusion nach Titel-, Abstrakt- und gegebenenfalls Volltext-Screening aufgrund fehlender Anwendung der Miyawaki-Methode (n=120) oder Stadtbezug (n=1).

Insgesamt konnten anhand dieses Verfahrens **sieben relevante Forschungsbeiträge** ([124], [131], [201], [221], [241], [243], [247]) aus der Vorwärtssuche identifiziert werden. Diese konnten alle der Kategorie der begutachteten Literatur zugeordnet werden.

Zusammengefasst konnten aus dem dreiteiligen Prozess der Literatursuche 26 Forschungsbeiträge ([3], [6], [12], [13], [14], [21], [23], [29], [33], [43*], [45], [46*], [65*], [68*], [69], [112*], [116*], [124], [131], [201], [221], [241], [243], [247], [PrePrint1*], [Preprint2*]) identifiziert werden. Da für die gefundenen Treffer lediglich ein Titel-, Abstrakt- und Volltextscreening durchgeführt wurden, wurden diese vor dem Schritt der Analyse und Synthese einer abschließenden Prüfung in Hinblick auf die Ein- und Ausschlusskriterien unterzogen. Hierbei war besonders die konkrete Anwendung der Methode und deren Beschreibung im Forschungsdesign entscheidend. Durch diesen Prozess wurden fünf der

¹³⁰ Vom Brocke et al. (2015): 214.

¹³¹ Vgl. Petticrew/Roberts (2006): 235f.

oben genannten Beiträge vom nächsten Schritt ausgeschlossen. Vier dieser Beiträge ([29], [43*], [45], [201]) benennen zwar die Miyawaki-Methode im städtischen Kontext, dies jedoch vor allem im Rahmen einer generellen Empfehlung für den Einsatz der Miyawaki-Methode. In einer weiteren Studie ([23]) wurden Mikrowälder als Beispiel für den Einsatz von digitalen Design-Anwendungen zur Entwicklung urbaner Grünflächen genutzt.

Somit wurden **insgesamt 21 Forschungsbeiträge** ([3], [6], [12], [13], [14], [21], [33], [46*], [65*], [68*], [69], [112*], [116], [124*], [131], [221], [241], [243], [247], [PrePrint1*], [Preprint2*]) in den vierten Schritt der SLR aufgenommen.

4) Analyse und Synthese der gefundenen Literatur

Nachdem der Prozess der Literatursuche abgeschlossen wurde, sollen die Erkenntnisse der identifizierten Beiträge zunächst in Hinblick auf die Dimensionen der nachhaltigen Stadtentwicklung und deren Handlungsfeldern analysiert und synthetisiert werden.

Analyse

Für die Analyse wurde die im zweiten Schritt der SLR entwickelte Konzeptmatrix (Tabelle 4) herangezogen.¹³² Dies dient einer logischen und übersichtlichen Strukturierung der Ergebnisse und visualisiert diese für den anschließenden Schritt der Erstellung einer Forschungsagenda.¹³³ Die bearbeitete Konzeptmatrix in Tabelle 8 stellt die untersuchte Literatur als Analyseeinheit dar und wurden in begutachtete und graue Literatur unterteilt. Für die Literatur, für deren Forschungserkenntnisse ein Bezug auf die Dimensionen einer nachhaltigen Stadtentwicklung zu ermitteln war, wurden im Rahmen der Analyse Markierungen gesetzt. Diese zeigen aus der Literatur ermittelte positive (+) und negative (-) Effekte von Mikrowäldern auf die genannten Dimensionen. Daneben wurden in Tabelle 8 die zentralen Forschungserkenntnisse der untersuchten Literatur in Bezug auf die Kriterien der nachhaltigen Stadtentwicklung und ihren Handlungsfeldern aus Kapitel 2.2 dargestellt. Innerhalb der 21 relevanten Forschungsbeiträge konnte für 18 ein Bezug auf die ökologische Dimension der nachhaltigen Stadtentwicklung ermittelt werden. In zwölf Beiträgen wurden Aspekte der sozialen Dimension benannt, während in acht Fällen Aspekte der ökonomischen Dimension thematisiert wurden.

¹³² Vgl. vom Brocke (2009): 2214.

¹³³ Vgl. Webster/Watson (2002): xvii f.

Dimensionen nachhaltiger Stadtentwicklung				Forschungsergebnisse von Mikrowäldern (MW) in Städten	Bezüge zu Handlungsfeldern einer nachhaltigen Stadtentwicklung
Ökologisch	Sozial	Ökonomisch	(ökologisch sozial ökonomisch)		
Begutachtete Literatur					
[3]	(+)			Im Rahmen von gesellschaftlichen Initiativen tragen MW zur Umweltbildung der Stadtgesellschaft bei, bieten Beteiligungsmöglichkeiten und erhöhen das Bewusstsein für Umweltschutz und Biodiversität in Städten, gemeinsame Entwicklung von MW fördert soziale Kohäsion	Sozial: Investitionen in Bildung, Partizipatorische Gestaltung der Stadtentwicklungsprozesse, Förderung des sozialen Zusammenhalts
[6]	(+)	(+)	(+)	Pflanzung von MW an 349 Einkaufszentren (1989-2002) nach 15 Jahren selbsterhaltendes Waldökosystem (<10 m Höhe) aktive Beteiligung der Bevölkerung Entwicklung durch Kooperationen zwischen Unternehmen, öffentlicher Hand und Zivilgesellschaft	Ökologisch: Umweltschutz, Förderung natürlicher Kohlenstoffsenken, Schutz und Verbesserung urbaner Ökosysteme und deren ÖSL (Kohlenstoffspeicherung), Beitrag zum Katastrophenschutz Sozial: Partizipatorische Gestaltung der Stadtentwicklungsprozesse Ökonomisch: öffentlich-private Kooperationen
[12]	(+)			Errechneter Wert der Kohlenstoffbindung eines 3 Jahre alter MW (Technopolis Campus, Thailand) mit 6,25 t/ha/a höher als Referenzwerte anderer Grünflächen, schnelles Wachstum und früher Kronenschluss, dadurch verbessertes Mikroklima und Nährstoffretention, erhöhte Speicherkapazität und Nährstoffgehalt des Bodens	Ökologisch: Förderung natürlicher Kohlenstoffsenken, Schutz und Verbesserung urbaner Ökosysteme und deren Leistungen (Mikroklima, Wasserspeicherung), Schutz und Aufwertung der Bodenqualität, Anpassung an die Folgen des Klimawandels (lokale Temperaturreduzierung)
[13]	(-)	(-)	(-)	Negative Wechselwirkungen mit umgebenden Ökosystemen möglich Potenzial für gesellschaftliche Kontroversen und Konkurrenzsituationen, Verschleierung von Konflikten und Machtgefallen, die sich negativ auf die Kohäsion auswirken Möglicher negativer Einfluss auf ökonomische Lebensgrundlagen durch Zugangsbarrieren zu (land)wirtschaftlichen Flächen	Ökologisch: Negative Einflüsse auf urbane Ökosysteme und deren ÖSL Sozial: Beeinträchtigung des sozialen Zusammenhalts Ökonomisch: Abwanderung lokaler Unternehmer und Unternehmen, Störung von Kooperationen und Netzwerken
[14]		(+)		MW eignen sich als transdisziplinäres, realitäts- und praxisnahes Bildungsinstrument, Initiativen zur Entwicklung von MW fördern Kompetenzaufbau und Kollaboration und ermöglichen gesellschaftliche Teilhabe	Sozial: Investitionen in Bildung, Kompetenzaufbau, Partizipatorische Gestaltung der Stadtentwicklungsprozesse

Dimensionen nachhaltiger Stadtentwicklung				Forschungsergebnisse von Mikrowäldern (MW) in Städten	Bezüge zu Handlungsfeldern einer nachhaltigen Stadtentwicklung
Ökologisch	Sozial	Ökonomisch	(ökologisch sozial ökonomisch)		
[21]	(+)			5 von 6 Baumarten weisen im MW (1,5 Jahre) ein durchschnittlich schnelleres Wachstum auf als Spezies auf einer Vergleichsfläche mit geringerer Pflanzdichte (Abstand 1m)	Ökologisch: Zeiteffiziente Entwicklung städtischer Grünflächen/grüner Infrastruktur
[33]	(+)			MW in urbanen Gebieten erreichten eine Höhe von 20 m nach 23 Jahren (Japan), bzw. 5-7 m nach 2 Jahren (Südostasien), Bäume der pnV wirkten als Barriere für Zerstörungen durch ein Erdbeben der Stärke 6,9	Ökologisch: Umweltschutz, zeiteffiziente Entwicklung städtischer Grünflächen/grüner Infrastruktur, Katastrophenschutz
[69]	(+)	(+)	(+)/(-)	Einsatz von MW (285 Flächen) zur Erosionskontrolle, Lärm- und Schadstoffreduktion und städtischer Grünflächenentwicklung, durchschnittliche Überlebensrate der Setzlinge <90%, Verdopplung der Stammhöhe innerhalb der ersten Jahre, geschlossenes Kronendach nach 5 Jahren Instrument zur Beteiligung der lokalen Bevölkerung und Umweltbildung relativ hohe Initialkosten, anschließende Pflege- und Instandhaltungskosten nahezu null	Ökologisch: Zeiteffiziente Entwicklung städtischer Grünflächen/grüner Infrastruktur, Schutz der Böden (Verringerung der Bodenerosion), Schutz und Verbesserung urbaner Ökosysteme und ÖSL (Luftqualität, Lärmschutz) Sozial: Investition in Bildung, Partizipatorische Gestaltung der Stadtentwicklungsprozesse Ökonomisch: Kosteneffizienz für Management (Pflege)
[124]	(+)	(+)	(+)	Integration von MW als Teil einer universitären Gesamtstrategie (Pakistan) zur Reduzierung der Treibhausgase in Form von Reallaboren fördert Treibhausgasneutralität, 17 MW (Entwicklung 2017-2022) speicherten knapp 14.000 kg CO ₂ Beteiligungsmöglichkeit für Studenten und privaten Akteuren Entwicklung weiterer MW als Folge des Reallabor-Projekts in Kooperation mit Behörden und privatwirtschaftlichen Akteuren	Ökologisch: Förderung natürlicher Kohlenstoffsenken Sozial: Investition in Bildung, Partizipatorische Gestaltung der Stadtentwicklungsprozesse Ökonomisch: öffentlich-private Kooperationen
[131]	(+)/(-)		(-)	40 Jahre alter MW weist im Vergleich zu Referenzwald größere Bestandsfläche auf, Fülle und Diversität der unteren Schichten zeigen sich durch dichtes Kronendach und Isolation der Fläche jedoch geringer, so dass vertikale Struktur zunehmend einschichtig (ähnlich einer Monokultur) wird, begünstigt Invasion nicht-heimischer Arten und verringert Produktivität und Biodiversität Management und Monitoring wird für MW benötigt	Ökologisch: Zeiteffiziente Entwicklung städtischer Grünflächen/grüner Infrastruktur, beeinträchtigte Produktivität urbaner Ökosysteme und Biodiversität Ökonomisch: Geringere Kosteneffizienz durch benötigte Managementmaßnahmen und Monitoring

Dimensionen nachhaltiger Stadtentwicklung				Forschungsergebnisse von Mikrowäldern (MW) in Städten	Bezüge zu Handlungsfeldern einer nachhaltigen Stadtentwicklung
Ökologisch	Sozial	Ökonomisch	(ökologisch sozial ökonomisch)		
[221]	(+)	(+)	(+)	Etablieren eines naturnahen Waldökosystems in 10 Jahren in Städten möglich, höhere NAI-Konzentration in der Luft als bei städtischen Referenzwäldern, Konzentration der Mikroorganismen im Boden vergleichbar mit natürlichem Wald außerhalb der Stadt, positiver Beitrag zur urbanen Biodiversität durch Habitatfunktion, vielfältige Anwendungsbereiche möglich geringer Pflege- und Managementaufwand in späteren Phasen	Ökologisch: Zeiteffiziente Entwicklung städtischer Grünflächen/grüner Infrastruktur, Schutz und Verbesserung urbaner Ökosysteme und ÖSL (Luftqualität), Schutz der Böden (Bodenqualität), Förderung der urbanen Biodiversität Sozial: Gesundheitsförderung (Reduktion von Feinstaub) Ökonomisch: Effizienter Einsatz von Investitionen, Kosteneffizienz für Management (Pflege)
[241]	(+)			Genetische Vielfalt einer Baumart (blaue japanische Eiche) in MW vergleichbar mit Spenderwald und natürlich gewachsenen Referenzwäldern	Ökologisch: Förderung der urbanen Biodiversität
[243]	(-)			Genetische Vielfalt einer Baumart (bambusblättrige Eiche) in MW insignifikant niedriger als genetische Vielfalt des Spenderwalds und der natürlich gewachsenen Referenzwälder	Ökologisch: Geringere urbane Biodiversität
[247]		(+)		Einsatz für medizinische Zwecke möglich, Mehrzahl der untersuchten Pflanzen eines MW (Rajkot, Indien) weist pharmazeutische Relevanz auf	Sozial: Investitionen in Gesundheitssysteme
Graue Literatur					
[46*]	(+)	(+)		Kohlenstoffbindung von 17 MW (0,5-2 Jahre) insgesamt 290 kg, 3 Jahre alter MW speicherte 8 % mehr Kohlenstoff und wies 38 cm höheren Wuchs auf In Kombination mit Citizen Science-Programm erhöhten Aktivitäten innerhalb der MW Naturverbundenheit, Wissensbildung und Zufriedenheit, dabei große Varianz der soziokulturellen Hintergründe der Teilnehmer	Ökologisch: Förderung natürlicher Kohlenstoffsinken Sozial: Investitionen in Bildung, Partizipatorische Gestaltung der Stadtentwicklungsprozesse, Förderung des sozialen Zusammenhalts

Dimensionen nachhaltiger Stadtentwicklung				Forschungsergebnisse von Mikrowäldern (MW) in Städten	Bezüge zu Handlungsfeldern einer nachhaltigen Stadtentwicklung
Ökologisch	Sozial	Ökonomisch	(ökologisch sozial ökonomisch)		
[65*]	(+)	(+)	(+)	Mehrschichtiger, tropischer MW 5-6 Jahre nach der Pflanzung (Höhe 6-10 m) in (Südost)asiatischen Großstädten Einbindung der lokalen Bevölkerung bei Pflanzungen, Möglichkeiten für Naturerfahrung und Umweltbildung Kooperationspotenziale für lokale Privatwirtschaft, öffentliche Hand, Wissenschaft und Zivilgesellschaft, keine Aufwendungen zur Instandhaltung von MW 3 Jahre nach der Pflanzung	Ökologisch: Zeiteffiziente Entwicklung städtischer Grünflächen/grüner Infrastruktur Sozial: Investition in Bildung, Partizipatorische Gestaltung der Stadtentwicklungsprozesse Ökonomisch: Aufbau und Förderung von Kooperationen, Kosteneffizienz für Management (Pflege)
[68*]	(+)			Hohes Potential zur Kohlenstoffbindung durch schnelle Wachstumsraten (gemessen an unterschiedlichen MW): 1,5 m nach 11 Monaten, 2 m nach 1,5 Jahren, 2,5-3 m nach 3 Jahren, 10 m nach 11 Jahren, Habitat Funktion zur Förderung der Biodiversität	Ökologisch: Zeiteffiziente Entwicklung städtischer Grünflächen/grüner Infrastruktur, Förderung natürlicher Kohlenstoffsinken, Schutz und Förderung der urbanen Biodiversität
[112*]	(+)	(+)	(-)	Höhere Biodiversität der Vegetation als in Referenzwäldern, Abwandlung der klassischen Methode durch Integration von Fruchtsträuchern und 2-3 Jahre alte Bäume erzeugte bessere Ausbildung der Krautschicht, Biomasse (Bakterien, Pilze) ein Jahr nach der Entwicklung der MW vergleichbar mit älteren Referenzwäldern, positiver Einfluss auf Bodenqualität (Kohlenstoffspeicherung, Nährstoffgehalt und geringerer Ausstoß von Treibhausgasen) Einbindung der lokalen Bevölkerung in Aktivitäten im Rahmen von Citizen Science möglich Annahme einer sinkenden Fülle der Unterschicht ohne zusätzliches Management	Ökologisch: Zeiteffiziente Entwicklung städtischer Grünflächen/grüner Infrastruktur, Förderung natürlicher Kohlenstoffsinken, Schutz und Förderung der Bodenqualität, Schutz und Förderung der urbanen Biodiversität Sozial: Partizipatorische Gestaltung der Stadtentwicklungsprozesse Ökonomisch: Managementaufwand benötigt
[116*]	(+)	(+)		MW tragen zu besserem Mikroklima, höherer Luftqualität und vermehrter Wasserspeicherkapazität in städtischen Gebieten bei Gesundheitsförderung durch Reduzieren von Hitzestress und verbesserter Stressregulation, Förderung von Naturerfahrung und -bildung in natürlicher Lernumgebung (z.B. grüne Klassenzimmer) für alle Altersklassen	Ökologisch: Wasserschutz, Schutz und Verbesserung urbaner Ökosysteme und deren Leistungen, Schutz und Verbesserung der Bodenqualität, Anpassungen an die Auswirkungen des Klimawandels Sozial: Investition in Bildung und Gesundheitsförderung, wohnungsnaher Entwicklung urbaner Grün-, Erholungs- und Begegnungsräumen

Dimensionen nachhaltiger Stadtentwicklung				Forschungsergebnisse von Mikrowäldern (MW) in Städten	Bezüge zu Handlungsfeldern einer nachhaltigen Stadtentwicklung
Ökologisch	Sozial	Ökonomisch	(ökologisch sozial ökonomisch)		
[PrePrint1*]	(+)			Schnelleres Wachstum von Baumspezies im MW als deren Kontrollgruppe, Reduzierung von Bodenerosion und lokaler Temperatur, Förderung der urbanen Biodiversität, Mitigation des globalen Klimawandels, Möglichkeit zum Schutz heimischer Arten in Städten	Ökologisch: Umweltschutz, Zeiteffiziente Entwicklung städtischer Grünflächen/Grüner Infrastruktur, Förderung natürlicher Kohlenstoffsinken, Schutz der Böden (Verringerung der Bodenerosion), Förderung der urbanen Biodiversität, Anpassung an die Folgen des Klimawandels (lokale Temperaturreduzierung)
[PrePrint2*]	(+)/(-)			Geschlossenes Kronendach (<90%) bei MW 5 Jahre nach der Pflanzung, signifikante Erhöhung der saisonalen Grünoberfläche, dadurch Beitrag zur Reduktion der Oberflächentemperatur, leicht geringere Diversität als Referenzwald, vor allem durch gering ausgebildete Krautschicht	Ökologisch: Zeiteffiziente Entwicklung städtischer Grünflächen/grüner Infrastruktur, Schutz und Verbesserung urbaner Ökosysteme und ÖSL (Temperaturregulierung), geringere urbane Biodiversität, Anpassung an die Folgen des Klimawandels (lokale Temperaturreduzierung)
n=21	18	12	8		

Tab. 8: Bearbeitete Konzeptmatrix der SLR. (+) stellt positive Bezüge, (-) stellt negative Bezüge dar; Quelle: Eigene Darstellung

Synthese

Aufbauend auf der in der Konzeptmatrix dargestellten Analyse werden die zentralen Forschungserkenntnisse synthetisiert. Leitgebend hierfür ist zum einen die Forschungsfrage sowie die im ersten Schritt der SLR definierten Ziele der Integration und der Darstellung von Herausforderungen. Laut vom Brocke et al. beinhaltet die Synthese die Beschreibung und konzeptionelle Zusammenführung der untersuchten Literatur.¹³⁴ Kitchenham und Chartes führen in diesem Zusammenhang die beschreibende, auch narrative, Form der Synthese auf. Hierbei ist vor allem die Identifikation von konsistenten, sich bestätigenden Ergebnissen, und inkonsistenten, sich widersprechenden Ergebnissen innerhalb der untersuchten Literatur maßgeblich.¹³⁵ Booth et al. fügen hinzu, dass eine Gruppierung der Ergebnisse dazu beiträgt, die Erkenntnisse der einzelnen Forschungsbeiträge als Gesamtheit zu verstehen und mögliche Zusammenhänge zu erkennen.¹³⁶ Im Folgenden sollen die Ergebnisse der untersuchten Literatur analog zu diesen Ausführungen dargestellt werden. Dabei werden die Erkenntnisse anhand der Dimensionen einer nachhaltigen Stadtentwicklung sowie deren Handlungsfelder gruppiert. Daneben werden konsistente sowie inkonsistente Erkenntnisse aufgezeigt.¹³⁷ Hierbei wird analog zur bearbeiteten Konzeptmatrix zwischen begutachteter und grauer Literatur unterschieden.

