
Klimaresiliente Wassernutzung in Städten am Beispiel des Gemeinschaftsgarten NeuLand e.V.

Masterarbeit zur Erlangung des Master-Grades
Master of Science im Studiengang Rettungsingenieurwesen
an der Fakultät für Anlagen-, Energie- und Maschinensysteme (F09)
der Technischen Hochschule Köln

vorgelegt von: Teresa Bachmaier

eingereicht bei: Prof. Dr. Alexander Fekete
Zweitgutachterin: Dr. Christiane Stephan

Köln, 31.07.2023

Erklärung

Ich versichere, die von mir vorgelegte Arbeit selbstständig verfasst zu haben. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Arbeiten anderer oder der Verfasserin/des Verfassers selbst entnommen sind, habe ich als entnommen kenntlich gemacht. Sämtliche Quellen und Hilfsmittel, die ich für die Arbeit benutzt habe, sind angegeben. Die Arbeit hat mit gleichem Inhalt bzw. in wesentlichen Teilen noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegen.

Ort, Datum

Rechtsverbindliche Unterschrift

Danksagung

Mein Dank gilt allen, die zur Entstehung dieser Masterarbeit beigetragen haben.

Allen voran dem NeuLand e.V. als Ideengeber für diese Arbeit. Für die Teilnahme an meiner Befragung, am Workshop und den kontinuierlichen Austausch von Informationen und Anregungen möchte ich mich herzlich bedanken. Euer Interesse an meiner Arbeit war unglaublich motivierend!

Mein Dank gilt auch Herrn Prof. Fekete und Frau Dr. Stephan für die Betreuung und Unterstützung während der Bearbeitung.

Im Rahmen der durchgeführten Interviews möchte ich mich ganz herzlich bei den Gesprächspartner:innen aus den Gemeinschaftsgärten Allmende Kontor e.V. in Berlin, Fink e.V. in Köln, Kapuzinergarten in Eichstätt, KulturEnergieBunkerAltonaProjekt (KEBAP e.V.) in Hamburg, Zum fleißigen Winkel e.V. in Zwickau bedanken. Mein Dank gilt auch der humuswerkstatt Worth und Frey GbR, Herrn Croy und Herrn Müller mit ihrem ergänzenden agrar-, gartenbau- und umweltwissenschaftlichen Wissen. Weiterhin danke ich den behördlichen Vertreter:innen der Stadt Köln für die umfangreichen Antworten auf meine Fragen.

Abschließend bedanke ich mich bei Frau Brinkmann für das Teilen ihrer geologischen Fachkenntnisse, bei Frau Dichtl für die Unterstützung bei der Digitalisierung der Gebäudezeichnungen, bei Frau Cho für die Unterstützung und Protokollführung beim Workshop und bei allen fleißigen Korrekturleser:innen!

Kurzfassung

Die Klimawandelfolgen zeigen zunehmend negative Auswirkungen auf den globalen Wasserhaushalt, die umgehend Anpassungsmaßnahmen sowohl auf globaler als auch auf kommunaler Ebene unter Mitwirkung der Bevölkerung erfordern. Die Arbeit setzte sich in diesem Zusammenhang mit den Möglichkeiten zur klimaresilienten Wassernutzung am Beispiel eines Gemeinschaftsgartens auseinander. Das Ziel war es, Ansätze zur Reduzierung, Speicherung und Wiederverwendung von Wasserressourcen in einem Wassernutzungskonzept zu verbinden. Dieses sollte dabei mit den Strukturen des Vereins umsetzbar und auf andere Gemeinschaftsgärten übertragbar sein sowie mögliche Interessenskonflikte innerhalb der Gartengemeinschaft berücksichtigen. Das methodische Vorgehen stützte sich neben Literaturrecherchen und einer Standortanalyse auf Interviews mit Mitgliedern anderer Gemeinschaftsgärten und Expert:innen aus den Agrar-, Gartenbau- bzw. Umweltwissenschaften. Die partizipative Einbindung der Zielgruppe (NeuLand e.V.) fand mittels Online-Umfrage und Workshop statt.

Im Ergebnis zeigte das Konzept, dass sich eine Vielzahl an umsetzbaren Möglichkeiten zur klimaresilienten Wassernutzung für den Standort identifizieren ließen, die in keinem Konflikt zu den Prioritäten der Zielgruppe standen. Die thematische Gliederung und gewählte Abstraktion des Konzepts in die vier Bereiche Regenwassersammlung, Regenwasserspeicherung, Wiederverwendung bzw. ressourcenschonende Nutzung von Wasser und ergänzende Maßnahmen ermöglichen die Übertragbarkeit auf andere Gemeinschaftsgärten. Der Schwerpunkt lag auf Strategien zur Reduzierung des Wasserverbrauchs bei der Bewässerung, vor allem durch Maßnahmen zur Verbesserung der Wasserspeicherefähigkeit des Bodens. Dem Erhalt bzw. der Förderung der natürlichen Bodenfunktionen wiesen sowohl Literatur als auch die befragten Expert:innen den höchsten Stellenwert im Kontext klimaresilienter Wassernutzung zu.

Aufgrund rechtlicher Vorgaben, wirtschaftlicher und organisatorischer Hürden mussten einige Ansätze im Vorfeld der Konzeptionierung ausgeschlossen werden. Dies traf vor allem auf die meisten Wiederverwendungsmöglichkeiten und die Nutzung alternativer Wasserressourcen (Grund- und Grauwasser, Wasser aus Versickerungsanlagen) zu. Dadurch bestätigte die Arbeit bereits wissenschaftlich identifizierte Defizite bei dem notwendigen Ausbau von Wasserkreisläufen unter Nutzung alternativer Wasserressourcen. Weiterhin unterstrichen die Ergebnisse das identifizierte Potenzial von Gemeinschaftsgärten im Sinne der Umweltbildung und ihren Beitrag zu einer nachhaltigen Gesellschaft, das von Wissenschaft und Stadtverwaltungen verstärkt gefördert werden sollte. Hierbei werden vor allem Ansätze von Citizen Science und Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) als vielversprechende Ansätze identifiziert.

Schlüsselwörter: kommunale Klimaresilienz, Umweltbildung, Urban Gardening, Wassernutzungskonzept, Wassereffizienz

Abstract

The consequences of climate change have an increasingly negative impact on the global water balance, requiring immediate adaptation measures at both a global and a local level that also include the participation of the population. In this context, the present master's thesis examined possibilities of climate-sensitive water usage taking a local community garden project as a tractable test case. The aim was to combine approaches to reduce, store and reuse water resources in a water usage concept. The developed concept should be suitable for facile implementation within the investigated community garden and for transfer to other garden projects, while taking possible conflicts of interest of the garden community into account. The methodological approach was based on literature research, a site analysis, interviews with members of other community gardens and experts from the agricultural, horticultural and environmental sciences. The participatory involvement of the target group (NeuLand e.V.) was established through an online survey as well as a workshop on site.

As a result, the concept showed that a range of feasible measures for climate-smart water usage were applicable for the site which did not conflict with the priorities and interests of the target group. The concept's thematic structure and chosen abstraction into the four areas of rainwater harvesting, rainwater storage, reuse or resource-saving usage as well as the complementary measures ensure the transferability to other community gardens. The main focus was on strategies to reduce water consumption for irrigation, especially through measures to improve the soil's water storage capacity. Both the literature and the interviewed experts assigned the highest priority to preserving or promoting natural soil functions in the context of climate-smart water usage.

Owing to legal requirements, economic or organisational hurdles, some approaches had to be excluded in the early stages of conceptualisation. This was particularly the case for most measures of water reuse as well as the usage of alternative water resources. In this respect, the thesis confirmed deficits in the necessary expansion of water cycles by using alternative water resources, as described by the scientific community. Furthermore, the results emphasize on the identified potential of community gardens in terms of environmental education as well as their contribution to developing a sustainable society which should be increasingly promoted by science and city administrations. Citizen science and education for sustainable development (ESD) are identified as promising approaches.

Key words: urban climate resilience, environmental education, urban gardening, water usage concept, water efficiency

Inhalt

Erklärung	I
Danksagung	II
Kurzfassung	III
Abstract	IV
Inhalt	V
Tabellenverzeichnis	VIII
Abbildungsverzeichnis	IX
Abkürzungsverzeichnis	X
1 Einleitung	11
1.1 Zielsetzung und Forschungsfragen	12
1.2 Struktur der Arbeit.....	13
2 Untersuchungsraum NeuLand	14
2.1 Entstehung NeuLand e.V.	14
2.2 NeuLand e.V. im Kontext der Urban Gardening Bewegung.....	15
2.3 Der NeuLand-Garten.....	16
2.3.1 Standort 2011 – September 2023	16
2.3.2 Neuer Standort ab September 2023.....	17
3 State of the Art	18
3.1 Definition der klimaresilienten Wassernutzung.....	18
3.2 Angewandte Definition für den Untersuchungsraum	19
3.3 Wissenschaftlicher Hintergrund.....	20
4 Methodik	24
4.1 Wissensgenerierung	25
4.1.1 Literaturrecherche.....	25
4.1.2 Workshops / Webinare.....	25
4.1.3 Expert:inneninterviews.....	25
4.2 Partizipation	27
4.2.1 Umfrage.....	27
4.2.2 Workshop	29
4.3 Analyse und Konzeptentwicklung.....	30
4.3.1 Standortanalyse.....	30
4.3.2 Konzeptentwicklung.....	30
4.4 Daten	31
5 Standortanalyse	33
5.1 Lage und Flächennutzung im Kontext der Parkstadt Süd.....	33
5.1.1 Einbettung in Stadtentwicklungskonzept Parkstadt Süd.....	33
5.1.2 Flächennutzungsplanung.....	34
5.2 Topografie, Klima und Boden.....	34

5.2.1 Standort und Topografie	34
5.2.2 Klima.....	34
5.2.3 Boden	39
5.3 Exposition gegenüber Extremwetterereignisse.....	41
5.3.1 Dürre / Trockenperioden	41
5.3.2 Starkregen	43
5.4 Zusammenfassung und Schlussfolgerung für die Wassernutzung	44
6 Vorüberlegungen zur Konzeptionierung der Wassernutzung	47
6.1 Ausgangslage Wassernutzung.....	47
6.1.1 Trinkwasserverbrauch und Verbraucher	47
6.1.2 Ansätze zur klimaresilienten Wassernutzung	48
6.2 Erfahrungen aus anderen (Gemeinschafts-)Gärten.....	51
6.3 Perspektive der NeuLand-Gemeinschaft.....	53
6.3.1 Prioritäten des NeuLand e.V.	53
6.3.2 Ergebnisse aus der Umfrage	54
6.4 Rechtliche und organisatorische Grenzen.....	56
6.5 Zusammenfassung, Möglichkeiten und Grenzen der Konzeptionierung	58
7 Möglichkeiten der klimaresilienten Wassernutzung am neuen Standort.....	60
7.1 Verbesserung der Regenwassersammlung.....	60
7.1.1 Verbesserung bestehender Sammelflächen.....	60
7.1.2 Erweiterung der Sammelflächen	61
7.1.3 Filterung.....	62
7.1.4 Flächen- und Wassernutzung aufeinander abstimmen	63
7.2 Verbesserung der Regenwasserspeicherung.....	63
7.2.1 Wasserspeicherfähigkeit des Bodens verbessern	64
7.2.2 Ausbau ober- bzw. unterirdischer Speicher.....	65
7.3 Ressourcenschonende Nutzung / Wiederverwendung von Trink- und Regenwasser	67
7.3.1 Ressourcenschonende Nutzung bei der Bewässerung	67
7.3.2 Trinkwasserverbrauch reduzieren	72
7.3.3 Wasserkreisläufe bilden	72
7.4 Ergänzende Maßnahmen.....	74
7.4.1 Besondere Klimaanpassungsmaßnahmen treffen.....	74
7.4.2 Monitoring / Dokumentation	76
7.4.3 Bildungsarbeit und Wissensmanagement	76
7.5 Bewertung durch die Gemeinschaft	78
7.5.1 Prioritätenerfüllung.....	78
7.5.2 Diskussionspunkte und Interessenskonflikte	79
7.6 Zusammenfassung und Wassernutzungskonzept	81
8 Diskussion und Methodenkritik	85
8.1 Methodenkritik.....	85
8.2 Ergebnisdiskussion	86

9 Fazit	92
Literaturverzeichnis	XCV
Anhang.....	CXI

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Verwendete externe (Geo-)Daten	32
Tabelle 2 Ausgangssituationen am neuen Standort.....	45
Tabelle 3 Abgeleitete standortspezifische Maßnahmen zur Konzeptionierung	46
Tabelle 4 Potenzieller und saisonal nutzbarer Regenertrag am bisherigen Standort	50
Tabelle 5 Geprüfte Ansätze klimaresilienter Wassernutzungsmöglichkeiten im Vorfeld der Konzeptionierung	57