Ökologische Dimension und deren Handlungsfelder

Die ökologische Dimension der nachhaltigen Stadtentwicklung zielt darauf ab, die natürlichen Ressourcen und Lebensräume für heutige und zukünftige Generationen zu sichern und urbane Ökosysteme als Grundlage der menschlichen Existenz zu erhalten. In diesem Hinblick benennen drei Studien ([6], [33], [PrePrint1*]) einen generellen Beitrag von Mikrowäldern zum Umweltschutz. In zehn von 21 Beiträgen ([21], [33], [65*], [68*], [69], [131], [112*], [221], [PrePrint1*], [PrePrint2*]) wurde ermittelt, dass die Miyawaki-Methode im Kontext einer urbanen Umgebung zu einer Erhöhung des Grünflächenanteils beiträgt und eine schnelle Entwicklung von funktionalen Grünflächen ermöglicht. Dabei konnte in zwei Studien ([21], [Preprint1*]) ein schnelleres Wachstum durch die Anwendung der Miyawaki-Methode im Vergleich zu alternativen Herangehensweisen festgestellt werden, die größeren Abstände zwischen den Individuen oder die Integration

¹³⁴ Vgl. vom Brocke et al. (2015): 209, vom Brocke et al. (2009): 2214.

¹³⁵ Vgl. Kitchenham/Chartes (2007): 34.

¹³⁶ Vgl. Booth et al (2022): 203.

¹³⁷ Eine als traditionell bezeichnete Form der narrativen Synthese, bei der jede einzelne Studie und deren Ergebnisse beschrieben werden, findet sich im Anhang (Abschnitt B). Dieser Ansatz dient einer umfassenden Kontextualisierung und richtet sich an Akteure, die sich an der Entwicklung von Mikrowäldern beteiligen. Daraus können sogenannte *best practice* Richtlinien für die praktische Anwendung generiert werden. Vgl. Booth et al. (2022): 202.

exotischer Arten nutzen.¹³⁸ Daraus kann ein positiver Beitrag zum städtischen Handlungsfeld der Entwicklung von Grünflächen und grünen Infrastrukturen abgeleitet werden, der sich durch eine zeitliche Effizienz auszeichnet. Zusätzlich verweisen sieben Beiträge ([6], [12], [46*], [68*], [112*], [124], [PrePrint1*]) auf das damit verbundene erhöhte Kohlenstoffspeicherungspotenzial. Hanpattanakit et al. ([12]) stellen hierbei mit 6,25 tCO₂/ha ein höheres Potenzial der Kohlenstoffspeicherung als bei Referenzwerten aus Vergleichsstudien (1,8-2,5 tCO₂/ha) fest.¹³⁹ Dadurch kann ein Beitrag von Mikrowäldern zum Handlungsfeld der Förderung natürlicher Kohlenstoffsinken innerhalb eines Stadtgebietes und auf globaler Ebene ermittelt werden. Weiterhin bestätigen vier Studien ([12], [69], [131], [PrePrint2*]) einen frühen Kronenschluss von über 90% des sich entwickelnden Mikrowaldes. Sowohl Miyawaki ([69]) als auch Roy und Chatterjee ([PrePrint2*]) benennen dafür einen Zeitraum von fünf Jahren nach der Pflanzung.¹⁴⁰ Durch den Schatten der Baumkronen und dem feuchteren Mikroklima, welches durch Verdunstung entsteht, trägt ein Mikrowald zu einem kühlenden Effekt innerhalb der Flächen und an angrenzenden Bereichen bei.¹⁴¹ Laut Da und Guo ([221]) ist die Temperatur in einem Mikrowald niedriger als auf Flächen, die mit Rasen begrünt wurden.¹⁴² Vier weitere Studien ([12], [116*], [PrePrint1*], [PrePrint2*]) konstatieren ebenfalls einen positiven Beitrag von Mikrowäldern auf das urbane Mikroklima und eine damit verbundene Verringerung des UHI-Effektes durch deren Regulationsleistungen. Somit können Mikrowälder einen lokalen Beitrag zur Anpassung von Städten an die Folgen des Klimawandels - insbesondere der globalen Temperaturerhöhung - leisten.

Ein weiteres Ergebnis von sechs Studien ([12], [69], [112*], [116*], [221], [PrePrint1*]) stellt einen positiven Beitrag von Mikrowäldern zur Qualität des Bodens heraus. Zwei Beiträge ([221], [112*]) beschreiben in diesem Kontext eine mit natürlich gewachsenen, bzw. älteren, nicht-städtischen Wäldern vergleichbare Konzentration von Mikroorganismen im Boden der Mikrowälder.¹⁴³ Neben einer erhöhten Speicherkapazität von Wasser und Nährstoffen, die vor allem auf die Bodenbearbeitung und die aufgetragene Mulchschicht innerhalb der Miyawaki-Methode zurückgeführt wird, ermitteln Miyawaki ([69]) sowie Safvan und Swapna ([PrePrint1*]) eine Verringerung der Bodenerosion.¹⁴⁴

¹³⁸ Vgl. Safvan/Swapna (2023):40, Kiboi et al. (2014): 235.

¹³⁹ Vgl. Hanpattanakit et al. (2022):431.

¹⁴⁰ Vgl. Roy/Chaterjee (2023): 18, Miyawaki/Golley (1993): 343

¹⁴¹ Vgl. Baumüller (2019): 205f.

¹⁴² Vgl. Da/Guo (2014): 211.

¹⁴³ Vgl. Ottburg et al. (2018): 37, Da/Guo (2014): 210,

¹⁴⁴ Vgl. Safvan/Swapna (2023): 40, Miyawaki/Golley (1993): 334.

Vor allem städtische Böden sind von einer Vielzahl an Problematiken betroffen. Neben Bodenverdichtung und -versiegelung sind städtische Böden oft von einer starken Fragmentierung und Schadstoffbelastung betroffen. Diese Einflüsse wirken sich negativ auf die ÖSL der Bodenflächen aus, indem sie die Aufnahmefähigkeit von Kohlenstoff und Regenwasser verringern. Starkregenereignisse, die durch den Klimawandel vermehrt auftreten, können dadurch zu Überschwemmungen des Stadtgebietes führen.¹⁴⁵ Durch die Verbesserung der Bodenqualität und der Reduzierung von Bodenerosion können Mikrowälder nach der Miyawaki-Methode einen positiven Beitrag zu den ökologischen Kriterien und Handlungsfeldern des Bodenschutzes und der Anpassung von Städten an die Folgen des Klimawandels in urbanen Umgebungen leisten.

Vier Beiträge ([6], [65*], [69], [221]) weisen darauf hin, dass sich durch die Miyawaki-Methode ein mehrschichtiges und selbsterhaltendes Waldökosystem innerhalb von wenigen Jahren entwickeln lässt, welches keiner weiteren Pflege, bzw. Managementaufwendungen bedarf und die in Kapitel 2.3 beschriebenen ÖSL erbringt. Dem widersprechen die Erkenntnisse drei anderer Forschungsbeiträge ([112*], [131], [Preprint2*]), die auf eine gering ausgebildete Unterschicht innerhalb der Mikrowälder - hier vor allem die Krautschicht - hinweisen. So beschreiben beispielsweise Sasaki et al. ([131]) die Fülle und Diversität der unteren Waldschichten innerhalb eines 40 Jahre alten Mikrowaldes im Vergleich zu einem Referenzwald als geringer. Sie führen dies zum einen auf den Schattenwurf durch den frühen Kronenschluss zurück, der zu einer hohen Mortalitätsrate der lichtabhängigen, bzw. schattenintoleranten Baumarten führte. Zum anderen fehle eine nahegelegene Waldfläche, die durch Samenübertragung zur Etablierung neuer Individuen innerhalb des Mikrowaldes hätte beitragen können. Die Autoren nehmen an, dass sich diese Entwicklung fortführen wird und die Struktur des Mikrowaldes zukünftig eher mit der einer einschichtigen Monokultur oder einer Plantage gleichaltrigen Bäumen vergleichbar sein werde. Dies hätte eine geringere Produktivität bei der Erbringung der ÖSL zur Folge. Auch siedelten sich invasive Arten in der Fläche an, die die heimischen Spezies verdrängten.¹⁴⁶ Zu ähnlichen Ergebnissen kommen Ottburg et al. ([112*]): In ihrem Forschungsreport zeichnete sich die Unterentwicklung der Vegetation innerhalb der Krautschicht bereits nach einem Jahr ab. Im Gegensatz zur Fläche von Sasaki et al. konnte durch die Nähe eines angrenzenden Parks eine Isolation des Mikrowaldes nicht als Ursache herangezogen werden. Auch Ottburg et al. vermuten in ihrer Untersuchung

¹⁴⁵ Vgl. Breuste (2016): 71ff.

¹⁴⁶ Vgl. Sasaki et al. (2018): 127ff.

eine weitere Abnahme der Fülle und Biodiversität.¹⁴⁷ Die Erkenntnisse von Roy und Chatterjee ([PrePrint2]) bestätigen diese Befunde für Mikrowälder mit einer Bestandszeit von vier bis sieben Jahren.¹⁴⁸ Die Autoren der Studien empfehlen die Anwendung von unterschiedlichen Managementmaßnahmen, wie beispielsweise der gezielten Ausdünnung der oberen Schichten, der Bereitstellung von Samenquellen, dem aktiven Management der Randbereiche, der Pflanzung von Blühpflanzen und Fruchtsträuchern, der Nischenfüllung sowie dem Erstellen eines Altersspektrums.¹⁴⁹

Da und Guo ([221]) konstatieren in ihrer Untersuchung eines zehn Jahre alten Mikrowalds einerseits die erfolgreiche Ausbildung eines stabilen Waldökosystems mit entsprechenden ÖSL. Andererseits stellen sie fest, dass einige schattentolerante Laubbaumspezies, die die Klimax-Gesellschaft des Mikrowald bilden sollten, eine hohe Mortalitätsrate in den ersten Jahren aufwiesen und führen dies auf den fehlenden Schatten durch die noch nicht ausgebildete Krone zurück. Sie empfehlen das Pflanzen von Mischungen aus immergrünen und laubwerfenden Bäumen mit unterschiedlichem Alter, um die Mortalitätsraten zu verringern und die mehrschichtige Struktur des Mikrowaldes zu fördern.¹⁵⁰ Rots ([13]) merkt weiterhin an, dass neu entwickelte Mikrowälder auch negative Wechselwirkungen mit bestehenden Ökosystemen in der Umgebung mit sich bringen können.¹⁵¹

Somit lässt sich in Hinblick auf die Beiträge von Mikrowäldern auf das ökologische Handlungsfelder der Förderung von Ökosystemen und deren Leistungen durch das Ausbilden eines selbsterhaltenden, mehrschichtigen Waldsystems kein eindeutiges Ergebnis ermitteln.

Ähnliches zeigt sich in Hinblick auf das Kriterium und Handlungsfeld des Schutzes und der Förderung der urbanen Biodiversität: Während fünf Forschungsbeiträge ([68*], [112*], [221], [241], [PrePrint1*]) einen positiven Beitrag zur urbanen Biodiversität u.a. im Vergleich zu Referenzflächen ermitteln, weisen drei Studien ([131], [243], [PrePrint2*]) auf eine geringere Biodiversität im Vergleich zu referenzierten Waldflächen hin. Letzteres wird vor allem durch die zuvor beschriebene geringe Fülle und Diversität der Arten innerhalb der unteren Waldschichten in den untersuchten Mikrowäldern zurückgeführt. Daneben untersuchten Liu et al. ([241]) sowie Zhang et al. ([243]) die genetische Varianz

¹⁴⁷ Vgl. Ottburg et al. (2018): 36.

¹⁴⁸ Vgl. Roy/Chatterjee (2023): 18.

¹⁴⁹ Vgl. ebenda: 18ff., Ottburg et al. (2018): 36, Sasaki et al. (2018): 30.

¹⁵⁰ Vgl. Da/Guo (2014): 212f.

¹⁵¹ Vgl. Rots (2021): 23.

zweier Baumspezies in einem Mikrowald, der ebenfalls von Da und Guo ([221]) untersucht wurde. Sie kommen hierbei zu unterschiedlichen Ergebnissen. Zhang et al. ([243]) kommen zu dem Schluss, dass die genetische Vielfalt der Proben einer Baumspezies des Mikrowaldes vergleichbar ist mit der eines Referenzwaldes und der genetischen Vielfalt des Waldes, aus dem die Samen gesammelt wurden. Dagegen ermitteln Lui et al. ([241]) eine insignifikant niedrigere Genvielfalt. Die Autoren beider Studien weisen in diesem Zusammenhang auf eine möglicherweise nicht repräsentative Probensammlung hin.¹⁵²

So kann auch für den Schutz und die Förderung der urbanen Biodiversität kein eindeutiges Ergebnis ermittelt werden.

Soziale Dimension und deren Handlungsfelder

Die soziale Dimension der nachhaltigen Stadtentwicklung beinhaltet vor allem die Sicherung der intra- und intergenerationellen Gerechtigkeit, eine hohe Lebensqualität sowie den Erhalt der sozialen Grundgüter. In Hinblick auf diese Dimension und ihren Kriterien sowie den damit verbundenen Handlungsfeldern kann eine mehrheitliche Übereinstimmung über die positiven Aspekte von Mikrowäldern in der Literatur identifiziert werden. In insgesamt sieben von 21 Beiträgen ([3], [14], [46*], [65*], [69], [116*], [124]) werden Mikrowälder mit der Förderung von (Umwelt)bildung, Naturerfahrung und Kompetenzaufbau in Verbindung gebracht. Mikrowälder können in unterschiedlichen Formen, wie beispielsweise als grüne Klassenzimmer, Reallabore, Studienprojekte oder im Rahmen von Citizen Science Ansätzen¹⁵³ als Bildungsinstrument genutzt werden. Ein gerechter Zugang zu Bildung kann dadurch gefördert werden. Auch lässt sich aus der Literatur ein häufiger Einsatz von Mikrowäldern als Beteiligungsinstrument zur Verwirklichung sozialer Teilhabe ermitteln. Die Ergebnisse von acht Studien ([3], [6], [14], [46*], [65*], [69], [112*], [124]) betonen die Möglichkeiten der Partizipation und aktiven Einbindung in die Entwicklungsprozesse von Mikrowäldern. Für Städte können durch deren Etablierung die Handlungsfelder der Investitionen in Bildung und der partizipatorischen Gestaltung von Stadtentwicklungsprozessen bearbeitet werden. Daneben konstatieren Buijs et al. ([3]) und Cárdenas et al. ([46*]) die Förderung des sozialen Zusammenhalts durch die gemeinsamen Aktivitäten von Stadtbewohnern innerhalb von Mikrowäldern.¹⁵⁴

¹⁵² Vgl. Lui et al. (2008): 37f, Zhang et al. (2006): 353.

¹⁵³ Unter Citizen Science kann im weitesten Sinne die aktive Beteiligung der allgemeinen Öffentlichkeit an Tätigkeiten wissenschaftlicher Forschung verstanden werden. Vgl. Vohland et al. (2021): 1.

¹⁵⁴ Vgl. Buijs et al. (2023): 8, Cárdenas et al. (2022): 179.

Als kritische Anmerkung weist Rots ([13]) darauf hin, dass die strikte Verwendung von Baumarten der pnV dazu führen kann, dass kulturelle Präferenzen für bestimmte Spezies nicht berücksichtigt werden und ein Potenzial für gesellschaftliche Kontroversen birgt.¹⁵⁵ Ebenso kann durch die Konkurrenz um Flächen, Macht und Einfluss zwischen den unterschiedlichen Akteuren aus Privatwirtschaft, Zivilgesellschaft und öffentlichen Institutionen zu sozialen Verwerfungen kommen.¹⁵⁶ Rots zeigt somit Zielkonflikte auf, die im Rahmen der Entwicklung von Mikrowäldern berücksichtigt werden müssen.

Ökonomische Dimension und deren Handlungsfelder

Die ökonomische Dimension der nachhaltigen Stadtentwicklung zielt auf die Befriedigung der materiellen Grundbedürfnisse heutiger und zukünftiger Generation unter Berücksichtigung der planetaren Grenzen ab. Bezüglich der ökonomischen Kriterien und den sich daraus ergebenden Handlungsfeldern besteht eine weitgehende Einigkeit in Hinblick auf die Möglichkeiten Netzwerke und Kooperationen zwischen den verschiedenen Akteuren der Stadtentwicklung zu bilden. Vier Beiträge ([6], [14], [65*], [124]) betonen dabei einen hohen Stellenwert von Kooperationen zwischen Akteuren der öffentlichen Hand, der Zivilgesellschaft, der Privatwirtschaft und der Wissenschaft für die erfolgreiche Entwicklung und Umsetzung von Mikrowäldern. Für Miyawaki stellte die kollaborative Entwicklung dieser auf Flächen privater Unternehmen einen wichtigen Hebel zur Verbreitung der Methode und Finanzierung der Umsetzung in Japan dar.¹⁵⁷ Auf der anderen Seite konstatiert Rots ([13]), dass die Entwicklung von Mikrowäldern einen negativen Einfluss auf die ökonomische Lebensgrundlage der einheimischen Bevölkerung haben kann, wenn dadurch beispielsweise der Zugang zu (land-)wirtschaftlich genutzten Flächen eingeschränkt wird.¹⁵⁸ Ähnlich wie bei der sozialen Dimension stellt dieser Aspekt einen Zielkonflikt dar, der sich aus der Entwicklung von Mikrowäldern ergeben kann.

Aufgrund der unter der ökologischen Dimension ausgeführten widersprüchlichen Erkenntnisse einiger Beiträge bezüglich der Ausbildung der unteren Schichten innerhalb von Mikrowäldern lässt sich innerhalb des ökonomischen Handlungsfeld des Effizienten Einsatzes von Investitionen und deren Kosteneffizienz bezüglich Managementaufwendungen durch einen geringen Pflegeaufwand nach der Pflanzung kein eindeutiges Er-

¹⁵⁵ Vgl. Rots (2021): 22.

¹⁵⁶ Vgl. ebenda: 29f.

¹⁵⁷ Vgl. Miyawaki (2008): 188.

¹⁵⁸ Vgl. Rots (2021): 26.

gebnis ermitteln. Diese Beiträge empfehlen wie dargestellt eine kontinuierliche Anwendung von Managementaktivitäten, die im Rahmen der Instandhaltung von Mikrowäldern zu Kosten führen können.

Weitere Ergebnisse

Zusätzlich zu den Forschungsbeiträgen, die eine konkrete Anwendung der Miyawaki-Methode beinhalteten und somit in die Analyse der SLR aufgenommen wurden, konnte in zwölf untersuchten Beiträgen ([24], [25], [26], [29], [32], [43], [45], [123], [129], [130], [201], [205]) Empfehlungen der Methode ermittelt werden, ohne auf die konkrete Umsetzung einzugehen. Hierbei wird vor allem der Einsatz der Methode zur schnellen Entwicklung von Grün-, bzw. Waldflächen in Stadtgebieten ([24], [25], [26], [32], [129], [130], [201], [205]), zur Mitigation des UHI-Effektes ([29]) sowie zur Erhöhung des Nutzens der ÖSL innerhalb von Städten ([123]) thematisiert. Auffällig ist der Publikationszeitraum, der sich für die genannten Beiträge auf den Zeitraum zwischen 2020 und 2023 konzentriert. Daraus kann auf eine Aktualität und Popularität der Methode geschlossen werden. Weitere fünf Beiträge ([2], [4], [10], [11], [16]) beschrieben den Einsatz der Methode außerhalb von städtischen Gebieten.

So ermitteln Schirone et al. ([2]), dass die Miyawaki-Methode im Gegensatz zu den üblicherweise eingesetzten Methoden unter Integration nicht-heimischer Baumarten für eine schnellere und effektivere Methode zur Wiederaufforstung von mediterranen Wäldern genutzt werden kann.¹⁵⁹ Guo ([4]) sowie Zhang et al. ([10]) beschreiben die Anwendung und Effekte der Methode in ländlichen Gebieten und konstatieren einen positiven Effekt auf die Bodenqualität¹⁶⁰ und bei der Restauration degradierter Waldflächen.¹⁶¹ Ranjan et al. ([11], [16]) analysieren den Einsatz der Methode zur Stabilisierung von Abladehängen und zur Rehabilitation von Flächen von ehemaligen Eisenminen. Hierbei ermitteln die Autoren für diesen Anwendungsfall eine höhere Überlebensrate der Pflanzen, sowie eine schnellere Entwicklung der Bäume durch die Anwendung der Miyawaki-Methode im Vergleich zu von den Autoren als traditionell bezeichnete Methoden.¹⁶² Zu erwähnen sei hier noch der Beitrag von Kuittinen et al. ([201]). Die Autoren merken an, dass die Miyawaki-Methode ein großes Potenzial zur kosteneffizienten Speicherung von Kohlenstoff birgt, dieses Potenzial jedoch noch nicht optimal ausgeschöpft werde.¹⁶³ Sie

¹⁵⁹ Vgl. Schirone et al. (2011): 90.

¹⁶⁰ Vgl. Guo (2018): 7515.

¹⁶¹ Vgl. Zhang et al. (2023): 16f.

¹⁶² Vgl. Ranjan et al. (2016): 262f.

¹⁶³ Vgl. Kuittinen et al. (2023): 102.

beziehen sich in ihrer Literaturanalyse u.a. auf einen belgischen Studienreport, in welchem für Mikrowälder ein Potenzial zur Speicherung von 5,1 tCO₂/ha pro Jahr angegeben wird;¹⁶⁴ dieser Wert liegt damit etwas unter dem von Hanpattanakit et al. ([12]) ermittelten Wert von 6,25 tCO₂/ha.¹⁶⁵ Gleichzeitig stellen Kuittinen et al. einen Mangel an begutachteten Studien bezüglich der klimatischen Wirkungen von Mikrowäldern nach der Miyawaki-Methode fest.¹⁶⁶

Zusammenfassend lässt sich ermitteln, dass sich die Entwicklung von Mikrowäldern nach der Miyawaki-Methode mit den einzelnen Dimensionen, einer Vielzahl der Kriterien sowie den damit verbundenen Handlungsfeldern der nachhaltigen Stadtentwicklung in Verbindung bringen lässt. Zur Beantwortung der Forschungsfrage, wie Mikrowälder nach der Miyawaki-Methode in Städten zu einer nachhaltigen Stadtentwicklung beitragen können kann zunächst festgestellt werden, dass Mikrowälder zur Verwirklichung der Ziele nachhaltiger Stadtentwicklung auf allen Dimensionsebenen beitragen können. Vor allem die Handlungsfelder der ökologischen und sozialen Dimension können durch Entwicklung und Umsetzung der Mikrowälder innerhalb des Stadtgebietes positiv beeinflusst werden. Auch für die Handlungsfelder der ökonomischen Dimension lassen sich positive Effekte von Mikrowäldern feststellen; dies jedoch in untergeordneter Form. Daneben ergeben sich auch Zielkonflikte, die es im Rahmen der Stadtentwicklung zu berücksichtigen gilt. Für eine Vielzahl der unterschiedlichen Handlungsfelder von Städten stellen Mikrowälder nach der Miyawaki-Methode einen möglichen Lösungsansatz zur Förderung einer nachhaltigen Stadtentwicklung dar. Gleichzeitig können durch die Entwicklung von Mikrowäldern allein nicht alle Handlungsfelder von Städten bearbeitet werden. So können sie nur wenig zur Steigerung der Energieeffizienz und der Verringerung des städtischen Ressourcenverbrauchs, zur Verbesserung des Abfallmanagements, einer nachhaltigen Mobilität, sozial gerechtem Wohnungsbau, der Förderung von Kreislaufwirtschaft, der Integration von Nachhaltigkeitsmanagementsystemen sowie zum Ausbau der Infrastrukturen für erneuerbare Energien und zur Anwendung von effizienten Technologien beitragen. Aus der systematischen Untersuchung des aktuellen Wissenstandes ergeben sich jedoch Potenziale, deren Erschließung durch zielgerichtete Forschung möglich erscheint. Die folgende Forschungsagenda, gruppiert nach den Dimensionen der nachhaltigen Stadtentwicklung, soll dazu beitragen, die offenen Forschungsbereiche von

¹⁶⁴ Vgl. Manuel (2020) zitiert nach Kuittinen et al. (2023): 97.

¹⁶⁵ Vgl. Hanpattanakit et al. (2022):431.

¹⁶⁶ Vgl. Kuittinen et al. (2023): 97.

Mikrowäldern nach der Miyawaki-Methode weiter zu untersuchen sowie Zielkonflikte, negative Wechselwirkungen und Limitationen aufzuzeigen. Der dadurch generierte Wissenszuwachs dient daneben auch einer kontinuierlichen Erweiterung und Ergänzung der Forschungsagenda. Diese ist also nicht als abschließend zu betrachten. Zur Vervollständigung werden auch die in der untersuchten Literatur identifizierten Hinweise auf Forschungslücken aufgenommen. Als wichtiger Aspekt ist voranstehend der von Kuittinen et al. beschriebene Bedarf an begutachteter Forschung zu benennen.¹⁶⁷ Die folgenden Bereiche sollten daher im Rahmen hochwertiger Forschungsbeiträge bearbeitet werden.

Das Aufstellen der Forschungsagenda stellt den fünften und letzten Schritt der SLR dar.¹⁶⁸ Abschließend soll diese durch das Aufzeigen von Herausforderungen bei der Entwicklung und Umsetzung von Mikrowäldern sowie die Formulierung von Handlungsempfehlungen ergänzt werden.

3.3 Forschungsagenda und Handlungsempfehlungen

Das Aufstellen der Forschungsagenda beinhaltet eines der wichtigsten Ziele der vorliegenden SLR. Neben der Unterstützung der Schritte der Analyse und Synthese innerhalb der SLR dient die bearbeitete Konzeptmatrix in Tabelle 8 der Aufstellung der Forschungsagenda. Anhand der Matrix können die Forschungslücken identifiziert und visualisiert werden:

„(...) certain fields of the matrix, which remain ‘blank’ during a literature study, often highlight research areas that are significantly under-researched.“¹⁶⁹

Forschungsagenda der ökologischen Dimension

- Entwicklung eines standardisierten Monitoring- und Evaluations-Frameworks inklusive Indikatoren-Sets zur Ermittlung und Bemessung der ökologischen Produktivität von bestehenden und neu entwickelten Mikrowäldern. Um den Erkenntnissen bezüglich der teilweise mangelhaften Ausbildung der unteren Waldschichten Rechnung zu tragen, sollten neben Kennzahlen in Hinblick auf das horizontale Wachstum der Vegetation ein Fokus auf die Ermittlung der Entwicklung der

¹⁶⁷ Vgl. Kuittinen et al. (2021): 97.

¹⁶⁸ Vgl. vom Brocke et al. (2009): 2214.

¹⁶⁹ vom Brocke et al. (2009): 2214.

vertikalen Strukturen des Mikrowaldes gelegt werden. Weiterhin sollten Kennzahlen zur Bewertung der Funktion von Mikrowäldern als Kohlenstoffsенke integriert werden. Neben der Berechnung des gespeicherten Kohlenstoffes kann die von Hanpattanakit et al. ([12]) empfohlene Ermittlung der Kohlenstoffbalance, also der Differenz der gespeicherten Menge an Kohlenstoff und der Abgabe von Kohlenstoff durch natürliche Prozesse, inkludiert werden. Dafür benennen die Autoren die Berechnung der Nettoökosystemproduktion (englisch auch Net Ecosystem Production).¹⁷⁰ Ergänzt werden sollten diese Werte durch die Quantifizierung weiterer ÖSL, wie z.B. Temperaturregulierung, Luftfilterung und Bodenqualität. Der Einfluss von Mikrowäldern auf die lokale Wasserqualität birgt ebenfalls noch nicht untersuchte Potenziale. Weiterhin bedarf es Kennzahlen zur Bemessung der Biodiversität von Mikrowäldern. Hierzu benennen Ottburg et al. ([112*]) bereits mögliche Kennzahlen und deren Erhebungsfrequenz, sowie Möglichkeiten zur Integration von Citizen Science Ansätzen.¹⁷¹

- Analyse der möglichen Wechselwirkungen von Mikrowäldern mit angrenzenden Ökosystemen. Hierbei sollten sowohl negative als auch positive sowie kurzfristige und langfristige Wirkungen aufgezeigt werden.
- Weiterführende Untersuchungen zum möglichen Einsatz von Mikrowäldern zur Förderung der lokalen Anpassung an die Auswirkungen des Klimawandels innerhalb von Städten unter Betrachtung möglicher Synergien mit Mitigationsmaßnahmen. Diese Untersuchungen sollten spezifische Risikoanalysen beinhalten, um die unterschiedlichen lokalen Herausforderungen und Rahmenbedingungen zu berücksichtigen.
- Ergänzend dazu sollte die von Egerer und Suda ([14]) vorgeschlagene Evaluation heimischer und nicht-heimischer Spezies in Hinblick auf die Auswirkungen des globalen Temperaturanstiegs¹⁷² und die damit verbundenen klimatischen und vegetationsspezifischen Veränderungen wie beispielsweise ein früherer Pollenflug untersucht werden.

¹⁷⁰ Vgl. Hanpattanakit et al. (2022): 432.

¹⁷¹ Vgl. Ottburg et al. (2018): 35.

¹⁷² Vgl. Egerer/Suda (2023): 1336.

Forschungsagenda der sozialen Dimension

- Untersuchungen der Möglichkeiten zur Gewährleistung eines gerechten Zugangs zu Mikrowäldern. Analog zu den stadtplanerischen Methoden der Grünflächenentwicklung ist es nötig, sich an den vulnerablen und oftmals benachteiligten Gruppen wie beispielsweise Kinder, ältere Menschen, Menschen mit Migrationsgeschichte und Menschen mit Behinderungen zu orientieren. Dazu sollten auf städtischer Ebene wissenschaftliche Kriterien und Rahmenwerke entwickelt werden, die innerhalb der Stadtentwicklung eingesetzt werden. Auch sollten vorhandene Planungsinstrumente auf mögliche Anpassungen bezüglich neu entwickelter Mikrowälder überprüft werden.
- Egerer und Suda ([14]) führen daneben benötigte Untersuchungen der lokalen Auswirkungen in Hinblick auf mögliche Gentrifizierungsprozesse durch die Aufwertung von Flächen aufgrund der Entwicklung von Mikrowäldern sowie deren Zugangsbarrieren auf.¹⁷³
- Ermittlung der Möglichkeiten und Auswirkungen einer Integration von bewegungsfördernden Maßnahmen in die Flächen der Mikrowälder, wie zum Beispiel das Aufstellen von Sportgeräten. Dies gilt analog für Begegnungsräume wie beispielsweise Sitzbankgruppen.
- Wissenschaftlich begleitete Weiterentwicklung und Standardisierung der Möglichkeiten durch Mikrowälder eine partizipatorische Stadtentwicklung und Umweltbildung zu fördern. Dafür stellen die von Egerer und Suda ([14]) sowie von Ottburg et al. ([112]) benannten Citizen Science Ansätze eines der möglichen Instrumente dar.

Forschungsagenda der ökonomischen Dimension

- Gezielte Untersuchung bestehender Mikrowälder zur Bewertung von etwaig benötigten Management- und Pflegemaßnahmen, um eine langfristige Stabilität und Produktivität gewährleisten zu können. Hierbei bestehen Überschneidungen mit der ökologischen Dimension.

¹⁷³ Vgl. Egerer/Suda (2023): 1336.

- Monetäre Gesamtbewertung der Potenziale die Mikrowälder und deren ÖSL innerhalb von Städten auf wissenschaftlicher Basis. Dazu sollte eine Kosten-Nutzen-Analyse erstellt werden. Neben Einsparungen, die sich beispielsweise durch eine bessere Luftqualität und Temperaturregulierung für das Gesundheitssystem bieten, könnten Mikrowälder zur Aufwertung der städtischen Standortfaktoren und für touristische Zwecke genutzt werden. Gleichzeitig sind die oben genannten Pflege- und Managementaufwendungen zu berücksichtigen. Formalisierte und standardisierte Herangehensweisen zur monetären Bewertung der ÖSL bieten beispielsweise die im Kapitel 2.3 benannten Ansätze TEEB oder CICES. Exemplarisch kann hier die Berechnung der Einsparungskosten einer Kleingartenanlage in Berlin herangezogen werden: Die 5,1 Hektar große Fläche kann laut dem Institut für ökologische Wirtschaftsforschung 340 Kubikmeter Niederschlag aufnehmen. Daraus ergeben sich Einsparungen von 13.000 Euro, die in den Ausbau der Kanalisation investiert werden müssten.¹⁷⁴
- Untersuchung des Potenzials und der Effekte einer Inklusion von Fruchtbäumen und -sträuchern sowie anderen Pflanzenarten, die für eine lokale Lebensmittelproduktion genutzt werden können.
- Ermittlung des Potenzials zur Generierung sozialversicherter Arbeitsplätze, die beispielsweise unter Tarifverträgen abgeschlossen werden können. Die Entwicklung und die Umsetzung, sowie die etwaige Pflege von Mikrowäldern benötigt neben einer entsprechenden Finanzierung auch Humankapital. Dieses gilt es wissenschaftlich zu quantifizieren.
- Entwicklung neuer Formen der Kooperationen und Formalisierung dieser. Für den bekannten Ansatz der öffentlich-privaten Partnerschaften (Public-Private-Partnerships), welcher für Kooperationen zwischen privatwirtschaftlichen Unternehmen und öffentlicher Hand genutzt wird, bieten sich Möglichkeiten zur strategischen Erweiterung um Kooperationen zwischen zivilgesellschaftlichen Initiativen, wissenschaftlichen Institutionen und der Politik.
- Erforschung der Möglichkeiten zur Anwendung von neuen Technologien, beispielsweise um das Monitoring oder digitale Beteiligungsformate zu unterstützen.

¹⁷⁴ Vgl. Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (Hrsg.) (2022): 15.

- Ermittlung möglicher Flächen in Stadtgebieten durch geografische Informationssysteme unter Einbezug formeller Planungsinstrumente wie Flächennutzungspläne.¹⁷⁵

Die oben formulierte Forschungsagenda richtet sich primär an Akteure wissenschaftlicher Disziplinen. Zusätzlich zu einer vertiefenden und weiterführenden Forschung sollen die im Folgenden formulierten Handlungsempfehlungen, die sich analog zur Stadtentwicklung an alle Akteure der Stadtentwicklung richten, zur weiteren Abdeckung der Handlungsfelder von nachhaltiger Stadtentwicklung beitragen. Daneben sollen sie mögliche Akteure bei der praktischen Umsetzung von Mikrowäldern nach der Miyawaki-Methode unterstützen. Vorab soll dazu auf die in der Literatur identifizierten Herausforderungen eingegangen werden.