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Lage des alten und neuen NeuLand-Standorts im Stadtgebiet Köln	14
Abbildung 2 Skizzierte Flächennutzung am alten NeuLand-Standort	17
Abbildung 3 Temporäre und endgültige Geländegrenzen am neuen Standort.....	17
Abbildung 4 Hierarchie der nachhaltigen Wassernutzung im urbanen Raum.....	19
Abbildung 5 Übertragbare Ansätze aus Landwirtschaft, Privathaushalten und Siedlungswasserwirtschaft	22
Abbildung 6 Methodisches Vorgehen	24
Abbildung 7 Einzelne Auswertungsschritte der qualitativen Inhaltsanalyse	27
Abbildung 8 Planungsgebiet Parkstadt Süd und Innerer Grüngürtel	33
Abbildung 9 Entwicklung der mittleren Lufttemperatur in Köln für die Jahre 1991-2020	35
Abbildung 10 Monatliche Verteilung der Niederschlagsmengen in Köln	37
Abbildung 11 Relative Häufigkeit von Dürreintensitäten nach Monaten im Zeitraum 2014-2022 in Köln.....	42
Abbildung 12 Überflutungen durch extremes Starkregenereignis am Standort	44
Abbildung 13 Regenrinnenkonstruktionen zur Regenwassersammlung	49
Abbildung 14 Dachaufbauten zur Regenwassersammlung.....	49
Abbildung 15 Prioritäten des NeuLand e.V.	54
Abbildung 16 Zielvorstellung der NeuLand-Gemeinschaft für die Wassernutzung am neuen Standort	55
Abbildung 17 Möglichkeiten und Grenzen der Konzeption am neuen Standort.....	59
Abbildung 18 Steigerung des Regenertrags durch vergrößerte Dachflächen.....	60
Abbildung 19 Beispiele für Gartengestaltung nach den Prinzipien Rain Garden (links oben), Waldgarten (rechts) und Agroforst	68
Abbildung 20 Beispiele für Wicking Beds	69
Abbildung 21 Beispiele für Tröpfchenbewässerungssysteme	70
Abbildung 22 Beispiele für Olla(systeme)	71
Abbildung 23 Beispiele für Grauwassertürme.....	73
Abbildung 25 Wassernutzungskonzept für den NeuLand e.V.	84

Abkürzungsverzeichnis

A

AG *Arbeitsgruppe / Aktionsgruppe*

B

BMUV *Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz*

C

CDC *Climate Data Center*

D

DWD *Deutscher Wetterdienst*

E

e.V. *eingetragener Verein*

N

NHN *Normalhöhenmeter*

NRW *Nordrhein Westfalen*

S

SDG *Sustainable Development Goals*

SK *Systemisches Konsensieren*

SoLaWi *Solidarische Landwirtschaft*

StEB *Stadtentwässerungsbetriebe*

U

UFZ *Helmholtz Zentrum für Umweltforschung*

UN *United Nations*

1 Einleitung

Das Jahr 2023 stand bisher ganz im Zeichen des Wassers. Die United Nations (UN) Water Conference (United Nations [UN], 2023) und die Veröffentlichung der Nationalen Wasserstrategie (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz [BMUV], 2023a) des Bundes fassten sowohl die Entwicklungen als auch die zu erreichenden Ziele im Kontext der globalen Wasserressourcen zusammen. Hinsichtlich der klimawandelbedingten Entwicklungen haben die steigenden Temperaturen großen Einfluss auf den globalen Wasserkreislauf (Simlat, 2018; UN, 2020). Erhöhte Verdunstung und eine Verschiebung von Niederschlagsmustern verändern die Wasserverfügbarkeit an Land als auch in natürlichen Gewässern. Es kommt zu häufigeren wasserbedingten Naturkatastrophen (Dürren, Erdbeben, Überschwemmungen), Wasserverschmutzung und -knappheit (Kåresdotter et al., 2022; UN, 2023).

Gesellschaftliche Entwicklungen (Bevölkerungswachstum, Urbanisierung und Migration aus Dürreregionen) sowie institutionelle Reaktionen (Zunahme von Agrarflächen, Bau von Staudämmen, verstärkte (Grund-)Wasserentnahme für Trinken und Bewässerung) erhöhen zusätzlich den Druck auf die natürlichen Wasserressourcen (Kåresdotter et al., 2022; UN, 2023). Gemäß den Zielen der UN Water Conference und der nationalen Wasserstrategie muss u.a. eine integrierte Wasser- und Klimapolitik stattfinden, welche die eben genannten Auswirkungen durch den Klimawandel bzw. gesellschaftliche Entwicklungen abmildert und die natürlichen Wasserressourcen schützt. Der Wasserverbrauch für die Versorgung mit Nahrung und Energie muss reduziert und nachhaltiges Wasserwirtschaften mit damit verbundenen Technologien wie Wasserspeicherung, Regenwassernutzung, Recycling und Abwasserbehandlung gefördert werden (BMUV, 2023a; UN, 2023).

Die genannten Ziele sind kann dabei nicht nur im Sinne der Klimaresilienz¹ zu verstehen (Pörtner et al., 2023a). Vielmehr bietet ein nachhaltiger Umgang mit Wasserressourcen das Potenzial, den Klimawandel abzuschwächen, beispielsweise durch die Steigerung der Wassereffizienz, konservierende Landwirtschaft, fortschrittliche Abwasserbehandlung und des Schutzes von Feuchtgebieten (UN, 2020). Solche Maßnahmen können dazu beitragen, Kohlenstoff in Biomasse und Böden zu binden, Treibhausgasemissionen zu verringern und somit die Erderwärmung zu verlangsamen (UN, 2020). Daraus ergeben sich Verantwortlichkeiten für alle staatlichen und private Akteure, auch in einem bisher sehr wasserreichen Land wie Deutschland (BMUV, 2017, 2023a). Klimaresiliente Wassernutzung sollte dabei nicht nur als Reaktion auf, die in Deutschland wahrgenommenen Extremwetterereignisse (Flutkatastrophe Nordrhein Westfalen (NRW) / Rheinland-Pfalz 2021), Bodendürren und Flächenbrände, angesehen werden, sondern als „Verbindung von Katastrophenschutz und nachhaltiger Entwicklung“ (S.2), der einen zukunftsorientierten, gesellschaftlichen Wandel anstößt (Stiftung Entwicklung und Frieden [sef:],

¹ Klimaresilienz: Widerstandsfähigkeit gegenüber und Anpassungsfähigkeit an Klimawandelfolgen. Weitergehende Definition und Begriffserläuterung dazu in Kapitel 3.

2023). Dabei wird auch dem Ansatz, kommunale Lösungen für globale Probleme zu finden, eine hohe Bedeutung zugewiesen (sef., 2023). Deren Wirksamkeit in Bezug auf klimaresiliente Wassernutzung ist insofern schlüssig, da ein hoher Anteil des Wasserverbrauchs auf urbanisierte Gebiete entfällt und sich dort durch nachhaltige Konzepte enorme, klimawirksame Einsparpotentiale ergeben (Simlat, 2018). Außerdem können lokale Lösungen effektiv auf die räumliche und zeitliche Variabilität von Wasserressourcen reagieren (UN, 2023). Mit der Frage, wie konkrete Lösungen auf kommunaler Ebene gestaltet werden können, beschäftigte sich diese Abschlussarbeit.

1.1 Zielsetzung und Forschungsfragen

Ziel der Arbeit war die Entwicklung eines Konzepts zur klimaresilienten Wassernutzung in Städten für den Gemeinschaftsgarten NeuLand e.V. als konkreten Untersuchungsraum. Dieses Praxisbeispiel bot sich an, da sich die Mitglieder des Vereins im Rahmen eines geplanten Standortwechsels bereits mit der Thematik nachhaltiger Wassernutzung für die Bewässerung auseinandersetzten. Die bisherige Bewässerung der Pflanzen mit Wasser aus dem öffentlichem Trinkwassernetz stellte im Zusammenhang mit den Klimawandelfolgen und den formulierten Zielen der nationalen Wasserstrategie keine optimale Lösung dar (BMUV, 2023a). Ferner sind bürgerliches Engagement im urbanen Raum zur Sensibilisierung für Natur- und Klimaschutz tief in der Urban Gardening Bewegung verankert und stellen damit im Verständnis kommunaler Lösungen ein geeignetes Praxisbeispiel dar (C. Müller, 2012b). Ergänzend dazu werden Gemeinschaftsgärten bereits häufiger als lokale Schnittstelle zwischen Städten, deren Bevölkerung und regionaler Landwirtschaft gesehen z.B. im Kontext von Ernährungssicherheit oder dem Klimawandel (anstiftung e.V., 2014; C. Müller, 2012b). Ihnen wird dabei eine wichtige Rolle bei der Transformation zu einer nachhaltigeren Gesellschaft und als Lernorte im Sinne der Bildung für nachhaltige Entwicklung zugeschrieben (Ernährungsrat für Köln und Umgebung e.V. & Agora Köln, 2018; Jahnke et al.; Ruschkowski et al., 2022).

Konkret setzte sich die Arbeit mit Möglichkeiten auseinander, die Bewässerung mehr auf natürliche Regenwasserressourcen auszulegen und dabei auch resilienter gegenüber Extremwetterereignissen wie z.B. Trockenperioden und Starkregen zu sein. Ebenfalls mussten die Ansätze geeignet sein, diese mit den finanziell, personell und zeitlich begrenzten Ressourcen des Vereins zu bewältigen. Das übergeordnete Ziel der Arbeit war deshalb die **Entwicklung eines Konzepts zur klimaresilienten Wassernutzung für den neuen Standort des Gemeinschaftsgartens NeuLand e.V.** (Hauptuntersuchungsziel) mit folgenden Unterforschungsfragen:

1. Welche Möglichkeiten zur Wasserreduktion, -speicherung und -wiederverwendung sind am neuen Standort umsetzbar?
2. Welche Möglichkeiten stehen im Einklang mit den Prioritäten der NeuLand-Gemeinschaft und wo bestehen potenzielle Interessenskonflikte?

Durch den Fokus auf Bewässerung und gärtnerischer Nutzung eines städtischen Gebiets durch Privatpersonen, bot sich die Zusammenführung interdisziplinärer Ansätze

zur klimaresilienten Wassernutzung aus den bereits angesprochenen Bereichen Landwirtschaft, Stadt und Bürger:innen an. Zur Beantwortung der ersten Forschungsfrage galt es folglich, agrarwissenschaftliche und siedlungswasserwirtschaftliche Lösungen mit Empfehlungen für Privathaushalte in einfach umzusetzenden, niederschweligen Maßnahmen zu vereinen. Dafür wurde neben Literaturrecherchen, qualitative Interviews mit Gemeinschaftsgärten und Expert:innen durchgeführt sowie die Erkenntnisse mit den analysierten Bedingungen am neuen Standort verknüpft.

Aus dem hohen Praxisbezug der Arbeit und der Zusammenarbeit mit dem Gemeinschaftsgarten NeuLand e.V. in Köln empfahl sich ein partizipatives Vorgehen bei der Konzeptentwicklung. Dies entspricht zum einen institutionellen Empfehlungen und Vorgehensweisen themenverwandter Projekte zur urbanen, blau-grünen Infrastrukturentwicklung (Eyink & Heck, 2017; Ludwig et al., 2021). Zum anderen sollte durch die Partizipation der Zielgruppe eine praktische Umsetzbarkeit des Konzepts gewährleistet werden, die möglichst nicht in Konflikt mit den Prioritäten und Zielen des NeuLand e.V. steht. Schwerpunkte bildeten dabei eine Online-Umfrage innerhalb der NeuLand-Gemeinschaft und ein durchgeführter Workshop, eingebettet in einen kontinuierlichen Kommunikations- und Informationsaustausch.

1.2 Struktur der Arbeit

Zum besseren Verständnis für die Zielgruppe und den betrachteten Untersuchungsraum stellt Kapitel 2 zunächst den NeuLand-Verein vor mit Bezug zur Urban Gardening Bewegung, ergänzt um die Beschreibung des aktuellen und zukünftigen Standorts. In Kapitel 3 erfolgt die Vorstellung des wissenschaftlichen Hintergrunds zu übertragbaren Ansätzen der klimaresilienten Wassernutzung aus den Schnittpunktbereichen Landwirtschaft, Siedlungswasserwirtschaft und Privathaushalten. Anschließend beschreibt Kapitel 4 das methodische Vorgehen der Arbeit. Innerhalb des Kapitels 5 zeigt die durchgeführte Standortanalyse die Ausgangsbedingungen und zu erwartenden Klimawandelfolgen für das neue Gelände des NeuLand e.V. auf. Geprüfte Grenzen und Möglichkeiten für die Konzeptionierung sind in Kapitel 6 zusammengefasst, gefolgt von der Beschreibung empfohlener Maßnahmen am neuen Standort im Kapitel 7. Dieses Kapitel beinhaltet weiterhin die Ergebnisse aus der Bewertung durch die Zielgruppe, die Zusammenfassung und anschließende Visualisierung des Wassernutzungskonzepts. Kapitel 8 diskutiert die angewandte Methodik bzw. gewonnenen Ergebnisse der Arbeit und schließt zusammen mit dem Fazit in Kapitel 9 die Arbeit ab.