Herausforderungen bei der Entwicklung von Mikrowäldern

Eine der zentralen Herausforderungen stellt die initiale und langfristige Finanzierung der Mikrowälder dar.¹⁷⁶ Auf einer Projektseite des deutschen Umweltbundesamtes werden die geschätzten Kosten für die Umsetzung eines Mikrowaldes mit ungefähr 100 Euro/m² beziffert. Als mögliche Finanzierungsquellen werden u.a. Crowdfunding, Fördergelder oder eine private Finanzierung aufgeführt.¹⁷⁷ Generell variieren die Kosten für die Entwicklung von Grünflächen stark und sind von verschiedenen Einflussfaktoren abhängig. So beziffert beispielsweise das Bezirksamt von Berlin Mitte die Integration von begrünten Mulden und Tiefbeeten im Rahmen eines Entsiegelungskonzeptes auf 300 Euro/m².¹⁷⁸ Auch werden Flächen benötigt, die von öffentlicher oder privater Seite bereitgestellt werden müssen und mit den unterschiedlichen Nutzungsformen wie beispielsweise Wohnflächen in Konkurrenz stehen. Daneben bedarf es einer Kontinuität der Projekte und Initiativen, da das Endergebnis eines Mikrowaldes ist nicht sofort in Gänze sichtbar ist. Dies kann dazu führen, dass geschlossene Kooperationen und beteiligte Freiwillige ihr Engagement aufgeben.¹⁷⁹ Weiterhin müssen bei der Planung und Umsetzung sowohl

¹⁷⁵ Als Beispiel kann hier auf die Abschlussarbeit von Franke (2023) verwiesen werden, die am Beispiel von Berlin öffentlich zur Verfügung stehende Geoinformationssysteme nutzt, um potenzielle Flächen zu ermitteln.

¹⁷⁶ Vgl. Buijs et al. (2023): 9.

¹⁷⁷ Vgl. Umweltbundesamt (2020): Tiny Forests - von nachhaltiger Bildung zu klimaresilienten Städten.

¹⁷⁸ Vgl. Bezirksamt Berlin Mitte (Hrsg.) (2023): 6.

¹⁷⁹ Vgl. Buijs et al. (2023): 9, Egerer/Suda (2023): 1337.

die lokalen Zielkonflikte, negative Wechselwirkungen aber auch Synergieeffekte berücksichtigt werden, um den Anforderungen einer nachhaltigen Stadtentwicklung gerecht zu werden. Die in der Forschungsagenda benannten Risikoanalysen können die Ermittlung dieser Rahmenbedingungen unterstützen, bedürfen aber entsprechenden Fähigkeiten und einem Zugang zu den benötigten Daten.

Handlungsempfehlungen

Aus diesen Herausforderungen ergeben sich eine Reihe von Handlungsempfehlungen. Sie sollen als Orientierung dienen und durch neue Forschungserkenntnissen ergänzt werden. Daher können sie analog zur Forschungsagenda nicht als abschließend betrachtet werden.

- Eine der zentralen Handlungsempfehlungen, die auch in der untersuchten Literatur häufige Erwähnung fand, ist die Bildung von langfristigen, lokalen Kooperationen zwischen Akteuren der Zivilgesellschaft, der Wissenschaft, der Privatwirtschaft, der Politik und der öffentlichen Hand für eine gemeinschaftliche Umsetzung von Initiativen zur Entwicklung von Mikrowäldern. Dabei können die Akteure unterschiedliche Aufgaben übernehmen. Stadtbewohner sollten im Rahmen der Planung, Pflanzung und dem Monitoring eingebunden werden. Dabei sollten sie von wissenschaftlicher Seite unterstützt werden. Behörden, private Unternehmen und gemeinnützige Träger sind vor allem für die Bereitstellung von Flächen, der Finanzierung und in koordinierender, bzw. leitender Funktion gefragt.¹⁸⁰ Hierbei sollten die unterschiedlichen Interessen der Akteure beachtet werden.
- Die aktive Einbindung und Beteiligung der lokalen Bevölkerung stellt einen weiteren wesentlichen Aspekt dar, um die Potenziale von Mikrowäldern in Hinblick auf die sozialen Ziele und Handlungsfelder einer nachhaltigen Stadtentwicklung zu heben. Dabei gilt es sowohl für private Initiativen als auch für Projekte der öffentlichen Verwaltung, die Teilhabe bereits bei der initialen Planung zu berücksichtigen. Offizielle Beteiligungsformate erfordern oftmals einen hohen finanziellen und zeitlichen Aufwand. Es sollten Abwägungen getroffen werden, welcher Grad der Beteiligung und in welcher Form eine gerechte Teilhabe gewährleistet werden kann. Mögliche Instrumente zur Erhöhung der Transparenz wie beispiels-

¹⁸⁰ Vgl. Buijs et al. (2023): 9, Egerer/Suda (2023): 1337, Kiboi et al. (2014): 235, Da/Guo (2014): 220, Miyawaki (2004): 89, Miyawaki (1998): 164.

weise Beschilderungen der Flächen und öffentliche Veranstaltungen können unterstützend wirken und ermöglichen darüber hinaus eine erste Forcierung von Bildungsaktivitäten.

- Daneben sollten die beschriebenen Monitoring Aktivitäten für bestehende und neue Mikrowälder systematisch eingesetzt werden, so dass die positiven wie negativen Wirkungen erfasst und Fehlentwicklungen wie beispielsweise fehlende Fülle und Diversität der unteren Schichten oder Gentrifizierung, entgegengewirkt werden kann. Aus den gewonnenen Erkenntnissen können Verbesserungspotenziale identifiziert werden. Das Monitoring ist regelmäßig in Hinblick auf neue Forschungserkenntnisse zu überprüfen und gegebenenfalls anzupassen. Die Integration von technischen Mitteln wie beispielsweise Messstationen sowie die Einbindung der lokalen Bevölkerung im Rahmen von Citizen Science Ansätzen können den benötigten Aufwand reduzieren und bergen positive Effekte für die soziale Dimension der nachhaltigen Stadtentwicklung.
- Eine Skalierung der Aktivitäten und Projekte sollte durch Öffentlichkeitsarbeit, aktive Ansprache von weiteren Akteuren und Reichweitenerhöhung forciert werden. So haben beispielsweise die sogenannten Outreach-Aktivitäten von Mustafa et al. ([124]) zu einer Entwicklung weiterer Mikrowälder im Stadtgebiet von Karachi (Pakistan) geführt.¹⁸¹
- Die Stärkung globaler Netzwerke, die sich der Entwicklung und Umsetzung von Mikrowäldern in Städten widmen, kann die Systematisierung des Monitorings, den Austausch von Wissen, der Weiterentwicklung von Mikrowäldern und der Erhöhung des Bewusstseins für nachhaltige Entwicklung und Verhaltensweisen unterstützen. Als Beispiel können hier die englische Umweltschutzorganisation *Earthwatch Institut* oder das niederländische Institut für Naturbildung und Nachhaltigkeit *IVN Natuureducatie* genannt werden, die diesen Netzwerkansatz verfolgen.¹⁸²

Die durchgeführte SLR konnte den aktuellen Wissensstand in Hinblick auf den Einsatz von Mikrowäldern nach der Miyawaki-Methode in Bezug auf eine nachhaltige Stadtent-

¹⁸¹ Vgl. Mustafa et al. (2022): 10.

¹⁸² Vgl. Earthwatch Institute (2023): Fast-growing urban forests, Bruns et al. (2019): 23.

wicklung aufzeigen. Auch konnten mögliche negative Wirkungen, Widersprüche und bereits formulierte Forschungsfelder und Handlungsempfehlungen innerhalb der bestehenden Literatur ermittelt werden. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse wurden als Grundlage zur Formulierung der Forschungsagenda, der Darstellung der Herausforderungen sowie der Entwicklung von Handlungsempfehlungen herangezogen. Gleichwohl ergeben sich Limitationen, die zur Bewertung der SLR berücksichtigt werden müssen. Diese sollen im Folgenden erläutert werden.

3.4 Kritische Einordnung

Die Limitationen der durchgeführten SLR betreffen zum einen die Methodik an sich und zum anderen Einschränkungen bei der Durchführung. In Hinblick auf die Methode kann festgehalten werden, dass sich die von vom Brocke et al. empfohlene Durchführung durch eine hohe Transparenz und Reproduzierbarkeit anhand der rigorosen Dokumentation auszeichnet. Auch ermöglicht das dreistufige Verfahren der Literatursuche eine breite Abdeckung, bzw. Sensitivität, die durch die kontinuierliche Anwendung der Ein- und Ausschlusskriterien im Sinne der Spezifität ausbalanciert werden kann. Die Konzeptmatrix, die zur Analyse und Synthese der Ergebnisse empfohlen wird, stellt ein hilfreiches Instrument dar, um offene Potenziale und Forschungslücken in logischer und übersichtlicher Weise darzustellen. Obwohl die vorgeschlagene Taxonomie nach Cooper im Jahr 1988 veröffentlicht wurde, hat sich diese in Kombination mit dem Review-Protokoll als hilfreiches Mittel zur Konkretisierung des Untersuchungsgegenstandes erwiesen. Gleichzeitig kann der vorgeschlagene Fokus auf elektronische Datenbanken und Fachzeitschriften dazu führen, dass analoge Literatur und solche, die nicht in Fachzeitschriften veröffentlicht wurde, keine Berücksichtigung finden.

Eng verbunden mit diesem Aspekt ist die Qualitätssicherung der untersuchten Primärliteratur, die sich auf die hauptsächliche Nutzung von begutachteten Artikeln aus Fachzeitschriften beschränkt.¹⁸³ Dabei unterscheiden sich jedoch die Verfahrensweisen der durchgeführten Begutachtung zwischen den einzelnen Fachzeitschriften z.B. in Einfachblind- oder Doppelblind-Verfahren. Auch sind die Bewertungsmaßstäbe oftmals nicht transparent, bzw. schwer zu ermitteln. So sehen andere Richtlinien zur Durchführung von SLR beispielsweise nach Fink strengere Qualitätskontrollen vor, indem jeder einzelne Forschungsbeitrag nochmals in Hinblick auf seine Qualität überprüft wird. Dabei sind die Herangehensweisen für quantitative und qualitative Studien unterschiedlich.

¹⁸³ Vgl. vom Brocke et al. (2009): 2213.

Fink geht dabei davon aus, dass ein Team aus mehreren Personen die SLR durchführt, da diese Vorgehensweise einen erheblichen Aufwand bedeutet.¹⁸⁴ Unter Berücksichtigung der oben genannten Anmerkungen bezüglich Begutachtungsverfahren stellt das von vom Brocke et al. empfohlene Verfahren eine effiziente Herangehensweise dar, die weniger Kapazitäten und Ressourcen benötigt. Laut Döring und Bortz zählen begutachtete Fachartikel zur wichtigsten Primärquellen in den Human- und Sozialwissenschaften.¹⁸⁵ Diese Einschätzung kann auf die untersuchten Forschungsbeiträge der durchgeführten SLR übertragen werden.

Neben den methodischen Limitationen sollen an dieser Stelle die Einschränkungen bei der Durchführung genannt werden. Unterschiedliche Autoren empfehlen wie dargestellt die Durchführung einer SLR durch mehrere Personen, bzw. gehen bei ihren Herangehensweisen von sogenannten Review-Teams aus.¹⁸⁶ Der Vorteil bei der Durchführung durch mehrere Personen liegt in den Möglichkeiten der gegenseitigen Kontrolle und Evaluation der jeweiligen Arbeitsschritte.¹⁸⁷ Dies kann die Objektivität erhöhen und Fehler reduzieren. Bei der Durchführung durch eine Person empfiehlt sich daher ein konservatives Vorgehen, wenn es beispielsweise um die Entscheidung geht, einen Forschungsbeitrag ein- oder auszuschließen. So kann im Zweifelsfall ein Beitrag zunächst aufgenommen werden und in der Auswahl verbleiben, um den Ausschluss relevanter Literatur zu einem zu frühen Zeitpunkt zu vermeiden. Eine Exklusionsentscheidung kann an späterer Stelle beispielsweise durch Volltextanalysen nachgeholt werden.¹⁸⁸ Dieser Ansatz wurde in der vorliegenden Arbeit angewendet. Daneben wurde während der Durchführung festgestellt, dass ein relevanter Forschungsbeitrag aufgrund eines fehlenden Begriffs in der Datenbanksuche im ersten Schritt der Literatursuche nicht inkludiert war. Dies hätte durch eine etwaige Kontrolle durch weitere Personen von vornherein vermieden werden können.

Ebenfalls mussten möglich relevante Forschungsbeiträge aufgrund fehlender Sprachkenntnisse ausgeschlossen werden. So konnten beispielsweise in der Rückwärtssuche elf und in der Vorwärtssuche neun Beiträge nicht berücksichtigt werden. Weiterhin gab es Einschränkungen durch fehlende Zugriffe auf die Forschungsbeiträge. Auf insgesamt

¹⁸⁴ Vgl. Fink (2020): 186ff.

¹⁸⁵ Vgl. Döring/Bortz (2016): 19.

¹⁸⁶ Vgl. Wetterich/Plänitz (2021): 61, vom Brocke et al. (2015): 212, Kitchenham/Charters (2007): 6, Petticrew/Roberts (2006): 31.

¹⁸⁷ Vgl. Kitchenham/Charters (2007): 6.

¹⁸⁸ Vgl. Wetterich/Plänitz (2021): 61f.

42 Treffer konnte innerhalb des dreiteiligen Suchprozesses nicht zugegriffen werden. Zum einen waren einige Artikel, die referenziert wurden, nicht bzw. nicht mehr abrufbar oder nur käuflich zu erwerben. Der dafür benötigte finanzielle Aufwand hätte eine Summe von über 670 € betragen. Somit kann nicht ausgeschlossen werden, dass möglicherweise relevante Forschungsbeiträge in der vorliegenden SLR fehlen. Dies lässt Raum für eine Weiterentwicklung bzw. Fortführung der Untersuchungen.

4. Fazit

Weltweit zeichnen sich Städte durch ihre hohe wirtschaftliche Relevanz und ihre Funktion als Finanz-, Industrie-, Kultur- und Innovationszentren aus. Die städtischen Strukturen sind dabei von einer hohen Bebauungsdichte, großen Bevölkerungszahlen sowie künstlicher Umweltgestaltung und starker Versiegelung geprägt. Die mit Städten verbundenen Potenziale und die wirtschaftlichen Praktiken bergen neben ihrem Beitrag zur Befriedigung materieller Bedürfnisse auch Problematiken. Hohe Ressourcen- und Energieverbräuche sowie Ausstöße von Emissionen und Abfallaufkommen stellen neben Fragmentierungs- und Verdrängungsprozessen, sozialer Ungleichheit, mangelnder Inklusion bestimmter Bevölkerungsgruppen und prekären, bzw. informellen Wohn- und Arbeitsverhältnissen große Herausforderungen für Städte dar. Diese werden vor allem in Ländern des globalen Südens durch zunehmende Urbanisierung potenziert. Auch die Auswirkungen des Klimawandels in Form von Hitzewellen, Extremwetterereignisse oder der Verlust der Biodiversität wirken besonders stark auf Städte und deren Bewohner, dies vor allem durch ihre baulichen und sozioökonomischen Strukturen.

Durch internationale Prozesse und Initiativen hat sich das Konzept einer nachhaltigen Stadtentwicklung als globales Leitbild durchgesetzt. Durch nachhaltige Stadtentwicklung soll den vielfältigen Herausforderungen von Städten begegnet werden, indem eine dynamische Balance zwischen ökologischen, sozialen und ökonomischen Entwicklungszielen forciert werden soll. Die Sicherung natürlicher Ressourcen und Lebensräume, eine hohe Lebensqualität sowie die Befriedigung materieller Grundbedürfnisse für heutige und zukünftige Generationen steht dabei im Zentrum einer nachhaltigen Entwicklung von Städten und darüber hinaus. Die sich daraus ergebenden Kriterien sowie Handlungsfelder können auf verschiedene Weise bearbeitet werden. Als ein Instrument, welches im Rahmen der Stadtentwicklung zur Förderung der Nachhaltigkeit beitragen kann, gilt

die Entwicklung und Bereitstellung von städtischen Grünflächen und grünen Infrastrukturen. Durch ihre natürlichen Funktionen stellen diese eine Bandbreite von Ökosystemleistungen bereit von denen Städte und deren Bewohner profitieren. Als urbane Ökosysteme erbringen vor allem Grünflächen in Form von städtischen Wäldern eine große Vielfalt an Leistungen. Dazu zählen beispielsweise Regulierungsleistungen wie Temperaturengleich und Verbesserung der Luftqualität, Versorgungsleistungen in Form von Nahrungsmitteln und Saatgut sowie soziokulturelle Leistungen, beispielsweise durch die Möglichkeiten der Waldnutzung als Begegnungs- und Bewegungsräume. Für eine zeit- und kosteneffiziente Entwicklung von städtischen Wäldern verspricht die Miyawaki-Methode die Möglichkeit, selbsterhaltende Waldökosysteme auf verhältnismäßig kleinen Flächen und in relativ kurzer Zeit zu entwickeln. Die durch diese Methode entwickelten Mikrowälder erfreuen sich einer zunehmenden Popularität innerhalb von Städten und darüber hinaus.

Die vorliegende Arbeit konnte durch eine systematische Literaturrecherche den aktuellen Wissensstand bezüglich urbaner Mikrowälder nach der Miyawaki-Methode aufzeigen. Für das Konzept der nachhaltigen Stadtentwicklung, deren Dimensionen und den damit verbundenen Kriterien und Handlungsfeldern konnte festgestellt werden, dass sowohl Chancen als auch Grenzen mit diesem Ansatz verbunden sind. Zur Beantwortung der leitenden Forschungsfrage, wie Mikrowälder nach der Miyawaki-Methode zu einer nachhaltigen Stadtentwicklung in Städten beitragen können ist festzuhalten, dass Mikrowälder zur Verwirklichung der damit verbundenen Ziele beitragen können. Indem sie einen wesentlichen Beitrag zu den städtischen Handlungsfeldern des Umweltschutzes, der zeiteffizienten Entwicklung von Grünflächen, der Förderung von natürlichen Kohlenstoffsenken, der urbanen Bodenqualität, dessen Nährstoff- und Wasserspeicherkapazität sowie zur Anpassung von Städten an die Auswirkungen des Klimawandels leisten, tragen sie zu den Zielen der ökologischen Dimension bei. In Hinblick auf die soziale Komponente der nachhaltigen Stadtentwicklung können Mikrowälder nach der Miyawaki-Methode als Instrument zur Förderung von Bildung, Kompetenzaufbau, einer partizipatorischen Gestaltung der Entwicklungsprozesse von Städten und des sozialen Zusammenhaltes eingesetzt werden. Für die ökonomische Dimension ergeben sich aus der Literatur vor allem lokale Kooperationsmöglichkeiten durch die Entwicklung von Mikrowäldern.

In Hinsicht auf die Produktivität der Ökosystemleistungen von Mikrowäldern, der Förderung der urbanen Biodiversität sowie den möglichen Aufwendungen für eine langfristige Pflege konnten widersprüchliche Erkenntnisse ermittelt werden, indem sowohl positive

als auch negative Effekte innerhalb der wissenschaftlichen Literatur für diese Aspekte beschrieben wurden. Auch konnten Zielkonflikte und mögliche negative Wechselwirkungen identifiziert werden, die es bei der Planung und Umsetzung von Mikrowaldinitiativen zu berücksichtigen gilt. Die Grenzen von Mikrowäldern nach der Miyawaki-Methode bestehen besonders in denjenigen Handlungsfeldern einer nachhaltigen Stadtentwicklung, die nicht durch die Entwicklung von Grünflächen und grüner Infrastruktur bearbeitet werden können. Dazu zählen beispielsweise die Steigerung der urbanen Energie- und Ressourceneffizienz, ein verbessertes Abfallmanagement, eine nachhaltige Mobilität, ein sozial gerechter Wohnungsbau, eine Integration von Kreislauf- und Nachhaltigkeitsmanagementsysteme sowie der Ausbau energetischer Infrastruktur und effizienter Technologieentwicklung. Diese bleiben von Mikrowaldinitiativen weitgehend unberührt.

Daneben konnten offene Forschungsbereiche innerhalb der wissenschaftlichen Literatur ermittelt werden. Hierbei sind vor allem eine systematische Evaluation und kontinuierliches Monitoring bestehender und neuer Mikrowälder, Untersuchungen in Hinblick auf einen gerechten Zugang, mögliche negative Effekte sowie eine Quantifizierung zur monetären Bewertung der Ökosystemleistungen von Mikrowäldern und mit ihnen verbundene wirtschaftliche Potenziale zu nennen. Die Herausforderungen bei der Entwicklung von städtischen Mikrowäldern liegen vor allem in der Finanzierung, Flächenakquise und den komplexen Anforderungen einer nachhaltigen Stadtentwicklung. Zielkonflikte, negative Wechselwirkungen, aber auch Synergieeffekte sollten bei der Planung, Umsetzung und Instandhaltung von den Akteuren der Stadtentwicklung berücksichtigt werden. Die entwickelten Handlungsempfehlungen können dazu beitragen, diesen Herausforderungen zu begegnen.

Abschließend ist festzuhalten, dass Mikrowälder nach der Miyawaki-Methode vielfältige Möglichkeiten, aber auch Grenzen für die Förderung einer nachhaltigen Stadtentwicklung und deren Zielerreichung bieten. Sie stellen dabei keine alleinige Lösung für alle Problemfelder von Städten, bzw. einer nicht-nachhaltigen Stadtentwicklung dar, sondern sind vielmehr als wichtiger Teil einer integrativen Lösungsstrategie zu betrachten.

Literaturverzeichnis

[26]

Aerts, Raf/Vanlessen, Naomi/Dujardin, Sebastien/Nemery, Benoit/van Nieuwenhuysse, An/Bauwelinck, Mariska/Casas, Lidia/Demoury, Claire/Plusquin, Michelle/Nawrot, Tim S. (2022): Residential green space and mental health-related prescription medication sales: An ecological study in Belgium, in: Environmental Research, Volume 211, no. 113056.; DOI: 10.1016/j.envres.2022.113056.

Arksey, Hilary/O'Malley, Lisa (2005): Scoping studies: towards a methodological framework, International Journal of Social Research Methodology, Volume 8, Issue 1; DOI: 10.1080/1364557032000119616

[29]

Arshad, Salman/Ahmad, Sajid Rashid/Abbas, Sawaid/Asharf, Ather/Siddigui, Nadia/ul Islam, Zia (2022): Quantifying the contribution of diminishing green spaces and urban sprawl to urban heat island effect in a rapidly urbanizing metropolitan city of Pakistan, in: Land Use Policy, Volume 113; DOI: 10.1016/j.landusepol.2021.105874.

Bartsch, Norbert/von Lüpke, Burghard/Röhrig, Ernst (2020): Waldbau auf ökologischer Grundlage, 8., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart

Baumüller, Jürgen (2019): Grüne Infrastruktur zur Anpassung an den Klimawandel in Städten. In: Lozán, José L./Breckle, Siegmund-W./Graßl, Hartmut/Kuttler, Wilhelm/Matzarakis, Andreas (Hrsg.): Warnsignal Klima: Die Städte, S. 203-212, Verlag Wissenschaftliche Auswertungen in Kooperation mit GEO-Magazin, Hamburg; DOI: /10.25592/uhhfdm.9358

BBSR (Hrsg.) (2021): Neue Leipzig Charta – Die transformative Kraft der Städte für mehr Gemeinwohl, Bonn

Bertelsmann Stiftung (Hrsg.) (2023): Halbzeitbilanz zur Umsetzung der Agenda 2030 in deutschen Kommunen, Gütersloh

Bezirksamt Berlin Mitte (Hrsg.) (2023): Präsentation: Mitte entsiegelt!; online im Internet: <https://www.berlin.de/ba-mitte/politik-und-verwaltung/aemter/strassen-und-gruenflaechenamt/planung-entwurf-neubau/mitte-entsiegelt.pdf?ts=1707814959> (zugegriffen am 01.03.24)

Booth, Andrew/Sutton, Anthea/Clowes, Mark/ Martyn-St James, Marissa (2022): Systematic Approaches to a Successful Literature Review, third Edition, SAGE Publication, California/London/New Delhi/Singapore

Breuste, Jürgen (2022): Die wilde Stadt - Stadtwildnis als Ideal, Leistungsträger und Konzept für die Gestaltung von Stadtnatur, Springer Spektrum, Berlin/Heidelberg

Breuste, Jürgen (2019): Die Grüne Stadt – Stadtnatur als Ideal, Leistungsträger und Konzept für Stadtgestaltung, Springer Spektrum Verlag, Berlin

Breuste, Jürgen (2016): Wie sieht die Ökostadt von morgen aus und welche Wege führen dahin? in: Breuste, Jürgen/Pauleit, Stephan/Haase, Dagmar/Sauerwein, Martin: Stadtökosysteme – Funktion, Management und Entwicklung, S. 207-244, Springer Spektrum, Berlin/Heidelberg

Brunotte, Ernst/Gebhardt, Hans/Meurer, Manfred/Meusburger, Peter, Nipper, Josef (Hrsg.) (2001): Lexikon der Geographie, Band 1-4, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg

[116]

Bruns, Maarten/Bleichrodt, Daan/Laine, Essi/van Toor, Karin/Dieho, Wim/Postma, Louwra, de Groot, Marten (2019): Handbook - Tiny Forest Planting Method, IVN Natuureducatie; online im Internet: <https://www.ivn.nl/file/89213/download?token=uzWbuM9b> (zugegriffen am 21.12.23)

[3]

Buijs, Arjen E./de Koning, Susan/Mattijssen, Thomas J.M./Smeding, Ingeborg W./Smits, Marie-José/Steins, Nathalie A. (2023): Civil society for sustainable change: strategies of NGOs and active citizens to contribute to sustainability transitions, Journal of Environmental Planning and Management; DOI: 10.1080/09640568.2023.2205571

[46]

Cárdenas, Macarena L./Pudifoot, Bethany/Narraway, Claire L./Pilat, Caroline/Beumer, Victor/Hayhow, Daniel B. (2022): Nature-based Solutions Building Urban Resilience for People and the Environment: Tiny Forest as a case study, in: Quarterly Journal of Forestry, 116(3), S. 173-183; DOI: 10.5281/zenodo.7053895

Cariñanos, Paloma/Calaza-Martínez, Pedro/O'Brien, Liz/Calfapietra, Carlo (2017): The Cost of Greening: Disservices of Urban Trees, in: Pearlmutter, David/Calfapietra, Carlo/Samson, Roeland/O'Brien, Liz/Krajter Ostoić, Silvija/Sanesi, Giovanni/del Amo, Rocío Alonso (Hrsg.): The Urban Forest – Cultivating Green Infrastructure for People and Environment, Springer, Berlin

Chiarucci, Alessandro/Araújo, Miguel B./Decocq, Guillaume/Beierkuhnlein, Carl/Fernández-Palacios, José María (2010): The concept of potential natural vegetation: an epitaph? in: Journal of Vegetation Science 21, S. 1172–1178; DOI: 10.1111/j.1654-1103.2010.01218.x

Cooper, Harris M (1988): Organizing knowledge syntheses: A taxonomy of literature reviews, in: Knowledge in Society, Volume 1, Issue 104, S. 104-126; DOI: 10.1007/BF03177550

CO2Smart NEDUET Urban Forest (2024): Quick Live Facts; online im Internet: <https://co2smart.neduet.edu.pk/e-club/index-urban-forest.html> (zugegriffen am 23.02.24)

[221]

Da, Liang Jun/Guo, Xue Yan (2014): Ecosystem Restoration Using the Near- Natural Method in Shanghai, in: Kaneko, Nabuhiro/Yoshiura, Shinji/Kobayashi, Masanori (Hrsg.) (2014): Sustainable Living with Environmental Risks, S. 203-2221, Springer Tokyo, Tokio; DOI: 10.1007/978-4-431-54804-1_17

Döring, Nicola/Bortz, Jürgen (2016): Empirische Sozialforschung im Überblick, in: Döring, Nico-la/Bortz, Jürgen (Hrsg.): Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften, 5. vollständig überarbeitete, aktualisierte und erweiterte Auflage, S. 3-30, Springer, Berlin/Heidelberg

Dudenredaktion (o.J): „mikro“ auf Duden online; online im Internet:

<https://www.duden.de/node/152527/revision/1256802> (zugegriffen am 20.10.23)

Dworczyk, Claudia/Burkhard, Benjamin (2020): Urbane Ökosystemleistungen erfassen und bewerten - Stand der Forschung, Indikatoren und zukünftige Perspektiven, Naturschutz und Landschaftsplanung, Volume 4, S. 176-183

Earthwatch Institute (2023): Fast-growing urban forests, online im Internet: <https://earthwatch.org.uk/program/tiny-forest/> (zugegriffen am 18.02.24)

[14]

Egerer, Monika/Suda, Michael (2023): Designing “Tiny Forests” as a lesson for transdisciplinary urban ecology learning, in: Urban Ecosystems 26, S. 1331-1339; DOI: 10.1007/s11252-023-01371-7

[25]

Eggimann, Sven (2022): Expanding urban green space with superblocks, in: Land Use Policy, Volume 117, 106111; DOI: 10.1016/j.landusepol.2022.106111.

Encyclopædia Britannica (Hrsg.) (2006): primary ecological succession; online im Internet:

<https://www.britannica.com/science/ecological-succession#/media/1/178264/125658>

(zugegriffen am 23.10.23)

Fink, Arlene (2020): Conducting Research Literature Reviews, From the Internet to Paper, Fifth Edition, SAGE Publication, California/London/New Delhi/Singapore

Flitner, Michael (2017): Grüne Infrastruktur und die Erneuerung städtischer Naturen, in: Flitner, Michael/Lossau, Julia/Müller, Anna-Lisa (Hrsg.): Infrastrukturen der Stadt, S. 45-64, Springer VS, Wiesbaden

Franke, Sina Katharina (2023): Tiny Forests by Akira Miyawaki – a possibility for Berlin? Masterthesis, Institute for Landscape Architecture & Environmental Planning Technical University of Berlin, TU Berlin; online im Internet: https://www.miya-forest.de/files/ugd/84dc70_73d96487a9614b8391f2c3414374a6a4.pdf (zugegriffen am 21.02.24)

Grunewald, Karsten/Bastian, Olaf (Hrsg.) (2013): Ökosystemdienstleistungen – Konzept, Methoden und Fallbeispiele, Springer Spektrum, Berlin

Grunwald, Armin/Kopfmüller, Jürgen (2022): Nachhaltigkeit, 3., aktualisierte und erweiterte Auflage, Campus Verlag Frankfurt/New York

[4]

Guo, F. Xiongfei (2018): Effects of different forest reconstruction methods on characteristics of understory vegetation and soil quality, in: Applied Ecology and Environmental Research, Volume 16, Issue 6, S. 7501-7515;
DOI: 10.15666/aeer/1606_75017517

Gusenbauer, Michael/Haddaway, Neal R. (2019): Which academic search systems are suitable for systematic reviews or meta-analyses? Evaluating retrieval qualities of Google Scholar, PubMed, and 26 other resources, in: Research Synthesis Methods, Volume 11, Issue 2, S. 181-217; DOI: 10.1002/jrsm.1378

[12]

Hanpattanakit, Phongthep/Kongsaenkaew, Patchara/Pocksorn, Arnon/Thanajaruwittayakorn, Wipaporn/Detchairit, Worapada/Limsakul, Atsamon (2022): Estimating Carbon Stock in Biomass and Soil of Young Eco-Forest in Urban City, Thailand, in: Chemical Engineering Transactions, Volume 97, S. 427-432; DOI: 10.3303/CET2297072

Hauff, Volker (Hrsg.) (1987): Unsere gemeinsame Zukunft. Der Brundtland Bericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung, Eggenkamp, Greven

Heineberg, Heinz (2017): Stadtgeographie, 5. überarbeitete Auflage, Verlag Ferdinand Schöningh, Paderborn

Heinig, Stefan (2022): Integrierte Stadtentwicklungsplanung: Konzepte – Methoden – Beispiele, transcript Verlag, Bielefeld

Henninger, Sascha/Weber, Stephan (2019): Stadtklima, Verlag Ferdinand Schöningh, Paderborn

Hölzel, Norbert (2019): Wälder; in: Kollmann, Johannes/Kirmer, Anita/Tischew, Sabine/Hölzel, Norbert/Kiehl, Kathrin: Renaturierungsökologie, S. 101- 124, Springer Spektrum, Berlin

Huang, Lu/Wu, Jianguo/Yan, Lijiao (2015): Defining and measuring urban sustainability: a review of indicators, in: Landscape Ecology, Volume 30, S. 1175-1193; DOI: 10.1007/s10980-015-0208-2

Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (Hrsg.) (2022): Der Wert urbaner Gärten und Parks – Was Stadtgrün für die Gesellschaft leistet, Berlin

[21]

Kiboi, Samuel/ Fujiwara, Kazue/ Mutiso, Patrick (2014): Sustainable Management of Urban Green Environments: Challenges and Opportunities, in: Kaneko, Nabuhiro/Yoshiura, Shinji/Kobayashi, Masanori (Hrsg.) (2014): Sustainable Living with Environmental Risks, S. 223-236, Springer Tokyo, Tokio; DOI: 10.1007/978-4-431-54804-1_18

Kitchenham, Barbara/Chartes, Stuart M. (2007): Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering, Version 2.3, EBSE Technical Report, EBSE-2007-01, Keele University, Keele

Knickel, Karlheinz/Almeida, Alexandra/Galli, Francesca/Hausegger-Nestelberger, Kerstin/Goodwin-Hawkins, Bryonny/Hrabar, Mojca/Keech, Daniel/Knickel, Marina/Lehtonen, Olli/Maye, Damian/Ruiz-Martinez, Irune/ Šūmane, Sandra/Vulto, Hans/Wiskerke, Johannes S.C. (2021): Transitioning towards a Sustainable Wellbeing Economy - Implications for Rural–Urban Relations, in: Land 2021, Volume 10, Issue 5:512; DOI: 10.3390/land10050512

Koch, Florian/Krellenberg, Kerstin (2021): Nachhaltige Stadtentwicklung – Die Umsetzung der Sustainable Development Goals auf kommunaler Ebene, Springer VS, Wiesbaden

Kowarik, Ingo (2016): Das Konzept der potentiellen natürlichen Vegetation (PNV) und seine Bedeutung für Naturschutz und Landschaftspflege - The concept of potential natural vegetation and its relevance for nature conservation and landscape management.

in: Natur und Landschaft, Heft 9/10, S. 429-435; online im Internet: <https://www.researchgate.net/publication/307570920> Das Konzept der potentiellen natürlichen Vegetation PNV und seine Bedeutung für Naturschutz und Landschaftspflege: The concept of potential natural vegetation and its relevance for nature conservation (zugegriffen am 25.10.23)

Kowarik, Ingo/Bartz, Robert/Brenck, Miriam (Hrsg.) (2016): Ökosystemdienstleistungen in der Stadt – Gesundheit schützen und Lebensqualität erhöhen, Technische Universität Berlin, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ, Berlin, Leipzig.