Im Sinne der Ziel- und Interessensgruppen der Arbeit wurde versucht durch Zusammenfassungen, Unterstreichungen und **Hervorhebungen** die Lesbarkeit zu erleichtern.

2 Untersuchungsraum NeuLand

Dieser Abschnitt beschreibt die Entstehung des NeuLand e.V. und die Einordnung des Vereins in den Kontext des Urban Gardenings. Weiterhin erfolgt die Vorstellung des alten und neuen Standorts des NeuLand-Gartens für ein besseres Verständnis des Untersuchungsraums.

2.1 Entstehung NeuLand e.V.

Auf einem ehemaligen Industriegelände im Kölner Süden entstand im Jahr 2011 der NeuLand-Garten im Rahmen einer spontanen Bepflanzaktion (Neuland e.V., 2022). Zu dieser riefen Journalist:innen in einer Lokalzeitung auf, nachdem durch ihre Recherchen – neben privatwirtschaftlichen Gewinnen auf Kosten des Landes NRW aufgrund von Grundstücksspekulationen – „Unregelmäßigkeiten“, personelle Verknüpfungen und engen Beziehungen zwischen Wirtschaft und Verwaltung, z.B. in Bezug auf dieses Brachland“ (Viehoff & Follmann, 2017, S. 240) bekannt wurden. Rund 150 Personen beteiligten sich an der spontanen Bepflanzaktion, die in der Gründung des Vereins NeuLand e.V 2012 mündete. Auf Anweisung des Umweltamts der Stadt Köln wurde das ehemalige Industriegelände mit Tennissand abgedeckt, damit mögliche Altlasten nicht an die Oberfläche dringen konnten. Ab 2012 begann das Aufstellen mobiler Pflanzkisten (Viehoff & Follmann, 2017). Ein bestehender Zwischennutzungsvertrag ging später in eine befristete Verpachtung durch die Stadt Köln über und wurde von der Zuweisung eines unbefristeten Standorts (s. Abbildung 1) im Rahmen des städtebaulichen Projekts *Parkstadt Süd* ab September 2023 abgelöst (Neuland e.V., 2022).

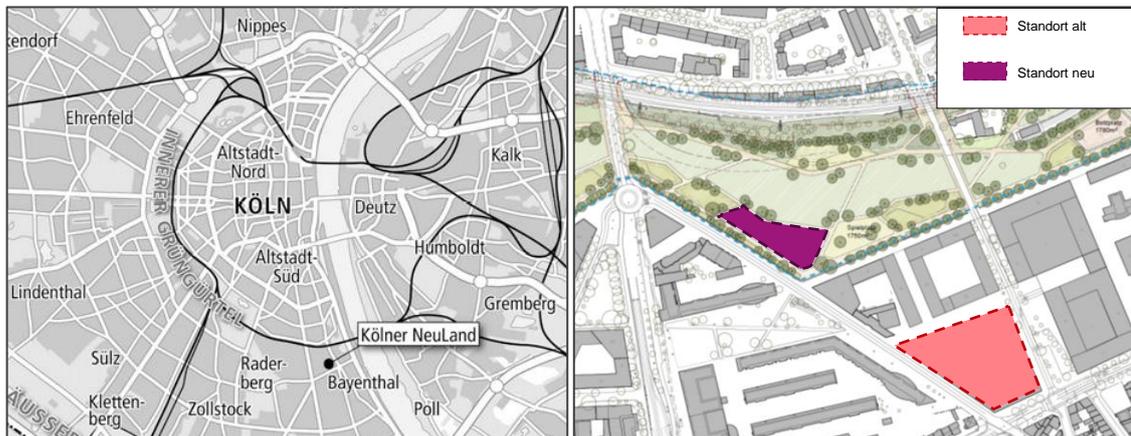


Abbildung 1 Lage des alten und neuen NeuLand-Standorts (rechts) im Stadtgebiet Köln (links) (Quelle v.l.: Viehoff & Follmann, 2017, S. 239, RMP Stephan Lenzen, ergänzt um Markierung)

Seit der Gründung des Vereins durch sieben Gründungsmitglieder ist der NeuLand e.V. bis 2023 auf rund 60 Mitglieder angewachsen. Die Beetpatenschaften und allgemeines Engagement sind nicht an eine Vereinsmitgliedschaft gekoppelt, weshalb die NeuLand-Gemeinschaft insgesamt mit ca. 90 aktiven Personen deutlich größer ist. Informationsweitergabe und Kommunikation erfolgen durch den Vorstand in monatlichen Plena, über den E-Mail-Newsletter *donnerstagsliste* sowie über verschiedene Messenger Gruppen (Neuland e.V., Persönliche Mitteilung, 29. Juli 2023).

2.2 NeuLand e.V. im Kontext der Urban Gardening Bewegung

Der NeuLand e.V. versteht sich als Gemeinschaftsgarten im Sinne des Urban Gardening, was allgemein die gärtnerische Nutzung städtischer Flächen durch deren Bewohner:innen bezeichnet (isaac editor; Neuland e.V., 2022). Im Unterschied zu den meisten Kleingartenanlagen, Privatgärten oder von der Stadt gepflegten Grünflächen definiert sich Urban Gardening zumeist über einen (politisch) aktivistischen Hintergrund (Kropp, 2012; Leppert, 2009). Die Gründe für die Entstehung als auch die Formen von Urban Gardening sind vielfältig, weshalb der nachfolgende Abschnitt nur als grober Überblick über die Thematik verstanden werden soll. Ausführliche Auseinandersetzungen können z.B. C. Müller (2012a), Kumnig et al. (2017) und Baier (2013) entnommen werden.

Gemeinschaftsgärten wie das NeuLand gehen auf die Entwicklung der Community Gardens Anfang der 1970er Jahre in New York zurück, in denen auch der Ursprung der Urban Gardening Bewegung verankert wird (Schmelzkopf, 2002). Von der Finanzkrise stark betroffene Einwohner:innen „verarmter, infrastrukturell vernachlässigter Stadtteile begannen, brach liegende öffentliche und private Grundstücke aufzuräumen“ (Haide et al., 2012, S. 275) und Gärten für den Obst- und Gemüseanbau anzulegen. Unter der aktivistischen Künstlerinitiative *Green Gorillas* entwickelte sich die Urban Gardening Bewegung zu einer Form des Protests an neoliberaler (Stadt-)Politik und Privatisierung von urbanen Flächen (Kurfürst, 2019; Schmelzkopf, 2002). Zum Ausdruck kam dies durch das sogenannte Guerilla Gardening (meist spontane Begrünungsaktionen an öffentlichen Orten von dezentral organisierten kleinen Gruppen mit wenig Ausstattung) (Haide et al., 2012). Sowohl die Motive als auch die Entstehungsform des NeuLands als spontane Bepflanzaktion können dabei in das ursprüngliche Verständnis der Urban Gardening Bewegung eingeordnet werden.

Über die Zeit und die erfolgreiche Berücksichtigung in der Stadtentwicklung ist der aktivistische Hintergrund des NeuLand e.V. reduziert worden. Diese Entwicklung ist nicht untypisch für die, vorrangig aus Beteiligten der Mittelschicht bestehende, Urban Gardening Bewegung im globalen Norden (Heath & Potter, 2005; Kurfürst, 2019). Hier stehen mittlerweile oft eher Nachhaltigkeit, Verschönerung des Stadtbilds und Rückgewinnung städtischen Raums für die Bewohner:innen im Fokus als der politische Protest (Corlett et al., 2003; Kropp, 2012; C. Müller, 2012b). Im globalen Süden dienen die Formen des Urban Gardening meist zur Ernährungssicherung innerhalb von unzuverlässigen, staatlichen Versorgungssystemen oder ärmeren Bevölkerungsschichten (Hou, 2020; Houn gla et al., 2019; Kurfürst, 2019; Wesselow & Mashele, 2019). Während der politisch-aktivistische Hintergrund des Urban Gardening folglich in Deutschland abnimmt, gewinnt im Gegenzug die inhaltliche Ausrichtung der Gärten an Bedeutung und Vielfalt (C. Müller, 2012b). Aus örtlicher Zugehörigkeit entstehen z.B. Schul-, Stadtteil- oder Kiezgärten, aus ökologischem Fokus werden Wald- oder Permakulturgärten gestaltet oder aus gesellschaftlichen Gründen Frauen- oder interkulturelle Gärten gegründet (C. Müller, 2012b).

Wie die vorangegangenen Abschnitte zeigen, gibt es verschiedene Formen, Entstehungsgründe oder inhaltliche Schwerpunkte der Urban Gardening Bewegung und eine trennscharfe Abgrenzung bzw. Einordnung ist nicht immer möglich. Für die nachfolgende Arbeit wird das Verständnis von Gemeinschaftsgärten zum einen festgelegt „über die gemeinschaftliche Praxis: Sie werden von einer Gruppe von Menschen gemeinsam und freiwillig geschaffen und betrieben.“ (Rosol, 2017, S. 11) Zum anderen werden sie – entsprechend dem vorherrschenden sozioökonomischen und politischen Kontext – **als Orte verstanden, die Städten und Bewohner:innen, Möglichkeiten zur Selbstversorgung und Resilienz gegenüber Krisen bereitstellen** (Hou, 2020; Kurfürst, 2019; C. Müller, 2012a; Simone et al., 2023).

2.3 Der NeuLand-Garten

Da die Zuweisung eines neuen Standorts mit unbefristetem Nutzungsrecht, Ausgangslage dieser Masterarbeit war, wird nachfolgend zum Verständnis des organisatorischen Aufwands für den Umzug und die Dynamik der parallel dazu durchgeführten Arbeit, der alte sowie neue Standort kurz vorgestellt. Eine ausführliche Analyse der Gegebenheiten am neuen Standort ist in Kapitel 5 dieser Arbeit zu finden.

2.3.1 Standort 2011 – September 2023

Seit der spontanen Bepflanzaktion und Gründung des NeuLand e.V. im Jahr 2011 breitete sich der NeuLand-Garten auf einer Fläche von knapp 10.000 m² aus (Neuland e.V., 2022). Alle Bäume und Pflanzen wurden aufgrund der versiegelten Bodenfläche (Altlasten) und der zunächst unklaren Nutzungsdauer, in Hochbeeten oder Pflanzsäcken platziert. Die Pflege erfolgte auf Basis von eingeteilten Individual- und gemeinschaftlich genutzten Allmendebeeten². Neben den gärtnerischen Tätigkeiten kamen über die Zeit Sozialräume mit Sitzgelegenheiten dazu, Aktionsgruppen (AG) wurden gegründet und Netzwerke mit anderen Gemeinschaftsgärten geknüpft. Seit 2016 befindet sich auf dem Gelände ebenfalls der gemeinnütziger Verein faradgang e.V., der gespendete Fahrräder gemeinsam mit bedürftigen Menschen repariert (faradgang e.V., 2023). Ein Hühnerstall kam 2020 ergänzend auf das Gelände (Neuland e.V., 2022). Nach dem Planungsabschluss des städtebaulichen Konzepts der Parkstadt Süd und der sicheren Zusage eines unbefristeten neuen Standorts, erfolgt seit Mitte 2021 der stetige Rück- und Abbau des NeuLand-Gartens durch seine Mitwirkenden. Abbildung 2 zeigt die Gestaltung und Flächennutzung vor Start des Rückbaus.

² Abgeleitet von dem Begriff der urban commons im Verständnis von Allgemeingütern nach Viehoff und Follmann (2017)



Abbildung 2 Skizzierte Flächennutzung am alten NeuLand-Standort (eigene Darstellung)

2.3.2 Neuer Standort ab September 2023

Der neue Standort befindet sich ca. 200 m Luftlinie vom alten Standort entfernt und entspricht rund einem Drittel der ursprünglichen Fläche. Der Bezug des Geländes erfolgt dabei in zwei Schritten. Ab September 2023 kann der neue Standort in Teilen bezogen werden, die vollumfängliche Nutzung wird erst nach Abriss der noch bestehenden Lagerhalle möglich (Neuland e.V., 2022). **Abbildung 3 zeigt die vorläufige und endgültige Fläche am neuen NeuLand-Standort.** Eine detaillierte Analyse der klimatischen Gegebenheiten, Bodenbeschaffenheit und geplanten Flächennutzung ist der Standortanalyse in Kapitel 5 zu entnehmen.