Kropp, Ariane (2019): Grundlagen der Nachhaltigen Entwicklung – Handlungsmöglichkeiten und Strategien zur Umsetzung, Springer Gabler, Wiesbaden

[201]

Kuittinen, Matti/Zernicke, Caya/Slabik, Simon/Hafner, Anette: How can carbon be stored in the built environment? A review of potential options, in: Architectural Science Review, Volume 66, No. 2, S. 91-107; DOI: 10.1080/00038628.2021.1896471

[247]

Lagariya, Vijay J./Kaneria, Mital J. (2021): Ethnobotanical Profiling and Floristic Diversity of the Miyawaki Plantation in Saurashtra University Campus, Rajkot, in: Journal of Drug Delivery and Therapeutics, Volume 11, Issue 2, S. 87-99; DOI: 10.22270/jddt.v11i2.4606

[241]

Liu, Mei-Hua/Chen, Xiao-Yong/Zhang, Xin/Shen, Dong-Wei: A population genetic evaluation of ecological restoration with the case study on *Cyclobalanopsis myrsinaefolia* (Fagaceae), in: Plant Ecology, Volume 197, S. 31-41; DOI: 10.1007/s11258-007-9357-y

Lombardia, Alba/Gómez-Villarino, Maria Teresa (2023): Green infrastructure in cities for the achievement of the un sustainable development goals: a systematic review, in: Urban Ecosystems, Volume 26, S. 1963-1707; DOI: 10.1007/s11252-023-01401-4

Manuel, Clara (2020): Urban Forests report – The Miyawaki method – Data & concepts; online im Internet: <https://urban-forests.com/urban-forests-report-the-miyawaki-method-data-concepts/> (zugegriffen am 21.02.24)

Miyawaki, Akira (2008): A Philosophical Basis for Restoring Ecologically Functioning Urban Forests: Current Methods and Results, in: Carreiro, Margaret M./Song, Yong-Chang/Wu, Jianguo (Hrsg.): Ecology, Planning, and Management of Urban Forests, S. 187-196, Springer New York, New York

Miyawaki, Akira/Box, Elgene O. (2006): The Healing Power of Forests – The Philosophy behind Restoring Earth's Balance with Native Trees, Kosei Publishing Co, Tokyo

[6]

Miyawaki, Akira (2004): Restoration of living environment based on vegetation ecology: Theory and practice, in: Ecological Research, Volume 19, Nr. 1, S. 83–90; DOI: 10.1111/j.1440-1703.2003.00606.x

[65]

Miyawaki, Akira (1999): Creative Ecology: Restoration of Native Forests by Native Trees, in: Plant Biotechnology, Volume 16, Nr. 1, S. 15-25; DOI: 10.1111/j.1440-1703.2003.00606.x

[33]

Miyawaki, Akira (1998): Restoration of urban green environments based on the theories of vegetation ecology, in: Ecological Engineering, Volume 11, Issues 1-4, S. 157-165; DOI: 10.1111/j.1440-1703.2003.00606.x

[68]

Miyawaki, Akira/Fujiwara, Kazue/Ozawa, Masaaki (1993): Native Forest by Native Trees – Restoration of Indigenous Forest Ecosystem (Reconstruction of Environmental Protection Forest by Prof. Miyawaki's Method), in: Bulletin of Institute of Environmental Science and Technology, Yokohama National University 19, S. 73–107; online im Internet: <https://ynu.repo.nii.ac.jp/records/5364> (zugegriffen am 15.12.23)

[69]

Miyawaki, Akira/Golley, Frank B. (1993): Forest reconstruction as ecological engineering, Ecological Engineering Volume 2, Issue 4, S.333-345, Elsevier Science Publishers B.V.; DOI: 10.1016/0925-8574(93)90002-W

[32]

Mohan, Venkata S./Amulya, K./Modestra, Annie (2020): Urban biocycles – Closing metabolic loops for resilient and regenerative ecosystem: A perspective, in: Bioresource Technology, Volume 306, 123098; DOI: 10.1016/j.biortech.2020.123098.

[124]

Mustafa, Atif/ Majida Kazmi/Hashim Raza Khan/Saad Ahmed Qazi/Sarosh Hashmat Lodi (2022): Towards a Carbon Neutral and Sustainable Campus: Case Study of NED University of Engineering and Technology, in: Sustainability, Volume 14, Issue 2, 794; DOI: 10.3390/su14020794

[112]

Ottburg, Fabrice/Lammertsma, Dennis/Bloem, Jaap/Dimmers, Wim/Jansman, Hugh/Wegman, Ruut (2018): Tiny Forest Zaanstad: Citizen Science and determining biodiversity in Tiny Forest Zaanstad, Wageningen, Wageningen Environmental Research, Report 2882; DOI: 10.18174/446911

Page, Matthew J./McKenzie, Joanne E./Bossuyt, Patrick M., Boutron, Isabelle/Hoffmann, Tammy C. Mulrow, Cynthia D. et al. (2021): The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews, in: BMJ 2021, 372:n71; DOI: 10.1136/bmj.n71

Pauleit, Stephan/Hansen, Rieke/van Lierop, Martina/Rall, Emily L./Rolf, Werner (2019): Grüne Infrastruktur – ein innovativer Ansatz für die Landschaftsplanung, in: Kühne, Olaf/Weber, Florian/Berr, Karsten/Jenal, Corinna (Hrsg.): Handbuch Landschaft, S. 781-794, Springer VS, Wiesbaden

Pettricrew, Mark/Roberts, Helen (2006): Systematic Reviews in the Social Sciences – A Practical Guide, Blackwell Publishing, Malden/Oxford/Victoria

[45]

Poddar, Sourik (2021): Miyawaki Technique of Afforestation, in: KRISHI SCIENCE – eMagazine for Agricultural Sciences, Volume 2, Issue 9; DOI:10.5281/zenodo.5893933

Prufé, Iris (2017): Nachhaltigkeit, 3. überarbeitete Auflage, UTB, Stuttgart

[23]

Qian, Xiaoqin/Liu, Zhe/Zhao, Tianyi/Bai, Hualin/Sun, Jiao/Feng, Xiao (2021): Digital Design Exploration of Nature-Approximating Urban Forest Basing on the Miyawaki Method: A Case Study of Xingtai Forest in a Hebei Green Expo Garden, in: Landscape Architecture Frontiers, Volume 9, Issue 6, S. 60-76; DOI: 10.15302/J-LAF-0-020015

[11]

Ranjan, Vibhash/ Sen, Phalguni/Kumar, Dheeraj (2016): Reclamation and rehabilitation of waste dump by eco-restoration techniques at Thakurani iron ore mines in Odisha, in: International Journal of Mining and Mineral Engineering, Volume 7, Issue 3, S. 253-264; DOI: 10.1504/IJMME.2016.078372

[16]

Ranjan, Vibhash/Sen, Phalguni/Kumar, Dheeraj/Sarsawat, Arjun (2015): A review on dump slope stabilization by revegetation with reference to indigenous plant, in: Ecological Processes, Volume 4, Article Number 14; DOI: 10.1186/s13717-015-0041-1

Rink, Dieter (2018): Nachhaltige Stadt. in: Rink, Dieter/Haase, Axel (Hrsg.): Handbuch Stadtkonzepte. Analysen, Diagnosen, Kritiken und Visionen. 1. Auflage (S. 237-257), Verlag Barbara Budrich, Toronto

[13]

Rots, Aike P. (2021): Trees of tension: re-making nature in post-disaster Tohoku, Japan Forum, 33:1, S. 1-24; DOI: 10.1080/09555803.2019.1628087

[PrePrint2]

Roy, Anirban/Chatterjee, Nirmalya (2023): What happens after planting? Assessing canopy structure, vegetation cover index, and vegetation distribution of two Miyawaki forest stands in Bengaluru urban district, India; DOI: 10.21203/rs.3.rs-2795114/v1

[PrePrint1]

Safvan, Mohamed/Swapna, T.S. (2023): Assessment of Biodiversity and Growth Parameters of Miyawaki Forest of Selected Sites in Thiruvananthapuram District of Kerala; DOI: 10.21203/rs.3.rs-3192725/v1

[131]

Sasaki, Takeshi/Ishii, Hiroaki/Morimoto, Yukihiro (2018): Evaluating restoration success of a 40-year-old urban forest in reference to mature natural forest, *Urban Forestry & Urban Greening*, Volume 32, S. 123-132; DOI: 10.1016/j.ufug.2018.04.008.

[43]

Scharfe, Stefan/Steingässer, Lukas (2020): Wald der Vielfalt: der erste „Tiny Forest“ Brandenburgs, Potsdam: Earth System Knowledge Platform; DOI: 10.2312/eskp.030

[2]

Schirone, Bartolomeo/Salis, Antello/Vessella, Frederico (2011): Effectiveness of the Miyawaki method in Mediterranean forest restoration programs, in: *Landscape Ecology Engineering*, Volume 7, S. 81-92; DOI: 10.1007/s11355-010-0117-0

[123]

Seják, Josef/ Machar, Ivo/Pokorný, Jan/Seeley, Karl/Elznicová, Jitka (2022): Restoring Natural Forests as the Most Efficient Way to Water Quality and Abundance: Case Study from Želivka River Basin, in: *Sustainability* Volume 14, no. 2, 814; DOI: 10.3390/su14020814

[130]

Taylor, John R./Lovell, Sarah Taylor (2021): Designing multifunctional urban agroforestry with people in mind, in: *Urban Agriculture & Regional Food Systems*, Volume 6, Issue 1; DOI: 10.1002/uar2.20016

[129]

Teo, Hoong Chen/Zeng, Yiwen/Sarira, Tasya Vadya/Fung, Tze Kwan/Zheng, Qiming/Son, Xiao Ping/Chong, Kwek Yan/Koh, Lian Pin (2021): Global urban reforestation can be an important natural climate solution, in: *Environmental Research Letters*, Volume 16, Number 3; DOI: 10.1088/1748-9326/abe783

Tüxen, Reinhold (1956): Die heutige potentielle natürliche Vegetation als Gegenstand der Vegetationskartierung, Selbstverlag der Bundesanstalt für Vegetationskartierung, Stolzenau (Weser)

Umweltbundesamt (2020): Tiny Forests - von nachhaltiger Bildung zu klimaresilienten Städten; online im Internet: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/werkzeuge-der-anpassung/tatenbank/tiny-forests-von-nachhaltiger-bildung-zu> (zugegriffen am 21.02.24)

UN (Hrsg.) (2013): World economic and social survey 2013, Sustainable development challenges; New York; DOI: 10.18356/d30cb118-en

UN-Habitat (Hrsg.) (2016): Urbanization and Development: Emerging Futures – World Cities Report 2016, Nairobi; online im Internet: <https://unhabitat.org/sites/default/files/download-manager-files/WCR-2016-WEB.pdf> (zugegriffen 18.10.23)

[205]

Wang, Yanan/Chang, Qing/Fan, Peillei (2021): A framework to integrate multifunctionality analyses into green infrastructure planning, in: Landscape Ecology, Volume 36, S. 1951-1969; DOI: 10.1007/s10980-020-01058-w

Webster, Jane/Watson, Richard T. (2002): Analyzing The Past to Prepare for the Future: Writing a Literature Review, in: MIS Quarterly, Vol. 26, No. 2, S. xiii-xxiii, Minnesota; online im Internet: <https://www.jstor.org/stable/4132319> (zugegriffen am 03.11.23)

Welter, Patrick (2020): Kobe gedenkt der Opfer des schweren Erdbebens vor 25 Jahren. FAZ.NET; online im Internet: <https://www.faz.net/aktuell/gesellschaft/ungluecke/kobe-gedenkt-der-opfer-des-schweren-erdbebens-vor-25-jahren-16587066.html> (zugegriffen am 22.02.24)

Wetterich, Cita/Plänitz, Erik (2021): Systematische Literaturanalysen in den Sozialwissenschaften – Eine praxisorientierte Einführung, Verlag Barbara Budrich, Opladen/Berlin/Toronto

WGBU (Hrsg.) (2016): Der Umzug der Menschheit: Die transformative Kraft der Städte, Berlin

Vohland, Katrin/Land-Zandstra, Anne/Ceccaroni, Luigi/Lemmens, Rob/Perelló, Josep/Ponti, Marisa/Samson, Roeland/Wagenknecht, Katherin (2021): Editorial: The

Science of Citizen Science Evolves, in: Vohland, Katrin/Land-Zandstra, Anne/Ceccaroni, Luigi/Lemmens, Rob/Perelló, Jo-sep/Ponti, Marisa/Samson, Roeland/Wagenknecht, Katherin (Hrsg.): The Science of Citizen Science, S. 1-12, Springer, Cham, Schweiz

von Hauff, Michael (2021): Nachhaltige Entwicklung – Grundlagen und Umsetzung, 3., überarbeitete und erweiterte Auflage, de Gruyter Wissenschaftsverlag, Berlin

vom Brocke, Jan/Niehaves, Björn/Riemer, Kai/Plattfaut, Ralf (2015): Standing on the shoulders of giants: Challenges and recommendations of literature search in Information Systems research, in: Communications of the Association for Information Systems, 37(1), Article 9, S. 205-224; online im Internet: <http://aisel.aisnet.org/cais/vol37/iss1/9/> (zugegriffen am 03.11.23)

vom Brocke, Jan/Simons, Alexander/Niehaves, Bjoern/ Reimer, Kai/Plattfaut, Ralf/Cleven, Anne (2009): RECONSTRUCTING THE GIANT: ON THE IMPORTANCE OF RIGOUR IN DOCUMENTING THE LITERATURE SEARCH PROCESS, in: Proceedings of the 17th European Conference on Information Systems, S. 2206–2217; online im Internet: <https://aisel.aisnet.org/ecis2009/161> (zugegriffen am 03.11.23)

Xiao, Sha/Wei, Tianjing/Petersen, Jindong Ding/ Zhou, Jing/Lu, Xiaobo (2023): Biological effects of negative air ions on human health and integrated multiomics to identify biomarkers: a literature re-view, in: Environmental Science and Pollution Research, Volume 30, S. 69824–69836; DOI: 10.1007/s11356-023-27133-8

[24]

Zafar, Zeeshan/ Muhammad, Sajid Mehmood/ Shiyan, Zhai/Zubair, Muhammad/ Sajjad, Muhammad/ Yaochen, Qin (2023): Fostering deep learning approaches to evaluate the impact of urbanization on vegetation and future prospects, in: Ecological Indicators, Volume 146, 109788; DOI: 10.1016/j.ecolind.2022.109788.

Zeng, Xun/Yu, Yuanchun/Yang, San/Lv, Yang/Sarker, Nazirul Islam (2022): Urban Resilience for Urban Sustainability: Concepts, Dimensions, and Perspectives, in: Sustainability, Volume 14 Issue 5:2481; DOI: 10.3390/su14052481

[243]

Zhang, Xin/Chen, Xiao-Yong/Zhang, Dong (2006): Effect of Regeneration Method on RAPD-Based Genetic Variation of *Cyclobalanopsis glauca* (Fagaceae), in: *New Forests* Volume 32, S. 347–356; DOI: 10.1007/s11056-006-9008-5

[10]

Zhang, Xue/Haitao Hu/Xuhui Wang/Qianqian Tian/Xingyao Zhong/Lina Shen (2023): Plant Community Degradation Inquiry and Ecological Restoration Design in South Lake Scenic Area of China, in: *Forests* Volume 14, no. 2:181; DOI: 10.3390/f14020181

Anhang

A. Systematische Literaturrecherche

A.1 Suchprotokoll

Schritte	Beschreibung
Vorarbeiten	
Grundgedanke	Durchführung einer SLR zum Thema: Möglichkeiten und Grenzen von Mikrowäldern für eine nachhaltigen Stadtentwicklung
Ziele	<ul style="list-style-type: none"> Erfassung des aktuellen Wissensstandes Ermittlung von Forschungslücken Entwicklung einer Forschungsagenda Aufzeigen von Handlungsempfehlungen
Forschungsfrage	Wie können Mikrowälder nach der Miyawaki-Methode in Städten zu einer nachhaltigen Stadtentwicklung beitragen?
Methoden	
Thematische Einschlusskriterien	<p><u>Anwendung der Miyawaki-Methode</u>: Erkennbare theoretische oder praktische Anwendung</p> <p><u>Bezug auf Stadtentwicklung</u>: Anwendung innerhalb eines Gebietes, welches sich anhand der in 2.1 erläuterten Charakteristika einer Stadt als solche identifizieren lässt</p>
Formale Einschlusskriterien	<p><u>Sprache</u>: Deutsch oder Englisch</p> <p><u>Zugriff</u>: freier Zugriff, bzw. Zugriff im Rahmen der Lizenzen der Rheinland-Pfälzischen Technischen Universität Kaiserslautern-Landau</p> <p><u>Typ</u>: Begutachtete Literatur, ggf. graue Literatur</p>
Ausschlusskriterien	<u>Typ</u> : Keine Begutachtung, bzw. keine Zuordnung zur grauen Literatur möglich sowie Beiträge, die lediglich positiven Aspekte benennen oder Miyawaki-Methode generell empfehlen, ohne dass Anwendung konkret dargestellt wird
Quellenauswahl	Interdisziplinäre elektronische Datenbanken
Suchstrategien	<ol style="list-style-type: none"> Abfrage der Suchbegriffe in Suchfelder elektronischen Datenbank unter Anwendung von Boolean Operators (Datenbanksuche) Rückwärtssuche basierend auf den referenzierten Inhalten der in Punkt 1 identifizierte Literatur (rückwärtsgerichtete Zitationssuche) Vorwärtssuche basierend auf der Literatur aus Punkt 1 die diese selbst referenziert (vorwärtsgerichtete Zitationssuche)
Datenbanken	Scopus, Web of Science, ScienceDirect, Bielefeld Academic Search Engine (BASE)
Filter	Iterative Anwendung und Dokumentation abhängig von Suchfeldmöglichkeiten der Datenbank
Durchführung	
Datenmanagement	Lokale Speicherung, Verarbeitung mit Excel Dokumentation der Abfragen und Ergebnissen der Suchstrategien
Auswahlprozess	Begutachtete Studien, Ergänzung durch graue Literatur
Erhebungsverfahren	Mehrstufiges Verfahren: Screening von Titel, Abstrakt und ggf. Volltext Iterative Überprüfung der Ein- und Ausschlusskriterien
Zielvariablen	Liste der Suchbegriffe und deren Synonyme (deutsch, englisch)
Auswertung	
Analyse & Synthese	Anhand einer Konzeptmatrix, die auf den Dimensionen einer nachhaltigen Stadtentwicklung basiert, wird die identifizierte Literatur auf Bezüge zu den Merkmalen und Handlungsfeldern einer nachhaltigen Stadtentwicklung hin analysiert. Die zentralen Forschungsergebnisse, die sich diesen zuordnen lassen, werden synthetisiert sowie den Handlungsfeldern zugeordnet.
Umgang mit Publikationsbias	Integration grauer Literatur und begutachteter Konferenzberichte

A.2 Suchbegriffe

Forschungsfrage: Wie können Mikrowälder nach der Miyawaki Methode in Städten zu einer nachhaltigen Stadtentwicklung beitragen?		
Hauptbegriff	Miyawaki-Methode	Stadt
Alternative Begriffe und Synonyme (deutsch)	Miyawaki Technik Miyawaki-Wald Mikrowald Miniwald	Städtisch Siedlung, Kompakte Siedlung Zentrum Metropole Wohngebiet, Wohngebiete urban
Englische Begriffe und Synonyme	Miyawaki Method Miyawaki Technique Miyawaki Forest Tiny Forest Miniature Forest Micro Forest Native tree planting method Dense planting method Greening method by Miyawaki Native forest by native trees Natural forests with native trees Chinju no mori	City Town Metropolis Municipality Capital Residential Areas urban civic

A.3 Datenbanksuche

A.3.2 Datenbankabfrage Web of Science

Datum	30.11.23	
Name	Web of Science	
Typ	elektronische DB	
Suchverfahren	Advanced Search Query	
Anmerkungen	All Databases	
Iteration	Testlauf 1	Iteration 1
Suchstring	TS= ("miyawaki-methode" OR "miyawaki methode" OR "miyawaki-technik" OR "miyawaki technik" OR "miyawaki-wald" OR "miyawaki wald" OR "miyawaki method" OR "miyawaki technique" OR "miyawaki forest" OR "Mikrowald" OR "Miniwald" OR "tiny forest" OR "miniature forest" OR "micro forest" OR "native tree planting method" OR "dense planting method" OR "greening method by Miyawaki" OR "native forest by native trees" OR "natural forests with native trees" OR "chinju no mori")	TS= (("miyawaki-methode" OR "miyawaki methode" OR "miyawaki-technik" OR "miyawaki technik" OR "miyawaki-wald" OR "miyawaki wald" OR "miyawaki method" OR "miyawaki technique" OR "miyawaki forest" OR "Mikrowald" OR "Miniwald" OR "tiny forest" OR "miniature forest" OR "micro forest" OR "native tree planting method" OR "dense planting method" OR "greening method by Miyawaki" OR "native forest by native trees" OR "natural forests with native trees" OR "chinju no mori") AND ("stadt" OR "städtisch" OR "kompakte Siedlung" OR "Siedlung" OR "Zentrum" OR "Metropole" OR "Wohngebiet" OR "Wohngebiete" OR "urban" OR "city" OR "town" OR "metropolis" OR "municipality" OR "capital" OR "residential area" OR "residential areas" OR "urban" OR "civic"))
Zusätzliche Filter		
Treffer	19	5
Summe		5
Anmerkungen		

A.3.3 Datenbankabfragen ScienceDirect

Datum	24.11.23						
Name	Science Direct						
Typ	elektronische DB						
Methode	Suchalgorithmus						
Anmerkungen	Lediglich 8 Boolean Verknüpfungen möglich						
Iteration	Testlauf 1	Testlauf 2	Testlauf 3	Iteration 1	Iteration 2	Iteration 3	Iteration 4
Suchstring	("miyawaki method" OR "miyawaki technique" OR "tiny forest" OR "miniature forest" OR "microforest" OR "native tree planting method" OR "dense planting method" OR "greening method by miyawaki")	("native forest by native trees" OR "natural forests with native trees" OR "chinju no mori")	("miyawaki methode" OR "miyawaki wald" OR "mikrowald" OR "miniwald")	("miyawaki method" OR "miyawaki technique" OR "tiny forest" OR "miniature forest" OR "microforest" OR "native tree planting method" OR "dense planting method" OR "greening method by miyawaki")	("native forest by native trees" OR "natural forests with native trees" OR "chinju no mori")	("miyawaki method" OR "miyawaki technique" OR "tiny forest" OR "miniature forest" OR "microforest" OR "native tree planting method" OR "dense planting method" OR "greening method by miyawaki")	("native forest by native trees" OR "natural forests with native trees" OR "chinju no mori")
Zusätzliche Filter				Title, abstract or author-specified keywords: "urban" OR "city" OR "town" OR "municipality" OR "capital" OR "residential area" OR "residential areas" OR "urban" OR "civic"	Title, abstract or author-specified keywords: "urban" OR "city" OR "town" OR "municipality" OR "capital" OR "residential area" OR "residential areas" OR "urban" OR "civic"	Title, abstract or author-specified keywords	Title, abstract or author-specified keywords
Treffer	84	21	0	10	1	5	2
Summe							18
Anmerkungen		Ausschluss deutscher Begriffe möglich	Aufgrund der Limitationen zur Nutzung der Boolean Operators wurde der Suchbegriff ‚metropolis‘ entfernt – dieser wurde in keiner der bisher geprüften Texte genutzt		Aufgrund geringer positiver Treffer für die Anwendung der Miyawaki Methode wurde die Sucher durch die Anwendung des Suchfilters spezifiziert	Aufgrund geringer positiver Treffer für die Anwendung der Miyawaki Methode wurde die Sucher durch die Anwendung des Suchfilters spezifiziert	

Die folgenden Abschnitte des Anhangs können auf Anfrage bereitgestellt werden.

A.3.5 Ergebnisse der Datenbanksuche, Entfernung Duplikate und Screening; Zusatz: Inklusions-Check (Details)

A.3.6 Einteilung in begutachtete und graue Literatur, Anwendung Ausschlusskriterium ‚Typ‘

A.4 Rückwärtssuche

A.4.1 Extraktion der referenzierten Literatur

A.4.2 Einteilung in begutachtete und graue Literatur, Anwendung Ein- und Ausschlusskriterium ‚Sprache‘, ‚Zugriff‘ und ‚Typ‘

A.4.3 Screening begutachtete Literatur

A.4.4 Screening graue Literatur

A.5 Vorwärtssuche

A.5.1 Extraktion der Literatur, die Treffer aus Datenbanksuche und Rückwärtssuche referenziert, Entfernung Duplikate

A.5.2 Einteilung in begutachtete und graue Literatur, Anwendung Ein- und Ausschlusskriterium ‚Sprache‘ und ‚Typ‘

A.5.3 Screening begutachtete Literatur

A.5.4 Screening graue Literatur

B. Traditionelle narrative Synthese der in Kapitel 3 identifizierten Literatur, dargestellt in analoger Reihenfolge zur bearbeiteten Konzeptmatrix

B.1 Synthese der begutachteten Literatur

[3] Buijs et al. untersuchen zivilgesellschaftliche Initiativen in urbanen und maritimen Räumen hinsichtlich ihres Beitrags zur gesellschaftlichen Veränderung in Richtung Nachhaltigkeit. Die Entwicklung von Mikrowäldern (MW) nach der Miyawaki-Methode wird als eine solche Initiative betrachtet, die zur Erhöhung städtischer Grünflächen sowie zur Umweltbildung von Kindern und Erwachsenen beitragen kann. Die direkte und indirekte Beteiligung an der Entwicklung von MW fördert ein stärkeres Bewusstsein für Umweltschutz und Biodiversität in der Stadt, was wiederum positive Auswirkungen auf Werte, Einstellungen und Verhaltensweisen haben kann. Gemeinsame Aktivitäten im Rahmen der Entwicklung von MW tragen zur sozialen Kohäsion in der Stadtgesellschaft bei. Obwohl solche Initiativen lokal begrenzt sind, könnten sie als Modelle für andere Städte dienen. Die Autoren weisen jedoch darauf hin, dass die Realisierung dieser Effekte ausreichende finanzielle, materielle und Wissensressourcen sowie langfristige Kooperationen zwischen öffentlichen und privaten Akteuren erfordert.¹⁸⁹

[6] Als Entwickler der Methode beschreibt Miyawaki die Entwicklung von MW in unterschiedlichen Gebieten Japans, Südostasiens und Südamerikas. Neben der Wiederaufforstung von degradierten Waldgebieten beziehen sich die Untersuchungen auf die Entwicklung von MW in städtischen Gebieten, in Industriegebieten und um Einkaufszentren in Kooperation mit den dort ansässigen Unternehmen. So wurden zwischen 1989 und 2002 an 349 Einkaufszentren über vier Millionen Setzlinge unter Beteiligung der städtischen Bevölkerung gepflanzt. Diese haben nach 15 Jahren eine Höhe von über zehn Metern erreicht und stellen als selbsterhaltende Ökosysteme nicht nur vielfältige ÖSL bereit, sondern dienen auch dem Schutz vor Katastrophen wie Erdbeben und Überschwemmungen.¹⁹⁰ Auf der globalen Ebene benennt Miyawaki daneben das Potenzial solcher Wälder zum Umweltschutz und Mitigation der weltweiten Temperaturerhöhung durch die Speicherung von CO₂.¹⁹¹

[12] In ihrer Studie untersuchen Hanpattanakit et al. einen drei Jahre alten MW der auf dem Technopolis Campus des Khlong Luang Distrikts (Thailand) hinsichtlich des Wachstums und des geschätzten Kohlenstoffbindungspotenzials der Pflanzen und des Bodens. Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass urbane Mikrowälder nach der Miyawaki-Methode ein höheres Potenzial zur Bindung von atmosphärischem CO₂ in städtischen Gebieten haben als Referenzwerte aus Vergleichsstudien. Für den untersuchten Mikrowald errechnen die Autoren eine Kohlenstoffspeicherkapazität von 6,25 Tonnen pro Hektar pro Jahr.¹⁹² Sie führen dies hauptsächlich auf das schnelle Wachstum durch Lichtkonkurrenz aufgrund des frühzeitigen Kronenschlusses zurück. Dies führt zu einem positiven Mikroklima und Nährstoffretention durch Laubfall und beeinflusst die Bodenspeicherkapazität und den Nährstoffgehalt positiv. Die Autoren betonen zudem die Notwendigkeit weiterer Forschung und kontinuierlicher jährlicher Messungen der erreichten Kohlenstoffbindung sowie der Anwendung zusätzlicher

¹⁸⁹ Vgl. Buijs et al. (2023): 7ff.

¹⁹⁰ Vgl. Miyawaki (2004): 85.

¹⁹¹ Vgl. ebenda: 89.

¹⁹² Zum Vergleich führen die Autoren Referenzwerte aus Baumplantagen im Nationalpark in Thailand (1,8 Tonnen), Aufforstungsgebiete in Brasilien (2,5 Tonnen) und Gemeindewäldern in Nepal (2,2 Tonnen) an. Vgl. Hanpattanakit et al. (2022): 431.

Indikatoren zur Evaluierung, um das Wachstum und die Speicherpotenziale zu untersuchen.¹⁹³

[13] Rots beschreibt potenzielle negative Auswirkungen der Miyawaki-Methode anhand von MW-Initiativen in ehemaligen Dörfern und Städten in der japanischen Region Tohoku. Die Methode kann kulturelle Präferenzen für bestimmte Baumarten vernachlässigen und dadurch zu gesellschaftlichen Kontroversen führen.¹⁹⁴ Die Schaffung neuer Ökosysteme durch die Entwicklung von MW kann negative Wechselwirkungen mit Ökosystemen in der Umgebung mit sich bringen.¹⁹⁵ Daneben kann die Entwicklung von MW einen negativen Einfluss auf die ökonomische Lebensgrundlage der einheimischen Bevölkerung haben, wenn diese den Zugang zu (land-)wirtschaftlich genutzten Flächen verhindert.¹⁹⁶ Rots kritisiert auch, dass gemeinsame Baumpflanzungen, wie sie bei der Miyawaki-Methode üblich sind, Konkurrenz um Ressourcen und Einfluss hervorrufen können. Dies kann zu Spannungen, räumlicher Fragmentierung und Ausschluss lokaler Bewohner führen, was den sozialen Zusammenhalt negativ beeinträchtigen kann.¹⁹⁷

[14] Egerer und Suda analysieren die praktische Anwendung von MW in einem experimentellen Projekt der TU München in Kooperation mit städtischen Behörden und der Zivilgesellschaft. Das Ziel war die Erstellung eines umfassenden Projektplans für die Umsetzung von MW in der Stadt inklusive Lehrmaterialien und der Durchführung von Umfragen. Die Autoren betonen, dass die Miyawaki-Methode ein effektives Instrument für Umweltbildung und Naturerfahrung sowie für den Aufbau sozialer und professioneller Kompetenzen ist. Die kooperative Entwicklung von städtischen MW bietet daneben Möglichkeiten der gesellschaftlichen Teilhabe. Die Autoren identifizieren MW als transdisziplinäres Bildungsinstrument. Als zentrale Herausforderungen benennen Egerer und Suda die Bereitstellung von städtischen Flächen, ein Mangel an realen Beispielen in der Umgebung und die fehlende Legitimität durch evidenzbasierte Forschung über die Chancen und Grenzen der Miyawaki-Methode.¹⁹⁸

[21] Kiboi et al. untersuchen in ihrer Fallstudie einen eineinhalb Jahre alten MW, welcher auf dem Campus des College of Biological and Physical Science der University of Nairobi gepflanzt wurde. Der MW weist dabei im Vergleich zu einer Referenzfläche, auf der die Baumarten mit einer geringeren Dichte bepflanzt wurden (ein Meter Abstand zwischen den Pflanzen) im Durchschnitt ein schnelleres Wachstum bei fünf von sechs Baumspesies auf. Für die Autoren ist es evident, dass es durch die Anwendung der Miyawaki-Methode möglich ist, eine deutlich schnellere Entwicklung eines naturnahen Waldes in urbanen Gebieten zu realisieren. Für einen langanhaltenden Erfolg ist die Einbindung der lokalen Bevölkerung dabei essenziell.¹⁹⁹

[33] Miyawaki beschreibt die Anwendung seiner Methode auf 600 urbanen Flächen wie Städte, Dörfer, Industriegebiete, Einkaufszentren, Häfen, Dämmen, Flughäfen, Schulen und Wohngebiete in unterschiedlichen Klimazonen in Japan. Die MW erreichten nach 23 Jahren eine durchschnittliche Höhe von 20 Metern.²⁰⁰ In weiteren Untersuchungen von MW in Städten Südostasiens (Kuala Lumpur, Malakka, Bangkok) ermittelte Miyawaki eine Höhe von fünf bis sieben Metern, vier Jahre nach deren Pflanzung.²⁰¹

¹⁹³ Vgl. Hanpattanakit et al. (2022): 431f.

¹⁹⁴ Vgl. Rots (2015): 22.

¹⁹⁵ Vgl. ebenda: 23.

¹⁹⁶ Vgl. ebenda: 26.

¹⁹⁷ Vgl. ebenda: 29f.

¹⁹⁸ Vgl. Egerer/Suda (2023): 1337f.

¹⁹⁹ Vgl. Kiboi et al. (2014): 235.

²⁰⁰ Vgl. Miyawaki (1998): 160.

²⁰¹ Vgl. Miyawaki (1999): 161.

Daneben untersuchte Miyawaki die Auswirkungen eines Erdbebens, welches im Januar 1995 das Gebiet der Stadt Kōbe traf.²⁰² Laut den Untersuchungen von Miyawaki ist keiner der Bäume, die der pnV entsprachen, gefallen. Deren Strukturen haben zur Begrenzung der Feuer und als Barriere für herabfallende Gebäudeteile gewirkt, wodurch Fluchtwege entstanden seien. Dadurch erfüllen MW neben dem Umweltschutz eine wichtige Funktion für den Katastrophenschutz.²⁰³

[69] Miyawaki und Golley beschreiben ihre Untersuchungen über die Anwendung der Miyawaki-Methode auf 285 unterschiedlichen Flächen zur Verringerung der Bodenerosion, der Reduktion von Lärm und Schadstoffen sowie zur Schaffung städtischer Grünflächen auf begrenztem Raum.²⁰⁴ Sie beschreiben, dass die Pflanzungen als Instrument zur Beteiligung und Umweltbildung für die lokale Bevölkerung genutzt werden können. Ihre Untersuchungen weisen auf eine hohe Überlebensrate der Setzlinge von über 90 Prozent und einer Verdopplung der Stammhöhe innerhalb der ersten Jahre hin. Innerhalb von fünf Jahren hat sich in den untersuchten MW ein geschlossenes Kronendach entwickelt. Das benötigte Anfangskapital für diese Methode ist laut den Autoren hoch. Gleichzeitig reduzieren sich die Pflegekosten nach der Pflanzung auf nahezu null. Die variablen Kosten umfassen vor allem die Beschaffung der Setzlinge und können lokal variieren.²⁰⁵

[124] Mustafa et al. evaluieren in ihrer Studie Maßnahmen zur Ermittlung und Reduzierung der Treibhausgasemissionen der NED University of Engineering and Technology, Karachi (Pakistan).²⁰⁶ Eine der Mitigationsmaßnahmen ist die Pflanzung von MW auf dem Universitätscampus in Form von Reallaboren. Für dieses Vorhaben wurden im Jahr 2019 fünf MW auf einer Fläche von 168 Quadratmetern gepflanzt. Dazu wurden die Studenten der Universität sowie Akteure der lokalen Privatwirtschaft in die Entwicklung einbezogen. Im Rahmen der Öffentlichkeitsbeteiligung wurde eine Website erstellt. Auf dieser werden Echtzeitdaten der berechneten Kohlenstoffspeicherung der MW veröffentlicht. Aktuell werden dort 17 MW mit einer Gesamtfläche von 524 Quadratmetern aufgelistet, die im Zeitraum 2017 bis 2022 auf und angrenzend an das Universitätsgelände entwickelt wurden. Die errechnete Kohlenstoffspeicherung beträgt 13.948 Kilogramm (Stand Februar 2024).²⁰⁷ Daneben wurden weitere Behörden und private Akteure kontaktiert. Dies führte dazu, dass fünf weitere MW durch Kooperationen zwischen öffentlichen und privaten Akteuren in stark von Verkehr betroffenen Bereichen der Stadt implementiert wurden.²⁰⁸ Die Autoren schließen, dass MW als Teil einer Gesamtstrategie der Universität auch im Globalen Süden zum Erreichen von Treibhausgasneutralität beitragen können.²⁰⁹

²⁰² Vgl. ebenda: 159f; Dieses Erdbeben der Stärke 6,9 kostete 6434 Menschen das Leben und zerstörte große Teile der Infrastruktur. Mehr als 240.000 Häuser, darunter zahlreiche Holzhäuser, wurden durch ausbrechende Feuer zerstört. Vgl. Welter (2020): Kobe gedenkt der Opfer des schweren Erdbebens vor 25 Jahren.

²⁰³ Vgl. Miyawaki (1998): 160.

²⁰⁴ Vgl. Miyawaki/Golley (1993): 225.

²⁰⁵ Vgl. ebenda: 344f.

²⁰⁶ Vgl. Mustafa et al. (2022): 3.

²⁰⁷ Vgl. CO2Smart NEDUET Urban Forest (2024): Quick Live Facts; Die Berechnungen des gespeicherten Kohlenstoffs erfolgt dabei auf der Anwendung eines Algorithmus, der auf der Methode zur Berechnung der Kohlenstoffspeicherung urbaner und suburbaner Bäume basiert, die vom Energieministeriums der Vereinigten Staaten herausgegeben wurde. Diese inkludiert unterschiedliche Parameter wie Charakteristika der jeweiligen Spezies, Alter und Überlebensrate der Bäume und deren jährliche Kohlenstoffspeicherung. Vgl. Mustafa et al. (2022): 10.

²⁰⁸ Vgl. ebenda: 9ff.

²⁰⁹ Vgl. Mustafa et al. (2022): 15.