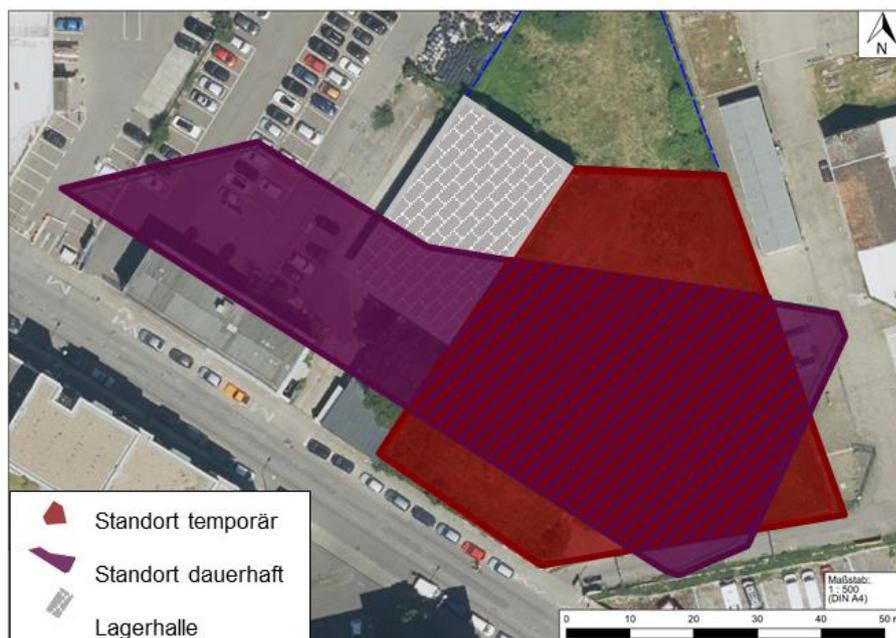


Abbildung 3 Temporäre und endgültige Geländegrenzen am neuen Standort (Quelle: Neuland e.V., ergänzt)

3 State of the Art

In diesem Kapitel erfolgt die Definition des Begriffs Klimaresilienz und des für die Arbeit zugrunde gelegten Verständnisses in Bezug auf die Wassernutzung. Weiterhin wird der wissenschaftliche Hintergrund mit Bezug zum Untersuchungsgegenstand der Arbeit vorgestellt.

3.1 Definition der klimaresilienten Wassernutzung

Der Begriff der Klimaresilienz wird (inter-)national weitgehend einheitlich definiert. **Klimaresilienz bezieht sich im Allgemeinen auf zwei Aspekte, die Widerstandskraft gegenüber den Klimawandelfolgen und die Anpassungsfähigkeit an ebendiese** (Pörtner et al., 2023b; Riechel & Wiemer, 2022). Die Widerstandskraft umfasst dabei die Verringerung der Vulnerabilität der betroffenen Systeme (Gesellschaft, Ökosystem, Wirtschaft etc.) gegenüber den negativen Auswirkungen des Klimawandels, die Abmilderung dieser Auswirkungen sowie die Fähigkeit, sich von ihnen zu erholen (Deutscher Wetterdienst [DWD], 2023e; Henninger & Albert, 2021). Im Zuge der Anpassungsfähigkeit soll dabei nicht in den vorherigen Zustand zurückgekehrt werden, sondern Städte und Gesellschaften „lernen aus den Ereignissen und Beeinträchtigungen durch kurz- und mittelfristige Anpassungen und ziehen daraus Konsequenzen im Zuge langfristiger Transformationsprozesse“ (Pörtner et al., 2023b; Riechel & Wiemer, 2022, S. 6). Unter die für die Arbeit relevante Wassernutzung fällt dabei zum einen die Wasserentnahme und Verwendung öffentlichen Trinkwassers und zum anderen die Nutzung natürlicher Wasserressourcen (Grundwasser, Regenwasser) (BMUV, 2017; Henninger & Albert, 2021).

Die begriffliche Verwendung der klimaresilienten Wassernutzung ist im wissenschaftlichen Diskurs nicht eindeutig definiert. Inhaltlich konkludente Übereinstimmung finden sich jedoch bei Veröffentlichungen zu nachhaltigem bzw. integriertem Wasser(ressourcen)management (BMUV, 2017; Henninger & Albert, 2021; Kramer et al., 2021; Strassberg & Lancaster, 2011; Wollner, 2019) oder Wassereffizienz (Chwolka, 2020; Orlina & Schaldach, 2018). Eng an die Definition von Klimaresilienz angelehnt, sollen dabei in Bezug auf die Wassernutzung natürliche oder technische Systeme klimatischen Veränderungen (Zunahme von Extremwetterereignissen, Temperaturanstieg etc.) standhalten bzw. dahingehend angepasst werden (Kramer et al., 2021; Wollner, 2019). Im weiteren Sinne bewerten die Veröffentlichungen eine Wassernutzung dann als nachhaltig bzw. klimaresilient, wenn sie „die Bedürfnisse von Ökosystemen und Menschen ausgleicht“ (Kramer et al., 2021, S. 3), den natürlichen Wasserhaushalt schützt und eine „schonende Inanspruchnahme der natürlichen Ressourcen“ gewährleistet (BMUV, 2017, S. 17; Pörtner et al., 2023b; Simlat, 2018). Im Verständnis der Nationalen Wasserstrategie soll dabei auch das Integrationsprinzip Anwendung finden (BMUV, 2023a, S. 11). Dieses adressiert den Umweltschutz in seiner Gesamtheit, in dem es „den Blick auf alle Belastungspfade und alle zu schützende Umweltmedien [lenkt]“ (Kloepfer, 2012, S. 6) auch außerhalb des Wassersektors (Wollner, 2019).

3.2 Angewandte Definition für den Untersuchungsraum

Eine Zusammenführung der genannten Definitionen mit der Forschungsfrage der Arbeit bietet der Ansatz von Simlat (2018). Diese sieht die Ziele einer nachhaltigen Wassernutzung im urbanen Raum vor allem durch Reduktion des (Trink-)Wasserverbrauchs, gefolgt von der Wiederverwendung und dem Recycling als kleinster Anteil, erfüllt. Unter Wiederverwendung fällt die Nutzung von bereits einfach oder mehrfach genutztem (Ab-)Wasser ohne bzw. mit geringer Aufbereitung (Feldmann et al., 2023; Simlat, 2018). Darunter fällt im Verständnis der Arbeit das, alltagssprachlich als Grau- oder Brauchwasser³ bezeichnete, häusliche Abwasser ohne Fäkalstoffe (Deutsches Institut für Normung [DIN], 2016; Heinrichs et al., 2016). Mit Recycling ist die chemische oder biologische Aufbereitung von Abwasser in Kläranlagen, um dieses als Trinkwasser wieder dem Wasserkreislauf zuzuführen, gemeint (BMUV, 2017; Simlat, 2018) (s. Abbildung 4).



Abbildung 4 Hierarchie der nachhaltigen Wassernutzung im urbanen Raum nach Simlat (2018, S. 14)

Simlats Einordnung basiert dabei auf den Ergebnissen von Eslamian (2016), welcher sich umfassend mit dem internationalen Stand der Technik und Entwicklung im Bereich der Wassernutzung in Städten auseinandersetzt. Gleichzeitig lässt sich die Einteilung Simlats auch in anderen Veröffentlichungen wiederfinden (BMUV, 2023a; Feldmann et al., 2023; Orlina & Schaldach, 2018). Für den betrachteten Untersuchungsraum erscheint Simlats Ansatz in Anlehnung klimaresilienter Wassernutzung geeignet, da sie verständlich ist und zugleich eine Priorisierung für den Untersuchungsraum abgeleitet werden kann. Die primär anzustrebende Reduktion des Wasserverbrauchs z.B. für die Bewässerung erfüllt die meisten o.g. Ansätze klimaresilienter Wassernutzung und kann durch Wiederverwendung von häuslichem Abwasser ergänzt werden. Die Sammlung und Nutzung von Regenwasser⁴ stellen im o.g. Verständnis keine Wiederverwendung dar, da dieses nur einmal genutzt wird (z.B. zur Bewässerung). Weiterhin ist Recycling im Verständnis von (chemischer, biologischer) Aufbereitung von Ab- in Trinkwasser für den Standort nicht relevant. Durch Reduzierung von Abwasser am Standort können jedoch ausgelagerte Prozesse wie die stromintensive Abwasserbehandlung im Sinne des Integrationsprinzips verringert werden.

³ Die Begriffe Grau- und Brauchwasser werden in der nachfolgenden Arbeit synonym verwendet.

⁴ Der Autorin ist der Unterschied zwischen Regenwasser (atmosphärischer Niederschlag) und Niederschlagswasser (Regenwasser, das über (Dach)Flächen abfließt) gemäß DIN 1986-100 und § 54 Wasserhaushaltsgesetz (WHG) bewusst, verzichtet aber im Verständnis des allgemeinen Sprachgebrauchs auf eine Unterscheidung in der nachfolgenden Arbeit.

Für die Arbeit wird die Wassernutzung als klimaresilient definiert, wenn identifizierte Maßnahmen den Wasserverbrauch im NeuLand-Garten reduzieren, eine Wiederverwendung von Wasserressourcen ermöglichen oder ausgelagerte Recyclingprozesse vermeiden. Die Maßnahmen müssen dabei weiterhin eine Widerstands- und Anpassungsfähigkeit gegenüber den Klimawandelfolgen aufweisen.

3.3 Wissenschaftlicher Hintergrund

Wie bereits in der Einleitung gezeigt, betreffen die Auswirkungen des Klimawandels den natürlichen Wasserkreislauf und damit alle natürlichen Ökosysteme und gesellschaftlichen Sektoren auf globaler Ebene. Für die Arbeit wird sich dabei wie in Abschnitt 1.1 erläutert, auf die Bereiche Landwirtschaft, Privathaushalte und städtische Wasserwirtschaft als abstrahierte Schnittstellen von urbanen Gemeinschaftsgärten bezogen (s. Abbildung 5). Ebenfalls erfolgt eine Eingrenzung im Sinne des Untersuchungsgegenstands auf Möglichkeiten der Wasserreduktion, Regenwassernutzung und Wiederverwendung.

Übertragbare Ansätze aus der Landwirtschaft

Je nach betrachtetem Sektor fokussieren die Empfehlungen zur klimaresilienten Wassernutzung unterschiedliche Aspekte. In der Landwirtschaft werden im Spannungsfeld zum steigenden Ernährungsbedarf der wachsenden Weltbevölkerung u.a. technologische, verwaltungstechnische und sozioökonomische Maßnahmen untersucht, die darauf abzielen, den Wasserbedarf in der Landwirtschaft zu optimieren und nachhaltiger zu gestalten (Orlina & Schaldach, 2018). Ansätze zur Nutzung von Regenwasser werden dabei diskutiert, jedoch eher als Ergänzung statt als Substitutionsmöglichkeit (Orlina & Schaldach, 2018; Vohland & Barry, 2009). Der Fokus liegt deshalb verstärkt auf einem funktionierenden Bewässerungsmanagement mittels technischer Systeme (z.B. Beregnen, Tröpfchenbewässerung) mit optimaler Steuerung von Zeit und Bewässerungsmenge (Chen et al., 2023; Orlina & Schaldach, 2018; Singh et al., 2022). Diesem wird eine effektive Reduzierung des Wasserverbrauchs sowie eine Risikominimierung von Bodendürren und Klimawandelfolgen zugesprochen (Orlina & Schaldach, 2018; Pörtner et al., 2023b). Auch mit Strategien der Defizitbewässerung, bei der die Pflanzen auf eine reduzierte Wasserzufuhr mit wassereffiziente Anpassungsmaßnahmen reagieren, werden Einsparpotenziale in der Landwirtschaft untersucht (Chaves & Oliveira, 2004; Yactayo et al., 2013). Eine andere Herangehensweise zielt auf geänderte Anbausysteme ab, wie z.B. ökologische Landwirtschaft oder Permakulturbetriebe, in denen Ökosysteme nachgeahmt bzw. erhalten werden sollen (Morel et al., 2019; Opielka & Peter, 2021). Agroforst- und Waldgartensysteme sind dabei Beispiele, die sich auf die kombinierte Anbauweise mit Bäumen fokussieren (Chwolka, 2020; Quandt et al., 2023). Diesen Anbausystemen wird eine positive Wirkung auf die natürlichen Bodenfunktionen zugesprochen, was den Bedarf an Zusatzbewässerung reduzieren kann (Chwolka, 2020; Orlina & Schaldach, 2018; Quandt et al., 2023).

Übertragbare Ansätze aus der Siedlungswasserwirtschaft

Erfolgt eine Betrachtung der kommunalen Wasserwirtschaft, liegt der Handlungsschwerpunkte auf dem gesetzlichen Auftrag zur Sicherstellung der Trinkwasserver- und Abwasserentsorgung (BMUV, 2017). In Bezug auf die Klimawandelfolgen verstärken sich in den letzten Jahren die Bemühungen der Stadtverwaltungen und Entwässerungsbetriebe im Umgang mit Starkregenereignissen und Reduktion von Wärmeinseleffekten (Riechel & Wiemer, 2022; Stadtentwässerungsbetriebe Köln [StEB], 2018). Hier adressieren (inter-)nationale Ansätze vor allem die „Schaffung dezentraler Puffer- und Speicherräume (Rückhaltebecken, straßenbegleitende Tiefbeete, Versickerungsmulden, etc.) zum Rückhalt des Oberflächenabflusses bei Starkregenereignissen“ (Henninger & Albert, 2021, S. 1041) im Sinne sogenannter Schwammstädte (Eslamian, 2016; Pitha et al., 2023). Obwohl ebenfalls Privathaushalte zur Entsiegelung von Vorgärten und Stellplätzen angehalten werden, sind die Maßnahmen verstärkt auf Ebene der Städte(planer:innen) verortet (Kramer et al., 2021; Simlat, 2018; StEB, 2018). Für die Arbeit übertragbare Ansätze ergeben sich vorrangig durch Maßnahmen der eng mit Schwammstädten verbundenen, dezentralen Regenwasserbewirtschaftung (BMUV, 2017; Pitha et al., 2023; Schramm et al., 2023). Diese zielt auf ortsnahe „Lösungen zur Versickerung, Verdunstung, Nutzung sowie zur Speicherung und gedrosselten Ableitung von Regenwasser“ (Henninger & Albert, 2021; Ludwig et al., 2021; StEB, 2018, S. 11). Die Vorgehensweise (Entsiegelung, Retentionsdächer bzw. -flächen etc.) ist dabei oft direkt verknüpft mit dem Ausbau von Grünflächen und Stadtbäumen (Stadtgrün) sowie städtischer Gewässerflächen (Stadtblau) zur Schaffung von Verdunstungskühle (Pitha et al., 2023; Riechel & Wiemer, 2022; Schramm et al., 2023). Durch den zunehmenden Mehrbedarf an Wasser zur Bewässerung des Stadtgrüns, nehmen Forschungen zur Nutzung alternativer Wasserressourcen wie Regen- und Abwasser statt wertvollem Trinkwasser zu (Ludwig et al., 2021; Prenner et al., 2023; Schramm et al., 2023). Dennoch findet die geforderte Intensivierung der Nutzung von (Ab-)Wasserressourcen im deutschsprachigen Raum bisher noch wenig Anwendung (Ludwig et al., 2021; Prenner et al., 2023; Schramm et al., 2023). Als Gründe führen die Autor:innen sowohl rechtliche und organisatorische Hürden sowie Vorbehalte innerhalb der Bevölkerung und Akteur:innen an (Qualität, Geruchsbelästigung).

Übertragbare Ansätze aus Privathaushalten

Für Privathaushalte beschränken sich die Ansätze klimaresilienter Wassernutzung neben den o.g. Empfehlungen zur Entsiegelung, auf die Sammlung von Regenwasser über Dachflächen zur Gartenbewässerung und Sparmaßnahmen beim (Warm-)Wasserverbrauch (Baumgarten & Chorus, 2014; Stadtentwässerungsbetriebe Köln, AöR [StEB Köln], 2023). Auch kommen im deutschsprachigen Raum vereinzelt technische Anlagen zur Regen- oder Grauwassernutzung für Toilettenspülungen, Waschmaschinen oder Bewässerungszecken zum Einsatz; dies stellt jedoch noch kein Standard dar (Ludwig et al., 2021; Prenner et al., 2023). Die Veröffentlichungen von Filali et al. (2022) und Kruse (2015) lassen verstärkte Bemühungen eher im internationalen Raum erkennen. Dort ist die Verwendung von Grauwasser zur Bewässerung privater Gärten schon etablierter bzw. sogar vereinzelt von Städten gefordert (Strassberg & Lancaster, 2011). Aber vor

allein die Nutzung von Regenwasser in Form von Rain Gardens / Rainwater Harvesting Systems (RWHS) findet Anwendung (Pacheco & Alves, 2023; Palla & Gnecco, 2022; Souto et al., 2023). Dabei versuchen sowohl Städte als auch Privathaushalte durch sinnvolle Oberflächengestaltung (z.B. Swails, Mulden, Gefällebildung), Zu- und Abläufe von (Stark-)Niederschlägen in bewachsene Beete, Grünflächen oder technische Speicher zu leiten (Strassberg & Lancaster, 2011). Dadurch soll zum einen das Starkregenmanagement im vergleichbaren Ansatz zu dem Prinzip der Schwammstädte verbessert werden (Henninger & Albert, 2021). Zum anderen wird der zusätzliche Bewässerungsbedarf privater Gärten und Grünflächen reduziert (Strassberg & Lancaster, 2011). In (semi-)ariden oder Gebieten mit starken Niederschlagsschwankungen im Jahresverlauf (Regenzeiten) kann ein verbreiteter Einsatz auch in der Landwirtschaft beobachtet werden; umfangreiche Forschung zur Wirksamkeit stehen hierbei noch aus (Lancaster, 2019; Srinivasarao et al., 2023; Vohland & Barry, 2009). Innerhalb von Städten bestätigt der wissenschaftliche Diskurs hingegen vor allem die Vorteile von Rain Gardens / RWHS hinsichtlich ihrer Umweltverträglichkeit und dem Beitrag zur Reduzierung des Trinkwasserverbrauchs für Bewässerungszwecke (Pacheco & Alves, 2023; Palla & Gnecco, 2022). Ihre Rolle zur Verringerung von Abflussspitzen im Kontext des Starkregenmanagements wird jedoch als eher gering bewertet und Nachweise zur Wirksamkeit variieren je nach Betrachtungsraum und Speichergröße (Pacheco & Alves, 2023; Souto et al., 2023)

Schnittstelle Gemeinschaftsgärten

Zusammenfassend zeigen sich für die Arbeit aus den drei betrachteten Bereichen, übertragbare Ansätze auf den Untersuchungsraum (s. Abbildung 5).

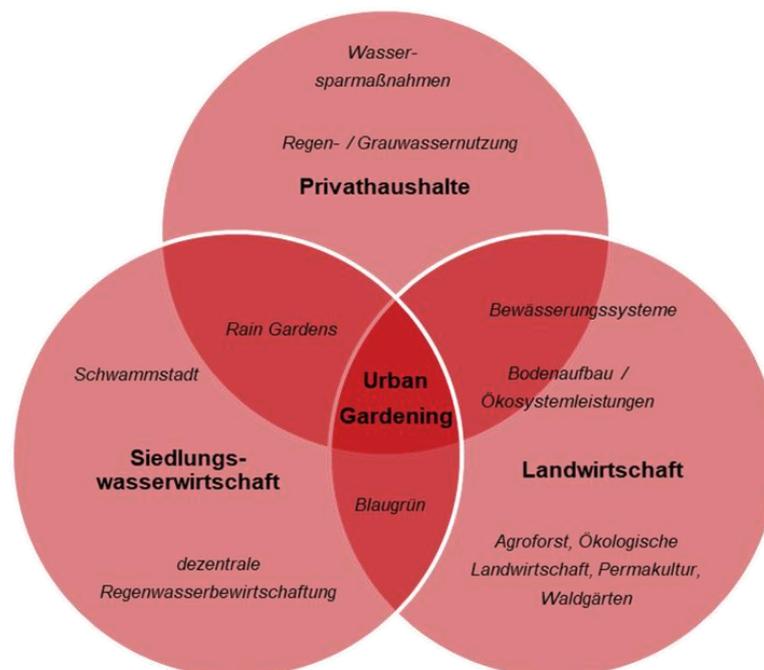


Abbildung 5 Übertragbare Ansätze aus Landwirtschaft, Privathaushalten und Siedlungswasserwirtschaft (eigene Darstellung)

Dass Gemeinschaftsgärten in dieser Arbeit als Schnittstelle betrachtet werden, liegt vor allem daran, dass sich der wissenschaftliche Diskurs eher auf sozioökonomische

Einflüsse von Gemeinschaftsgärten oder deren Beitrag zur Ernährungssicherheit beschränkt (vgl. Abschnitt 2.2). Ihnen wird zwar ein hoher Stellenwert als praktische Lernräume zur Umweltbildung zugeschrieben, was beispielsweise Klimagärten fokussieren (Jahnke et al.). Ebenfalls nimmt die Wasserversorgung eine zentrale Rolle innerhalb der Urban Gardening Netzwerke ein und ressourcensparende Ansätze werden umfänglich diskutiert (Croy, 2018; R. Müller, 2021; Schädler, 2023). Die Umsetzung erfolgt jedoch bisher vorrangig in Form von Einzellösungen in den verschiedenen Gärten. Die Arbeit möchte damit weniger eine Forschungslücke hinsichtlich klimaresilienter Wassernutzungsmöglichkeiten im Allgemeinen schließen – hier zeigen die (inter-)nationalen Ansätze aus Privathaushalten, Siedlungswasser- und Landwirtschaft ausreichend Potenziale auf. Der Schwerpunkt der Arbeit liegt darauf, die identifizierten Möglichkeiten aus anderen Sektoren und Gemeinschaftsgärten auf die Standortbedingungen des NeuLand e.V. zu übertragen und in einem konkreten Konzept zur klimaresilienten Wassernutzung zusammenzuführen. Dieses Konzept eignet sich zudem zur Anwendung in anderen (Gemeinschafts-)Gärten. Es reduziert den Rechercheaufwand bzw. die Einzellösungen und soll dazu beitragen, die Potenziale von Urban Gardening Vereinen zur Umweltbildung verstärkt ausschöpfen zu können.

4 Methodik

Die zur Beantwortung der (Unter-)Forschungsfragen angewandten Methoden werden im nachfolgenden Kapitel vorgestellt und können grob in die drei Bereiche der Wissensgenerierung, Partizipation, Analyse & Konzept gegliedert werden (s. Abbildung 6). Weiterhin geht das Kapitel kurz auf die erhobenen Daten und deren Qualität ein.

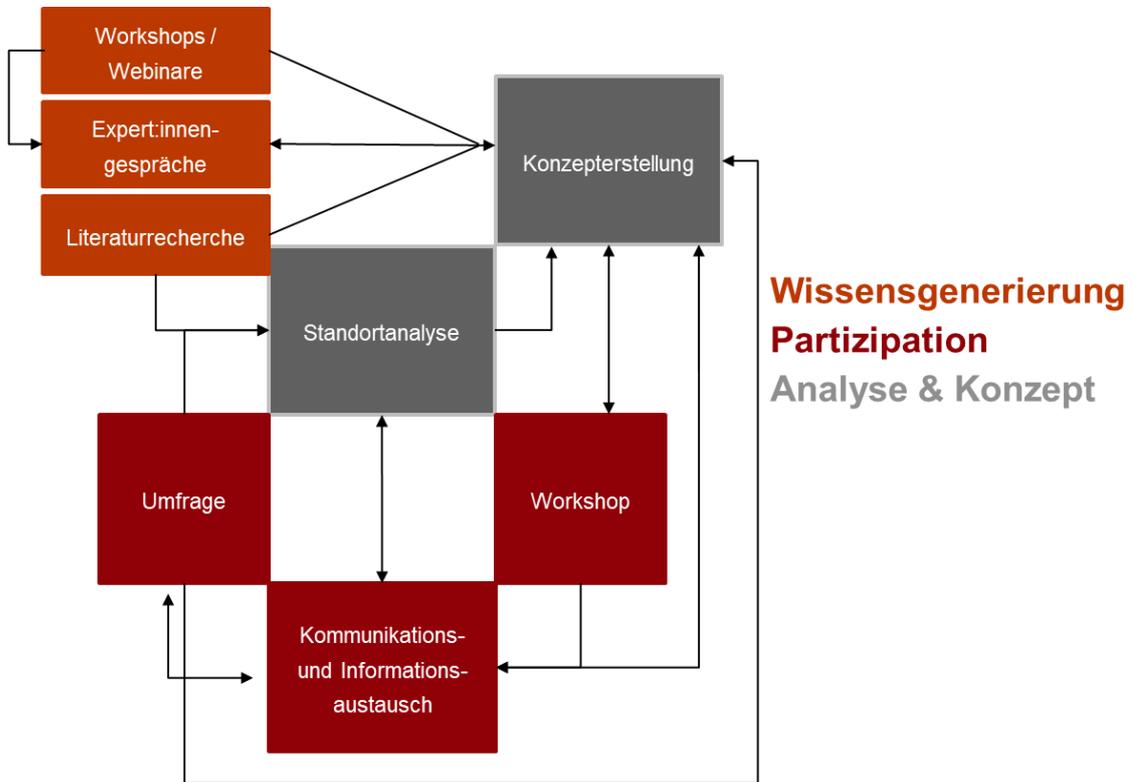


Abbildung 6 Methodisches Vorgehen (eigene Darstellung)

Wie die Abbildung zeigt, wurde für die Arbeit ein Methoden-Mix angewandt, der ingenieurwissenschaftliche Methoden mit Ansätzen aus der qualitativen Sozialforschung verbindet und in einen partizipativen Mitbestimmungs- und Entscheidungsprozess eingliedert. Damit wird nicht nur der im State of the Art (Kapitel 3) bereits aufgezeigten Interdisziplinarität – folglich der Zusammenführung von disziplinenübergreifenden Ansätzen, die aus dem breiten Untersuchungsgegenstand resultieren – Rechnung getragen (Jaeger & Scheringer, 1998). Viel mehr entspricht das methodische Vorgehen dem Ansatz der Transdisziplinarität. Das zugrundeliegende Verständnis transdisziplinärer Forschung als gesellschafts- bzw. lebensweltorientiertem Forschungs- und Wissenschaftsprinzip, das Fach- und Praxiswissen für Probleme außerwissenschaftlicher Herkunft (z.B. Umwelt- Energie-, Gesundheitsprobleme) vereint, eignete sich für den Untersuchungsgegenstand der Arbeit (Jaeger & Scheringer, 1998; Mittelstraß, 2005; Vilsmaier, 2021). Das in der Wissenschaft zunehmend etablierte Verfahren wurde durch die Rolle der Autorin als Mitglied der Zielgruppe des NeuLand e.V. verstärkt (Mittelstraß, 2005; Vilsmaier, 2021).