[131] Die Studie von Sasaki et al. untersucht die Wirksamkeit eines MW, der sich im Expo '70 Commemorative Park in Suita City, Osaka (Japan) befindet, 40 Jahre nach seiner Bepflanzung. Sie vergleichen diesen MW mit einem nahegelegenen, 100-jährigen Referenzwald²¹⁰ und ermitteln eine größere Bestandsgrundfläche (ha/m²) für den MW. Sie führen dies auf die dichte Baumkrone in der oberen Schicht zurück. Gleichzeitig ermitteln sie eine geringere Fülle und Diversität in den unteren Waldschichten im Vergleich zum Referenzwald. Als Ursache benennen die Autoren zum einen den frühen Kronenschluss und die daraus resultierende geringe Lichteinstrahlung. Trotz der Pflanzung schattentoleranter Arten haben sich diese nicht durchgesetzt. Zum anderen hat das Fehlen benachbarter Waldgebiete und die resultierende Isolation des MW eine Samenübertragung zur Entwicklung neuer schattentoleranter Spezies verhindert und die Ausbreitung exotischer Arten mit erhöhter Schattentoleranz begünstigt. Laut den Autoren ist es wahrscheinlich, dass die Fülle und Diversität innerhalb der unteren Schichten weiter abnehmen. Diese Struktur ist in Konsequenz vergleichbar mit einem einschichtigen Wald mit geringer Produktivität und Biodiversität, ähnlich der Struktur von Monokulturen.²¹¹ Sasaki et al. schließen daraus, dass die Miyawaki-Methode allein keine mehrschichtige Waldstruktur hervorbringen kann, und plädieren stattdessen für fortlaufende Managementmaßnahmen, wie die Ausdünnung der oberen Schichten und der Bereitstellung von Samenquellen. Die Autoren unterstreichen die Notwendigkeit einer umfassenden und regelmäßigen Bewertung von MW unter Einbeziehung unterschiedlicher Indikatoren und vergleichender Analysen.²¹²

[221] Da und Guo evaluieren in ihrer Fallstudie einen MW der Jahr 2000 auf einer Fläche von insgesamt 3000 Quadratmetern in Shanghai (China) gepflanzt wurde. Als Referenz dienten ein natürlicher Wald außerhalb der Stadt sowie Wälder innerhalb Shanghais, die von den Autoren als künstlich bezeichnet werden. Die Autoren ermitteln eine Überlebensrate der Setzlinge im ersten Jahr von über 90 Prozent. Zwischen 2001 und 2010 blieb die Spezieszusammensetzung relativ stabil, wobei die Dichte der Bäume bis 2020 abnahm. In Bezug auf die ökologischen Vorteile ermitteln die Autoren innerhalb des MW eine höhere Konzentration negativer Luftionen (NAI)²¹³ als bei den künstlichen Referenzwäldern. Im Vergleich zum Referenzwald außerhalb der Stadt ist die Konzentration jedoch geringer. Die Autoren führen dies auf die hohe Baumdichte und die mehrschichtige Struktur des Waldes zurück. Für die Lufttemperatur und -feuchtigkeit konnte kein signifikanter Unterschied ermittelt werden. Bezüglich der Konzentration der Mikroorganismen im Boden wies der MW eine mit dem natürlichen Wald vergleichbare Konzentration auf und lag damit höher als die künstlichen Referenzwälder. Die Autoren führen dies auf die Schritte der Bodenbearbeitung innerhalb der Miyawaki-Methode zurück. Sie kommen zu dem Schluss, dass die Miyawaki-Methode eine Etablierung eines naturnahen, stabilen Waldökosystems innerhalb von 10 Jahren ermöglicht und vor allem in den späteren Phasen einen geringen Pflege- und Managementaufwand bedarf. Vögel und Insekten haben sich angesiedelt, was ein Potenzial zur Förderung der urbanen Biodiversität darstellt. Die Autoren nehmen an, dass der Nutzen weiter ansteigt, während der Wald reift. Aufgrund hoher Mortalitätsraten immergrüner Laubbaumspezies in den ersten Jahren nach der Pflanzung empfehlen die Autoren, die Miyawaki-Methode zu optimieren und Laubbäume sowie immergrüne Bäume verschiedenen Alters zu

²¹⁰ Vgl. Sasaki et al. (1028): 124.

²¹¹ Vgl. ebenda: 127ff.

²¹² Vgl. ebenda: 130.

²¹³ Unter negativen Luftionen werden negativ geladene Moleküle in der Luft verstanden. Sie verbessern die Luftqualität, indem sie u.a. bestimmte Arten von Feinstaub binden und werden mit positiven Effekten auf die menschliche Gesundheit in Verbindung gebracht. Vgl. Xiao et al. (2023): 69824, 69833.

pflanzen, so dass kleinerer bzw. jüngere schattentolerante immergrüne Spezies und größere bzw. ältere schattenintolerante Laubbäume gemischt werden. Letztere bilden die mehrschichtige Vegetationsstruktur.²¹⁴ In ihrem Fazit empfehlen die Autoren die Miyawaki-Methode und die Entwicklung von MW in städtischen Gebieten für eine Reihe unterschiedlicher Anwendungsfelder. Als Barrieren beschreiben Da und Guo das benötigte Management direkt im Anschluss an die Pflanzung, sowie eine negative öffentliche Wahrnehmung. Sie empfehlen daher das Forcieren von aktiven Kollaborationen zwischen den Akteuren der Stadtentwicklung.²¹⁵

[241, 243] Die aufeinander aufbauenden Studien von Zhang et al. (2006) und Lui et al. (2008) beziehen sich auf den MW, der von Da und Guo [221] untersucht wurde (MW auf 3000 Quadratmeter im Jahr 2000, Shanghai (China)). Zhang et al. vergleichen dabei die genetische Variation einer heimischen Baumart, die Blaue japanische Eiche, innerhalb des gepflanzten MW mit Proben aus dessen Spenderwald und Proben aus zwei verschiedenen, natürlich gewachsenen Wäldern. Anhand der DNA-Analyse der Blätter kommen die Autoren zu dem Ergebnis, dass die genetische Vielfalt im MW vergleichbar mit der im Spenderwald und den natürlichen Wäldern ist. Die Autoren empfehlen die Nutzung eines nahegelegenen Waldes als Spenderquelle, da dieser eine höhere lokale Anpassung an die Umgebung aufweise.²¹⁶ Die Studie von Liu et al., die eine weitere Baumart, die bambusblättrige Eiche, analysiert deutet auf eine insignifikant niedrigere Genvielfalt hin. Für windbestäubende Spezies, wie die bambusblättrige Eiche, hat dies jedoch keine negativen Konsequenzen. Die Autoren weisen darauf hin, dass das Wissen über die Genetik einer Population im Rahmen der Entwicklung von MW berücksichtigt werden sollte.²¹⁷

[247] Lagariya und Kaneria untersuchen die Zusammensetzung eines MW auf dem Saurashtra University Campus in Rajkot (Indien) in Hinblick auf die medizinische Relevanz der vorhandenen Pflanzenspezies und den Einsatz für pharmazeutische Zwecke. Im Rahmen von Felduntersuchungen erstellen sie eine pharmazeutische Inventarliste. Für den von ihnen untersuchten MW ermittelten sie 32 Familien mit 62 Gattungen und 71 Arten. Davon sind 69 Prozent Bäume, 21 Prozent Strauchpflanzen, neun Prozent Krautpflanzen und ein Prozent Gräser.²¹⁸ Für die Mehrzahl der Pflanzen des MW wiesen die Autoren eine pharmazeutische Bedeutung auf.²¹⁹

²¹⁴ Vgl. Da/Guo (2008): 212f.

²¹⁵ Vgl. ebenda: 220.

²¹⁶ Vgl. Zhang et al. (2006): 252f.

²¹⁷ Vgl. Liu et al (2008): 349, 353.

²¹⁸ Vgl. Lagariya/Kaneria (2021): 87f.

²¹⁹ Vgl. ebenda: 99.

B.2 Synthese der grauen Literatur

[46*] Cárdenas et al. analysieren das *Tiny Forest Programme* im Vereinigten Königreich in dessen Rahmen zwischen 2019 bis 2022 insgesamt 149 MW mit einer Größe von jeweils ca. 200 Quadratmetern gepflanzt wurden. In Kombination mit einem lokalen Forschungsprogramm für zivilgesellschaftliche und wissenschaftliche Akteure wurden sogenannte Citizen Science Aktivitäten durchgeführt.²²⁰ Laut den Werten dieser Messungen betrug der Wert des gespeicherten Kohlenstoffs der 17 untersuchten MW insgesamt 290 Kilogramm Kohlenstoff. Diese, laut den Autoren, relativ geringe, Menge ist auf das junge Alter (ein halbes Jahr bis zwei Jahre) der MW zurückzuführen. Eine höhere Speicherkapazität könne mit zunehmender Reife erwartet werden, da der älteste MW (drei Jahre) speicherte MW acht Prozent mehr Kohlenstoff und durchschnittlich 38 Zentimeter höher war. Daneben stellen die Autoren anhand von Umfragen fest, dass die Teilnahme an Aktivitäten innerhalb der MW die Umweltbildung sowie die Zufriedenheit befördert haben. Das Alter und die sozioökonomischen Hintergründe der Freiwilligen variierte dabei. Die Autoren betonen einen positiven Beitrag für partizipative Stadtentwicklung und benennen MW als leistungsfähiges Instrument für eine nachhaltige Zukunft von Städten.²²¹

[65*] In seinem Forschungsartikel beschreibt Miyawaki die Anwendung seiner Methode an über 550 Standorten in Japan bzw. Südostasien. Seit 1973 wurden MW auf städtischen Flächen und in Industriegebieten in Kooperation mit Unternehmen und öffentlichen Institutionen erfolgreich entwickelt.²²² Die Pflanzung der Bäume unter Einbeziehung der lokalen Bevölkerung, können als partizipatorisches Instrument dazu beitragen, Teilhabe für unterschiedliche Altersklassen und sozioökonomische Hintergründe zu gewährleisten sowie Naturerfahrung und Umweltbildung zu fördern. Als Beispiel führt Miyawaki u.a. die Etablierung von MW am Campus der University of Agriculture in der Stadt Bintulu (Malaysia) auf. Drei Jahre nach der Pflanzung waren keine Pflege- oder Instandhaltungsmaßnahmen mehr nötig; nach sechs Jahren erreichten die Bäume eine Höhe zwischen sechs und zehn Metern. Dabei ähnelte der MW einem natürlich gewachsenen, mehrschichtigen Wald.²²³ Insgesamt kann laut Miyawaki belegt werden, dass ein naturnaher, mehrschichtiger Wald in 15-20 Jahren (Japan), bzw. 40-50 Jahren (Südostasien) entwickelt werden. Dafür empfiehlt Miyawaki, unterschiedliche öffentliche, private, wissenschaftliche und zivilgesellschaftliche Akteure gemeinsam in Projekte zur Entwicklung von MW einzubinden.²²⁴

[68*] Miyawaki et al. beschreiben in ihrem Departmental Bulletin Paper der Yokohama Universität detailliert die Anwendung der Miyawaki-Methode. Dazu führen sie auch Messungen der Wuchshöhe auf, die an unterschiedlichen MW in urbanen Gebieten vorgenommen wurden. Dabei ermitteln sie für diese Wuchshöhen von 1,5 Metern nach knapp einem Jahr²²⁵, zwei Metern nach 1,5 Jahren²²⁶, 2,5 bis drei Metern nach drei Jahren²²⁷ und zehn Metern nach elf Jahren.²²⁸ Sie schließen daraus, dass das schnelle Wachstum der mehrschichtigen Vegetation unter der Anwendung der Miyawaki-Methode

²²⁰ Vgl. Cárdenas et al. (2022): 174.

²²¹ Vgl. ebenda: 180f.

²²² Vgl. Miyawaki (1999): 15f.

²²³ Vgl. ebenda: 20.

²²⁴ Vgl. ebenda: 23f.

²²⁵ Vgl. Miyawaki et al. (1993): 84.

²²⁶ Vgl. ebenda: 83.

²²⁷ Vgl. ebenda: 97.

²²⁸ Vgl. ebenda: 94ff.

zu einer höheren Kohlenstoffbindungsrate führt und als Habitat für Mikroorganismen und Tiere zur Förderung der Biodiversität beiträgt.²²⁹

[112*] In ihrem Forschungsreport über zwei einjährige MW in Zaanstad (Niederlande) ermitteln Ottburg et al. verschiedene Indikatoren zur Bewertung der Biodiversität. Für die Datensammlung wurde die lokale Bevölkerung im Rahmen von Citizen Science-Aktivitäten beteiligt. Eine Fläche wurde dabei in Abweichung von der ursprünglichen Miyawaki-Methode mit zusätzlichen Fruchtsträuchern und ein bis zwei Jahre alten Arten bepflanzt. Beide MW wurden mit Referenzwerten aus Vergleichsstudien, bzw. Proben aus nahegelegenen Referenzwäldern verglichen.²³⁰ Dabei ermittelten Ottburg et al., eine höhere Biodiversität der Vegetation als in den Referenzwäldern. Zwischen dem MW und dem FMW konnte quantitativ kein Unterschied verzeichnet werden. Auf der qualitativen Ebene war der MW von einer offeneren Struktur, einer geringeren Ausprägung der Krautschicht und weniger Blühpflanzen geprägt. Im MW mit abgewandelter Methode konnten mehr Blühpflanzen und eine dichtere Vegetation innerhalb der Krautschicht ermittelt werden. Die Anzahl der Singvögel beider MW war im Vergleich zur Umgebung geringer. Die Autoren führen dies auf die noch nicht ausgebildeten Nist- und Fressmöglichkeiten der einjährigen MW zurück. In Hinblick auf die Untersuchung des Bodens kommen die Autoren zu dem Schluss, dass die Biomasse der Bakterien und Pilze im Boden nach knapp einem Jahr mit den Referenzwerten vergleichbar war. Laut den Autoren ist dies auf das Auftragen der Mulchschicht zurückzuführen, innerhalb derer sich Bakterien und Pilze vermehren können. Dies führt zu einer besseren Kohlenstoffaufnahme, höherem Nährstoffgehalt und einem geringeren Ausstoß von Treibhausgasen. Insgesamt nehmen die Autoren einen positiven Wert beider MW in kurzer Zeit an. Sie erwarten, dass die Biodiversität in den Folgejahren zunehmen wird, weisen jedoch darauf hin, dass die MW ohne zusätzliches Management einen abnehmenden Untergrundwuchs aufweisen könnten, was sich negativ auf die Biodiversität auswirken würde. Die Autoren schlagen vor, die Ränder der MW aktiv zu managen, um die Biodiversität zu erhalten.²³¹

[116*] In ihrem „Handbuch Tiny Forest“, herausgegeben durch das niederländische Institut für Naturbildung und Nachhaltigkeit (IVN Natuureducatie), geben Bruns et al. eine detaillierte Anleitung über die Entwicklung eines MW für städtische Gebiete. Dabei beziehen sie sich auf den Forschungsreport von Ottburg et al. [112*], welcher die positiven Auswirkungen von MW auf städtische Biodiversität beschreibt. Darüber hinaus gehen die Autoren auf den weiteren Nutzen eines MW im Kontext der Stadt ein. So tragen sie zu einem besseren Mikroklima, einer höheren Luftqualität und vermehrten Wasserspeicherkapazität städtischer Gebiete bei. Auch sind MW dazu geeignet, die Auswirkungen von Hitzestress in stark urbanisierten Bereichen zu reduzieren und durch Stressregulation die Gesundheit zu fördern. Daneben bietet die Integration von sogenannten grünen Klassenzimmern Möglichkeiten, Naturerfahrung und -bildung zu fördern sowie als natürliche Lernumgebung für alle Altersklassen zu wirken.²³²

[PrePrint1*] Safvan und Swapna untersuchten unterschiedliche Wachstums- und Biodiversitätsindikatoren dreier MW, die zwischen 2019 und 2021 auf städtischen Flächen in Indien gepflanzt wurden.²³³ Als Kontrollgruppe vergleichen die Autoren die Wachstumsparameter von sechs heimischen Baumarten der MW mit solchen, die auf

²²⁹ Vgl. Miyawaki et al. (1993): 76.

²³⁰ Vgl. Ottburg et al. (2018): 8, 16.

²³¹ Vgl. ebenda: 36.

²³² Vgl. Bruns et al. (2019): 4.

²³³ Vgl. Safvan/Swapna (2023): 4.

natürliche Weise gewachsen sind, ohne deren Standort zu spezifizieren.²³⁴ Die Autoren kommen zu dem Ergebnis, dass die Baumarten innerhalb der MW einen schnelleren Wuchs aufweisen, als deren Kontrollgruppe. Sie schließen, dass die Miyawaki-Methode die Problematiken der Bodenerosion adressiert, zur lokalen Temperaturreduzierung beitragen und die städtische Biodiversität fördern. MW tragen somit zur Mitigation des Klimawandels bei uns können als Methode zum Schutz heimischer Tiere und Pflanzen in Städten eingesetzt werden.²³⁵

[PrePrint2*] Roy und Chatterjee ermitteln in ihrer Studie unterschiedliche Indikatoren zweier MW in stark urbanisierten Bereichen des Bengaluru Distrikts (Indien). Die MW wurden in 2015 (1.200 Quadratmeter), bzw. zwischen 2018 und 2020 (12.003 Quadratmeter) in mehreren Etappen gepflanzt.²³⁶ Die Analyse des Kronendaches weist auf ein geschlossenes Kronendach des älteren MW mit über 90 Prozent hin, während der später etablierte MW mit im Mittel 63 Prozent eine geringere Kronendichte aufwies. Sie schließen daraus, dass der Kronendachschluss ab dem fünften Jahr nach der Pflanzung zu verorten ist. Weiterhin ermitteln die Autoren, dass die MW signifikant zu einer Verbesserung der saisonalen Grünoberfläche beigetragen haben und leiten daraus einen Beitrag zur Reduzierung der Oberflächentemperatur innerhalb und angrenzend an die MW ab.²³⁷ Im Vergleich zu einem natürlich gewachsenem Referenzwald ermitteln die Autoren eine leicht geringere Diversität der MW in Bezug auf die Artenvielfalt vor allem durch eine starke Unterrepräsentation der Krautpflanzen in der unteren Schicht. Diese führen sie auf den hohen Konkurrenzdruck zurück und empfehlen gezielte Management Maßnahmen wie beispielsweise Nischenfüllung, Erstellen und Anwendung eines Alters-Spektrums sowie Ausdünnen der oberen Schicht, um die Diversität zu fördern.²³⁸

²³⁴ Vgl. Safvan, Swapna (2023): 7.

²³⁵ Vgl. ebenda: 40.

²³⁶ Vgl. Roy/Chaterjee (2023): 5, 8f.

²³⁷ Vgl. ebenda: 16.

²³⁸ Vgl. ebenda: 17ff.

Eigenständigkeitserklärung

„Ich versichere, dass ich diese Masterarbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Quellen und Hilfsmittel angefertigt und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.“

Berlin, den 18.03.2024

Denise Brodowski