4.1 Wissensgenerierung

Die Informationsbasis zur Bearbeitung erfolgte vorrangig mittels themengeleiteter Literaturrecherche, Teilnahme an Webinaren und Workshops sowie der Durchführung von qualitativen Interviews. Ergänzend flossen die Erkenntnisse aus dem Partizipationsprozess mit ein.

4.1.1 Literaturrecherche

Abgeleitet aus dem für diese Arbeit zugrunde gelegten Forschungsinteresse wurde eine themengeleitete, nicht-systematische Literaturrecherche durchgeführt. Um die grundsätzlich mit der themengeleiteten Literaturrecherche verknüpften Unsicherheiten zu reduzieren und einen gewissen Grad an Systematik zu gewährleisten, lag der Fokus auf Meta-Analysen bzw. Übersichtsarbeiten (Hirt & Nordhausen, 2022).

4.1.2 Workshops / Webinare

Weiterhin wurde das umfangreiche Angebot von Workshops und Webinaren aus dem Urban Gardening Bereich wahrgenommen. Die Teilnahme erfolgte dabei nicht nur zur Informationsgewinnung, sondern gewährte bereits einen Einblick in die aktuellen Themenschwerpunkte innerhalb der Gartengemeinschaften.

4.1.3 Expert:inneninterviews

Aufbauend auf den Erkenntnissen aus Literatur, Webinaren und Workshops vertieften qualitative, leitfadengestützte Expert:inneninterviews die Informationsgewinnung für die Arbeit. Sie dienen u.a. dazu, spezifisches Praxis- und Erfahrungswissen sowie Handlungsstrategien der Befragten zu erheben (Bogner et al., 2014). Für das Ziel, Gemeinschaftsgärten bzw. Personen mit Bezug zum Urban Gardening hinsichtlich ihrer Erfahrungen mit der Bewässerung innerhalb ihrer Gärten zu befragen, um verschiedenen Systeme und übertragbare Best Practice Beispiele für den Untersuchungsraum im Sinne der ersten Unterforschungsfrage zu identifizieren, wies die Methodik eine hohe Eignung auf. Im Gegenzug wurde durch die Erfassung von Einzelfällen keine Repräsentativität der Ergebnisse erreicht (Mattissek et al., 2013). Aufgrund des Vorgehens bei der Auswahl der Interviewten – diese erfolgte auf telefonischer Empfehlung einer Mitarbeiterin der Gemeinschaftsgartenplattform anstiftung e.V – zeichneten sich die Gärten bzw. Personen durch besondere Maßnahmen und Expertise im Kontext der klimaresilienten Wassernutzung aus. Sie waren dem Netzwerk bereits aufgrund von z.B. besonderen Bewässerungslösungen bekannt. Dies ist im Sinne des Untersuchungsgegenstands der Arbeit positiv zu bewerten, ließ damit jedoch zusätzlich zur fehlenden Repräsentativität keinen Rückschluss auf die Situation in anderen Gemeinschaftsgärten zu.

Für die Durchführung qualitativer Interviews wird in der Regel eine Teilstrukturierung mithilfe eines Leitfadens empfohlen (Bogner et al., 2014; Dresing & Pehl, 2011). Für die Arbeit wurde dieser gemäß den methodentheoretischen Überlegungen von Bogner et al. (2014) und Gläser und Laudel (2012) entwickelt. Bei der Strukturierungsstärke des Leitfadens wurde darauf geachtet, eine Balance zu finden, die Antwort- und

Meinungsoffenheit der Interviewten nicht einzuschränken und dennoch eine Eingrenzung auf die thematisch relevanten Aspekte zu ermöglichen (Helfferrich, 2014).

Der Leitfaden ist im Anhang zu finden und enthielt im Sinne des Untersuchungsgegenstands der Arbeit folgende Befragungsschwerpunkte:

1. **Ist-Stand Bewässerung:** Die Befragten beschreiben die Rahmenbedingungen des Gemeinschaftsgartens und die vorhandenen Bewässerungsstrukturen.
2. **Erfahrungen:** Die Gesprächspartner:innen teilen ihre Erfahrungen mit den installierten Bewässerungssystemen mit.
3. **Kriterienwissen:** Von den Interviewten werden Detailinformationen (Kosten, Aufwand, Klimaresilienz) zu den einzelnen Systemen abgefragt.
4. **Interessenskonflikte:** Reaktionen der Gartengemeinschaft auf Bewässerungslösungen bzw. mögliche Interessenskonflikte werden ermittelt.

Das dargelegte Ziel der Gespräche sowie der entsprechend entwickelte Leitfaden adressierten folglich vorrangig die erste Unterforschungsfrage (Identifizierung von umsetzbaren Maßnahmen zur Wasserreduktion, -speicherung und -wiederverwendung). Dennoch sollten die Gespräche am Rande auch auf potenzielle Interessenskonflikte aufmerksam machen, die im Zusammenhang mit der Umsetzung neuer Bewässerungsansätze in Gemeinschaftsgärten entstehen können. Dafür erfolgte ebenfalls die Abfrage, wie die Reaktion der Gartengemeinschaft (positive, negative) wahrgenommen wurde, ob es Konfliktpotenziale gab oder sonstige Interessenskonflikte im Gemeinschaftsgarten bestehen. Das abgefragte Kriterienwissen zielte zusammen mit den Ergebnissen der Online-Umfrage auf die Informationsgewinnung zur Bewertung der Umsetzbarkeit im Rahmen einer Nutzwertanalyse ab. Diese wurde im Laufe der Arbeit jedoch verworfen.

Insgesamt wurden acht Interviews (fünf Gemeinschaftsgärten, ein Agrarbetrieb, ein Umwelt- und ein Gartenbauingenieur) in unterschiedlichen Formaten (online, Präsenz, telefonisch) und variierender Dauer durchgeführt und in Form verkürzender Protokolle verschriftlicht.

Die Auswertung der Interviews erfolgte mittels qualitativer Inhaltsanalyse. Sie zielt darauf ab, die Informationsfülle des Ursprungstextes zu reduzieren und hinsichtlich des Untersuchungsziels mithilfe von Kategorien zu strukturieren (Gläser & Laudel, 2012; Pickel et al., 2009). Für die Arbeit wurde sich an dem Vorgehen nach Gläser und Laudel (2010) orientiert. Alternative Vorgehensweisen wie bei der Grounded Theory oder bei Mayring (1999) wurde für die Arbeit als weniger geeignet bewertet (Bogner et al., 2014; Flick et al., 1995; Gläser & Laudel, 2012). Diese sehr stark strukturierten und textanalytischen Auswertungsmethoden dienen eher theoriegeleiteten Forschungsfragen und zielen z.B. auf Generalisierung oder Quantifizierbarkeit der Interviewerkenntnisse ab (Pickel et al., 2009). Für das praxisorientierte Untersuchungsziel der Arbeit und im Sinne des transdisziplinären Ansatzes, welcher durchaus Abweichungen von Methodenzwängen erlaubt, wurde eine vereinfachte Version der qualitativen Inhaltsanalyse gewählt (s. Abbildung 7) (Bogner et al., 2014; Jaeger & Scheringer, 1998). Weiterhin stützte sich die

Arbeit nicht ausschließlich auf die Ergebnisse der Interviews und das abweichende Vorgehen gestaltete sich mittels Kategoriebildung (deduktiv und induktiv) immer noch regelgeleitet unter Wahrung des methodologischen Prinzips der Offenheit (Bogner et al., 2014). Das Categoriesystem ist dem Anhang zu entnehmen.

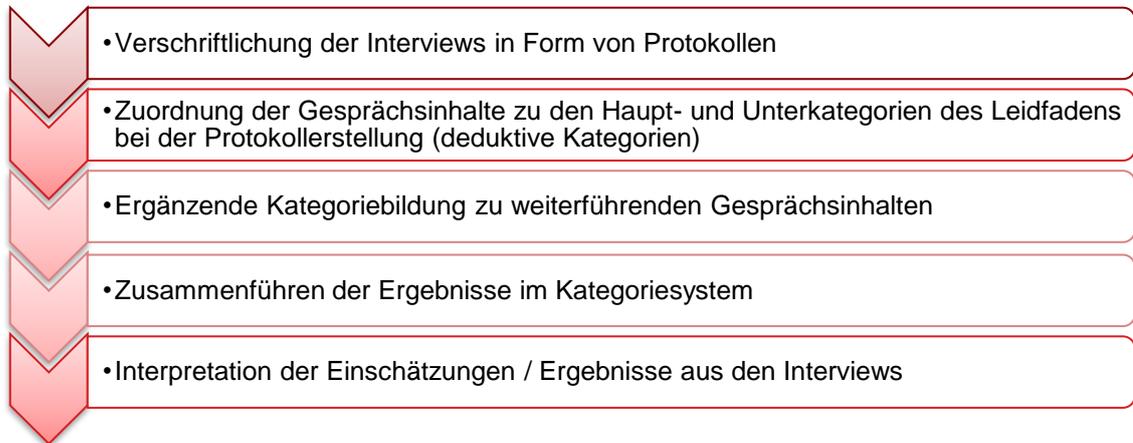


Abbildung 7 Einzelne Auswertungsschritte der qualitativen Inhaltsanalyse (Quelle: eigene Darstellung)

4.2 Partizipation

Wie bereits in Abschnitt 1.1 beschrieben wurde sich aufgrund des hohen Praxisbezugs der Arbeit und der Zusammenarbeit mit dem Gemeinschaftsgarten NeuLand e.V. für ein partizipatives Vorgehen entschieden. Neben einem kontinuierlichen Kommunikations- und Informationsaustausch erfolgte die Einbindung der NeuLand-Gemeinschaft durch gängige partizipative Verfahren wie einer Umfrage und einem Workshop (Grothmann et al., 2021; Ludwig et al., 2021).

4.2.1 Umfrage

Die Erfassung der Zielvorstellungen der NeuLand-Gemeinschaft war einer der wichtigsten Bestandteile zur Erstellung des Wassernutzungskonzepts im Sinne des Hauptuntersuchungsziels der Arbeit. Dem Verständnis über die Wünsche und Prioritäten der Zielgruppe wird auch eine zentrale Rolle für die Teilnahme am vorgesehenen Partizipationsprozess zugeschrieben (Grothmann et al., 2021). Weiterhin konnten so auch potenziellen Interessenskonflikten im Rahmen der zweiten Unterforschungsgruppe schon bei der Erstellung des Konzepts entgegengewirkt werden. Die dafür benötigten Informationen können z.B. bei Spaziergängen, Umfragen, Workshops oder Zukunftswerkstätten erhoben werden (Grothmann et al., 2021; Ludwig et al., 2021). Für die Arbeit wurde sich für eine Online-Befragung als einfaches Tool zur Erreichung einer hohen Anzahl an Personen aus der NeuLand-Gemeinschaft entschieden (Callegaro et al., 2015).

Die Gestaltung der Online-Umfrage orientierte sich vorrangig an den methodischen Empfehlungen von Jacob et al. (2013) und Callegaro et al. (2015). Als Befragungstool wurde die Plattform *soSci-survey* ausgewählt, da diese mit einem hohen Datenschutzstandard überzeugte und im Rahmen von wissenschaftlichen Projekten, Umfragefeatures in großem Umfang kostenlos nutzbar sind. Die Erstellung des Fragenkatalogs

stützte sich auf die Vorgaben von Jacob et al. (2013, S. 121–129) und die Operationalisierung auf Grunwald und Hempelmann (2012). Die Umfrage kann dem Anhang entnommen werden und unterteilte sich neben Einstiegsfrage, Erklärungstexten, soziodemographischen Angaben und Schlussbemerkungen in die folgenden drei Rubriken:

1. **Motivation:** Hier sollten die Teilnehmenden eine mit Spaß verbundene Aktivität im NeuLand-Garten angeben und Rahmenbedingungen dazu beschreiben (Anzahl Helfende, Dauer, intrinsische Motivation etc.).
2. **Wassernutzung:** Die Teilnehmenden wurden zu ihrer persönlichen Auseinandersetzung mit nachhaltigen Wassernutzungsmöglichkeiten im privaten bzw. beruflichen Kontext sowie wahrgenommenen Ansätze dazu auf dem bisherigen NeuLand-Standort befragt. Ebenfalls sollte die Wunschvorstellung in Bezug auf die Wassernutzung am neuen Standort angegeben werden. Voraussetzungen für eine potenzielle Beteiligung bei der Projektumsetzung erfolgte durch die Abfrage persönlich relevanter Kriterien und deren Gewichtung.
3. **NeuLand-Aktivität:** Diese Rubrik enthielt Fragen zur Beschreibung des Aktivitätslevels innerhalb des NeuLand-Gartens u.a. Beginn und Umfang des persönlichen Engagements im NeuLand, Vereinsmitgliedschaft oder die Bereitschaft, am neuen Standort wieder mitzuwirken.

Gemäß wissenschaftlichem Standard wurde der Fragebogen in einem mehrstufigen Pretestverfahren angepasst. Ziel des Verfahrens war die Qualitätsverbesserung des Fragebogens, indem Verständnisprobleme, unzureichende Antwortvorgaben und technische Probleme aufgedeckt sowie Antwortbereitschaften und Umfragedauer getestet werden (Callegaro et al., 2015; Grunwald & Hempelmann, 2012, S. 66). Neben einfachen Standardpretests wurde sich zudem für das Verfahren der Fokusgruppe entschieden, bei dem die Teilnehmenden zu ihren Eindrücken hinsichtlich Inhalt, Ansicht, Verständnis und verwendetem Scoring befragt wurden (Callegaro et al., 2015; Jacob et al., 2013; Prüfer & Rexroth, 1996).

Die Verteilung des Fragebogens erfolgte über den offiziellen Newsletter-Verteiler des Vereins mit 311 registrierten E-Mail-Adressen sowie über die Gruppe in einem Messenger mit 106 Personen. Innerhalb einer Laufzeit von vier Wochen wurden je Medium jeweils eine Erinnerungsnachricht nach 2 bzw. 3 Wochen verschickt, zur Reduzierung der non-response-rate (Callegaro et al., 2015). Insgesamt lieferte die Umfrage 24 verwertbare Fälle von insgesamt 38 Teilnehmer:innen. Gründe für die geringe Rücklaufquote konnten nicht identifiziert werden. Aufgrund der nicht repräsentativen Stichprobe und dem Forschungsziel der Umfrage waren von Beginn an keine umfangreichen Datenauswertungen geplant. Es erfolgte eine Auswertung der Fragen mittels deskriptiver Statistik im Programm IBM SPSS Statistic in Anlehnung an Field (2018). Die geringe Anzahl an auszuwertenden Fällen erleichterte die Sichtung der offenen Texteingaben und ermöglichte eine vollständige Berücksichtigung jeder Antwort in der Arbeit. Die Ergebnisse der Umfrage sind in Kapitel 6 zu finden.

4.2.2 Workshop

Um die Ergebnisse der Arbeit innerhalb der Neuland-Gemeinschaft (Zielgruppe) vorstellen und mit dieser diskutieren zu können, wurde ein Workshop gegen Ende der Bearbeitungszeit organisiert. Darin wurde das entwickelte Konzept zur Wassernutzung am neuen Standort vorgestellt und diskutiert. Ziel des Workshops war es den Konzeptentwurf auf seine Akzeptanz innerhalb der NeuLand-Gemeinschaft hin zu überprüfen und mögliche Interessenskonflikte im Rahmen der zweiten Unterforschungsfrage herauszuarbeiten. Dafür sollte sowohl der Raum für auswertbare, offene als auch themengeleitete Diskussionen geschaffen werden.

Für den Workshop wurde sich für die Methodik des systemischen Konsensierens (SK-Prinzips) entschieden, da dieses im Kontext von Diskussionsführung bzw. Entscheidungsfindung auf großes Interesse innerhalb der NeuLand-Gemeinschaft stieß bzw. schon vereinzelt angewandt wurde. Das SK-Prinzip basiert dabei auf (Gruppen-)Widerständen und dem Ansatz, dass Vorschläge, die am wenigsten Ablehnung erfahren, einem Konsens am nächsten kommen (SK-Netzwerk, 2019). Übersichtsarbeiten zu bzw. kritische Auseinandersetzung mit der SK-Methodik gibt es nur vereinzelt, obwohl das Prinzip auch in Unternehmen zunehmend Berücksichtigung findet und die Vorteile von Konsensverfahren zur Interpretation qualitativer Daten durchaus wissenschaftliche Betrachtung erfahren (Glunz, 2019; Maiwald, 2016; Paulus et al., 2022; Schielke et al., 2009). Als alternative Evaluationsmethode wäre auch eine Gruppendiskussion möglich gewesen. Wie Kühn und Koschel (2018) oder Mäder (2013) umfassend beschreiben, eignet sich diese Methode zur Evaluation und Optimierung von Entwürfen, wie es das Wassernutzungskonzept darstellt. Ebenfalls können damit „komplexe Einstellungs-, Wahrnehmungs-, Gefühls-, Bedürfnis-, Orientierungs- und Motivationsgeflechte von Menschen und Gruppen aus bestimmten sozialen Kontexten“ im Sinne potenzieller Interessenskonflikten exploriert werden (Kühn & Koschel, 2018, S. 22). Da es neben der geleiteten Diskussion mittels zielgruppenbestimmten SK-Prinzips auch Raum für offene Diskussionen gab, flossen zumindest teilweise Ansätze der Gruppendiskussionsmethodik mit ein.

Der Workshop fand Anfang Juli im NeuLand-Garten statt und während der Dauer von 4 Stunden nahmen insgesamt 7 Personen teil. Das dafür erstellte Poster kann dem Anhang entnommen werden. Die konkrete Anwendung des systemischen Konsensierens erfolgte nach kurzer Erläuterung des Prinzips anhand sieben ausgewählter bzw. von den Teilnehmenden ergänzter Themenschwerpunkten (z.B. Einbau einer Zisterne, Komposttrenntoilette). Nach Sammlung von Vor- und Nachteilen verteilten die Teilnehmer:innen ihre individuellen Widerstände (0-10) auf die ausgewählten Konzeptinhalte. Anhand der Gruppenwiderstände und der anschließenden offenen Diskussion wurden potenzielle Interessenskonflikte im Sinne der zweiten Unterforschungsfrage herausgearbeitet (s. Kapitel 8).

4.3 Analyse und Konzeptentwicklung

Um bei der Entwicklung des Wassernutzungskonzeptes den gewünschten hohen Praxisbezug und eine Umsetzbarkeit zu gewährleisten, wurde eine Standortanalyse durchgeführt. In Zusammenführung der Ergebnisse aus der Wissensgenerierung und dem Partizipationsprozess erfolgte die Ableitung des endgültigen Konzepts. Die Vorgehensweise ist im nachfolgenden Unterkapitel dargestellt.

4.3.1 Standortanalyse

Die Standortanalyse diente zur Beschreibung von wassernutzungsrelevanten Gegebenheiten auf dem neuen Gelände des Gemeinschaftsgartens. Um die Klimaresilienz bei der Konzepterstellung im Sinne des Hauptuntersuchungsziels der Arbeit zu gewährleisten, mussten weiterhin zum einen die klimatischen Bedingungen als auch die zu erwartenden Veränderungen durch den Klimawandel berücksichtigt werden.

Für alle betrachteten Bereiche lieferten verschiedene Portale frei zugängliche Daten bzw. Ansichten von Geodaten (s. auch Tabelle 1 in Abschnitt 4.3.2). Zur Analyse der Lufttemperatur und Niederschlagsmengen am neuen Standort wurden die vom Climate Data Center (CDC) des Deutschen Wetterdienstes (DWD) bereitgestellten, frei zugänglichen Klimadaten der nächstgelegenen Messstation Köln/Bonn (ID:2667) ausgewertet. Für die Lufttemperatur erfolgte die graphische Aufbereitung der Daten der letzten Klimaperiode (1991-2020), Ermittlung des Mittelwerts und des mittleren Temperaturanstiegs. Für die Niederschlagsmengen wurde sich auf die graphische Aufbereitung, unterteilt nach Monaten, beschränkt. Das Vorgehen entsprach dabei der Methodik bundes- oder landesweiter Klimareports und deskriptiv-statistischer Ansprüche (DWD, 2022; Field, 2018; Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen [LANUV], 2021b). Für die Analyse der Bodendürren wurden die Daten des Dürremonitors ausgewertet, da im CDC-Portal nur Bodentemperaturparameter zur Verfügung standen und die Berechnung von Bodenfeuchten (statt Messung) den aktuellen Stand der Wissenschaft darstellen (Amelung et al., 2018; DWD, 2023b; Thober et al., 2018). Standortsspezifische Bodenbedingungen, die Einfluss auf Bodendürren haben, finden dabei jedoch keine Berücksichtigung (DWD, 2023c). Auf eine rastergenaue Analyse der nc-Datei für den Standort wurde aus Zeitgründen verzichtet und sich auf Dürreintensitäten des gesamten Stadtgebiets bezogen. Die graphisch aufbereiteten Daten zu den Dürreintensitäten unterliegen in Zusammenwirken der o.g. Einschränkung damit teilweise Unsicherheiten.

4.3.2 Konzeptentwicklung

Die Zusammenführung von Ergebnissen in Form von Konzepten oder Handlungsempfehlungen stellt ein gängiges projektbezogenes bzw. wissenschaftliches Verfahren dar (Chwolka, 2020; Kruse, 2015; Ludwig et al., 2021). Um das Ziel der Umsetzbarkeit der identifizierten Möglichkeiten klimaresilienter Wassernutzung im Sinne der ersten Untersuchungsfrage zu erfüllen, war ursprünglich die Durchführung einer Nutzwertanalyse geplant. Diese sollte die verschiedenen Lösungsansätze in eine Rangfolge bringen im

Rahmen einer systematischen und transparenten Bewertung (Bundesverwaltungsamt [BVA], 2022). Dafür wurden aus Vorüberlegungen und der in der Umfrage abgefragten Kriterien (z.B. Anzahl benötigter Helfer:innen, Dauer, Ressourcenaufwand) eine Gewichtung der Kriterien abgeleitet und diese mit konkreten Bewertungskategorien hinterlegt. Obwohl die Methodik theoretisch geeignet war, konnte sie in der Praxis nicht überzeugen vor allem aufgrund der Komplexität und den wenig vergleichbaren Lösungsansätzen. Ebenfalls zeigten die Vorüberlegungen zur Konzeptionierung, dass vorrangig (umwelt)rechtliche Vorgaben die Umsetzbarkeit einschränkten. Die Durchführung der Nutzwertanalyse wurde deshalb im Laufe der Arbeit verworfen und durch die Methodik der teilnehmenden Beobachtungen und der Bewertung durch die Gemeinschaft im Rahmen des Workshops ersetzt. Damit erfolgte sie weniger systematisch, näherte sich jedoch stärker typischer Partizipationsverfahren an, in dem sie die beobachtende Gemeinschaft in Fokus rückte (Grothmann et al., 2021; Ludwig et al., 2021).

4.4 Daten

Die erhobenen Primärdaten der Arbeit sind als qualitative Daten zu werten (Baur & Blasius, 2014). Sie entstanden im Rahmen der Interviews, der Umfrage, dem Workshop und sonstigen teilnehmenden Beobachtungen. Bei der Umfrage handelt es sich formal um eine quantitative Erhebungsmethode, aufgrund des hohen Anteils an offenen Fragen (Freitexten) und der geringen Rücklaufquote wurden die Ergebnisse jedoch als qualitative Daten gewertet (Kühl et al.). Bei den erhobenen Daten handelte es sich zum Teil um sensible Daten. Der daraus entstehende Anspruch zum adäquaten Umgang im Sinne forschungsethischer als auch gesetzlicher (Datenschutz-)Vorgaben wurde berücksichtigt (Baur & Blasius, 2014; Neuroth, 2021). Die Umfrage war anonym und es wurden keine personenbezogenen Daten erhoben. Alle involvierten Personen, deren Angaben innerhalb der Arbeit Verwendung fanden, erhielten Informationen zur Aufzeichnung, Protokollierung und Umgang mit den erhaltenen Daten. Ebenfalls erfolgte eine Anonymisierung der befragten Personen. Eine Datenweitergabe erfolgte nur an die beiden Betreuer:innen der Arbeit im Rahmen der Quellenprüfung und Bewertung.

Eine Datenverarbeitung externer quantitativer Primär- bzw. Geodaten fand vorrangig bei der Standortanalyse statt (s. Tabelle 1). Diese zeichneten sich durch eine hohe Datenqualität aus und beinhalteten Beschreibungen der zugrunde gelegten (Geo-)Daten oder Modellierungsmodelle. Dadurch war eine Qualitätskontrolle möglich, wodurch die bereits durch die Art der Daten bestehende, hohe Reliabilität und Validität (Baur & Blasius, 2014) nochmals verstärkt wurde. Durch die Veränderung der Daten bei der Erstellung von Diagrammen oder Interpretation sind die Angaben in dieser Arbeit als Sekundärdaten zu verstehen (Neuroth, 2021).

Tabelle 1 Verwendete externe (Geo-)Daten (eigene Darstellung)

Bereich	Portal	Daten / Ansichten	Relevante Informationen
Topografie	GEObasis.nrw	Digitales Geländemodell	Höhenprofil für neuen Standort
Klima	Climate Data Portal des DWD	Datensatz: data_OBS_DEU_P1Y_T2 M_2667	Lufttemperatur der Messstation Köln/Bonn (ID:2667) nach Jahren für 1991 - 2020
		Datensatz: data_OBS_DEU_P1M_RR	Niederschlagsmenge der Messstation Köln/Bonn nach Monaten für 1991-2020
Boden	Geologischer Dienst NRW	Bohrpunkt DABO_183682	Schichtenverzeichnis des Bodens
Extremwetter	Dürremonitor des Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ)	Bodenfeuchteindex der Jahre 1951-2022 SMI_Gesamtboden_monatlich.nc	durchschnittliche Dürreintensitäten des Gesamtbodens für die Jahre 2014 – 2022 nach Monaten
	Hochwasserkarten der StEB Köln	Starkregengefahrenkarten	Gefährdung durch Überflutung für Starkregenereignisse verschiedener Intensitäten (Index 5-7 und 10)

5 Standortanalyse

In Kapitel 2 (Untersuchungsraum NeuLand) wurde bereits eine Vorstellung des neuen Standortes vorgenommen, die hier durch eine vertiefende Analyse ergänzt wird. Zur Entwicklung standortkompatibler Wassernutzungsmöglichkeiten beleuchtet das Kapitel neben der geplanten Flächennutzung die klimatischen und geophysikalischen Eigenschaften am neuen Gelände. Weiterhin werden im Sinne der Klimaresilienz, die Exposition des Standorts gegenüber Extremwetterereignissen und Klimawandelfolgen abgeschätzt.

5.1 Lage und Flächennutzung im Kontext der Parkstadt Süd

Wie schon im Abschnitt 2 erläutert, gibt es temporäre und endgültige Geländegrenzen am neuen Standort, die vom Abriss der Lagerhalle und von der Fertigstellung des Parkstadt Süd Vorhabens abhängig sind (vgl. Abbildung 8).

5.1.1 Einbettung in Stadtentwicklungskonzept Parkstadt Süd

Der neue Standort für den NeuLand-Garten ist Planungsbestandteil des Stadtentwicklungskonzepts Parkstadt Süd. Dieses besteht aus zwei Teilen: der Grüngürtelerweiterung bis zum Rhein und der Quartiersentwicklung rund um die denkmalgeschützte Großmarkthalle in Raderberg (Heuchel & Ortner, 2018). Das Planungsgebiet sowie die Lage des zukünftigen NeuLand-Gartens (lila Markierung) können der Abbildung 8 entnommen werden.



Abbildung 8 Planungsgebiet Parkstadt Süd und Innerer Grüngürtel (Quelle: RMP Stephan Lenzen, ergänzt)

Die genaue Historie und Planungsstände können auf der Projekt-Website www.parkstadt-sued.de der Stadt Köln verfolgt werden. Im Kontext des Planungsgebiets Parkstadt Süd sind für die Planungen des NeuLand-Gartens vor allem die zukünftigen Ergebnisse der Fachplaner:innen zum Stadtklima und Regenwassermanagement relevant sowie die direkt an das NeuLand angrenzenden Flächeneinheiten mit deren geplanter Nutzung (Gebäude, Spielplatz, Parkfläche, Straßen, Versickerungsband etc.) (Heuchel & Ortner, 2018).

5.1.2 Flächennutzungsplanung

Die Gestaltung des Geländes kann frei durch die NeuLand-Gemeinschaft erfolgen, was eine Abstimmung zwischen Flächen- und Wassernutzung ermöglicht. Östlich neben dem NeuLand-Garten sollen Schaubeete und das saisonale Gartencafé eine einladende Atmosphäre für Besucher:innen des Parks / Spielplatzes schaffen. Aufgrund der vorläufigen Standortgrenzen können sich in dem temporären Geländeabschnitt, in dem sich später ein Teil des Grüngürtels befinden wird, nur mobile Gegenstände (Hochbeete, Hühnerstall) befinden. Weiterhin müssen die Container so positioniert sein, dass keine Versetzung mehr notwendig wird. Für das endgültige Gelände kann sich dadurch die Bewässerung umständlicher gestalten, da weitere Wege zu den, an den Dächern positionierten, Regenwassersammeltanks überbrückt werden müssen. Deshalb sind dort Flächen geplant, die keine oder kaum Bewässerung benötigen (Wildnis, Spielwiese, Bäume, Sträucher). Aus der Abbildung 8 als auch aus internen Skizzen⁵ lassen sich an das Grundstück angrenzende, geplante Versickerungsflächen identifizieren, wofür im Rahmen der Arbeit Synergieeffekte zu Bewässerungszwecken geprüft werden.

5.2 Topografie, Klima und Boden

Neben der Flächennutzungsplanung sind geophysikalischen Eigenschaften des Standorts sowie klimatische Bedingungen für die Konzeption der Wassernutzung relevant, welche nachfolgend beschrieben sind.

5.2.1 Standort und Topografie

Der NeuLand-Standort im Kölner Süden befindet sich auf einer Höhe von rund 50 NHN (Normalhöhenmeter) innerhalb der naturräumlichen Haupteinheit Köln-Bonner Rheinebene (auch Kölner Bucht genannt) (LANUV, 2019b). Im Kontext der Zu- und Abläufe von Niederschlägen sowie der Überflutungsgefahr bei Starkregen ist das vorherrschende Gefälle eines Standorts relevant (Lancaster, 2019; StEB, 2023). Das Gelände ist wie auch das restliche Stadtgebiet Kölns eben bzw. schwachgeneigt (Relieftyp 4) (LANUV, 2019b, S. 29). Eine vorläufige Analyse des Höhenprofils zeigte nicht unerhebliche Gefälle innerhalb des temporären Geländes, die Geodaten basierte jedoch noch auf der ursprünglichen Nutzung (s. Anhang Höhenprofil). Auf dem Gelände selbst werden durch die Aufbringung neuen Bodenmaterials und Ebnung des Standorts keine starken Höhenunterschiede mehr erwartet. Dies sollte jedoch nach Fertigstellung des neuen Standorts nochmals überprüft werden, z.B. indem bei (Stark-)Regen die Zu- und Abläufe von Regenwasser auf dem Standort beobachtet werden.

5.2.2 Klima

Im Rahmen der Wassernutzung sind neben Niederschlägen auch die Temperatur- und Windverhältnisse relevant, da diese Einfluss auf wasserverfügbarkeitsrelevante Aspekte

⁵ Die vorhandenen Planungsskizzen durften leider nicht veröffentlicht werden.

wie z.B. Verdunstung und Bodenfeuchte haben. Die analysierten Klimakennzahlen sind in diesem Abschnitt zusammengefasst und in Kontext mit den zu erwartenden Klimawandelfolgen gesetzt.

5.2.2.1 Lufttemperatur

Köln ist durch ein maritimes Klima mit milden Wintern und gemäßigten Sommern geprägt (LANUV, 2019b; Stadt Köln, 2023). Die Lufttemperatur im Jahresmittel stellt dabei die zentrale Größe zur Beschreibung des Klimas für eine Region als auch zur Abbildung des Klimawandels dar (LANUV, 2021b). Im Kontext der Wassernutzung ist sie insofern besonders relevant, da sie u.a. Verdunstungseffekte von Böden, Niederschlägen und Vegetation begünstigt und damit verfügbare Wasserreserven reduziert (Mathews, 2011). Verdunstungseffekte sind jedoch nicht trivial abschätzbar, weshalb dieser Effekt im Rahmen der Arbeit über die klimatische Wasserbilanz (vgl. Abschnitt 5.2.2.2) berücksichtigt wird.

Abbildung 9 zeigt die Entwicklung der mittleren Lufttemperatur für Köln innerhalb der letzten Klimaperiode (1991-2020)⁶. In diesem Zeitraum betrug sie für Köln durchschnittlich 10,7 °C. Damit lag sie sowohl über dem Bundes- als auch Landesdurchschnitt (Deutschland: 9,3 °C / NRW: 10,0 °C) (DWD, 2022, S. 16; LANUV, 2021b, S. 38). Als mittlerer Temperaturanstieg (Steigung der Trendline) für Köln errechnet sich aus den Daten ein Plus von 1,5 °C seit 1991. Seit Beginn der Wetteraufzeichnungen liegt die Differenz bei ca. 1,7 °C (LANUV, 2021b). Dass die Differenz für NRW bzw. Köln über dem globalen Temperaturanstieg von 1 °C liegt, ist auf die Lage an Land und der schnelleren Erwärmung der Nordhalbkugel aufgrund des Abschmelzens der Arktis zurückzuführen (Moon et al., 2019)

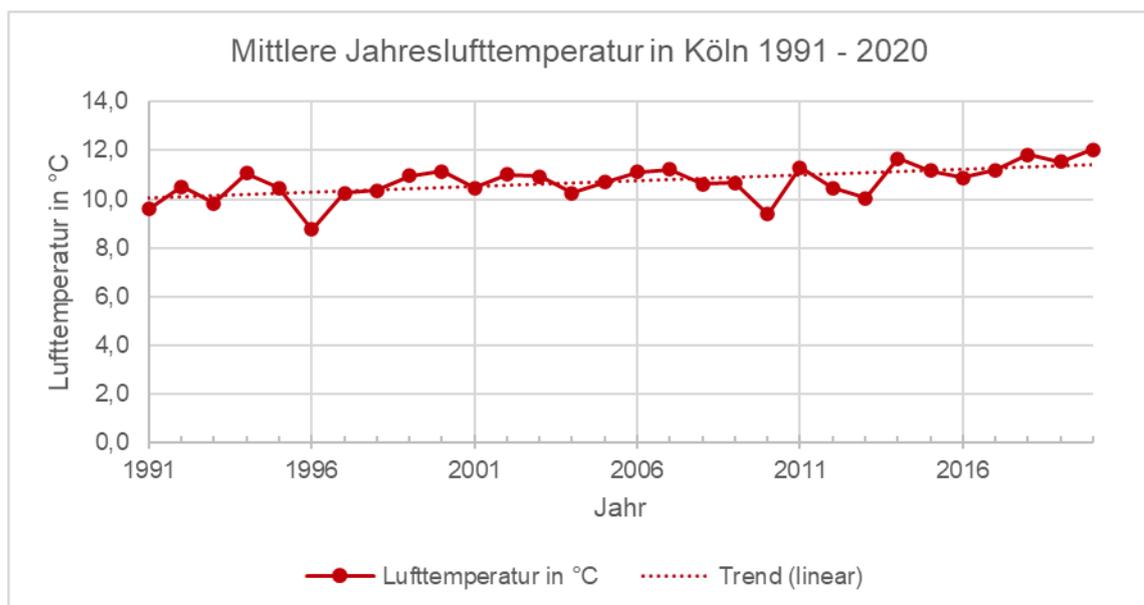


Abbildung 9 Entwicklung der mittleren Lufttemperatur in Köln für die Jahre 1991-2020 (Datenbasis: DWD)

⁶ Einzelne Jahre unterliegen naturgemäß starken Schwankungen, weshalb zur Bewertung von Entwicklungen immer längere Zeiträume (Klimaperioden) betrachtet werden (LANUV 2021).

Hinsichtlich der überdurchschnittlichen Temperaturen im NRW- und Deutschlandvergleich wirken drei Effekte zusammen. Zum einen sind allgemein im Westen und Südwesten Deutschlands höhere Temperaturen als z.B. im Alpenvorland zu verzeichnen (DWD, 2022). Zum anderen zählt die Niederrheinische Bucht als die wärmste Region innerhalb NRWs (LANUV, 2021b). Weiterhin ist eine Großstadt wie Köln vom Wärmeinseleffekt betroffen, bei dem die Temperaturen im dicht besiedelten, innerstädtischen Gebiet deutlich über denen des Umlands liegen (LANUV, 2013). Das Gebiet rund um den NeuLand-Standort zählt dabei zu den Gebieten mit der höchsten Wärmeinselintensität Kölns, aufgrund des hohen Anteils versiegelter Flächen, dichter Bebauung und mehrstöckiger Gebäude (LANUV, 2013). Die Gebiete erwärmen sich stärker und kühlen langsamer wieder ab, Temperaturunterschiede von 10 Grad im Vergleich zum kühleren Umland sind nicht selten (Henninger & Albert, 2021; LANUV, 2013). **Mögliche Maßnahmen zur Verbesserung des Mikroklimas für den Standort und Verringerung von Verdunstungseffekte sind u.a. Verschattung, Dach- und Fassadenbegrünung, Wasserflächen oder flächige Vegetationsbedeckung des Bodens** (Eyink & Heck, 2017; Ludwig et al., 2021; Schramm et al., 2023; StEB, 2018).

Klimawandelfolgen - Lufttemperatur

Für Köln ist bis 2050 eine weitere Temperaturzunahme von mindestens 0,8 °C prognostiziert (LANUV, 2018). Dadurch werden sich zum einen Verdunstungseffekte verstärken und Bodendürren häufiger auftreten (Boeing et al., 2022; Thober et al., 2018). Ebenfalls führen steigende Lufttemperaturen zu einer Erhöhung der Bodentemperatur, die wiederum den Humusabbau beschleunigt und damit den Nährstoff- und Wasserhaushalt des Bodens negativ beeinflusst (Mathews, 2011; Védère et al., 2022).

5.2.2.2 Niederschlag

Im Untersuchungsraum liegt der Fokus auf der verstärkten Nutzung von Regenwasser zur Bewässerung. Dafür sind die Niederschlagsmengen und -verteilung wichtige Parameter, um die Grenzen und Möglichkeiten der Regenwassernutzung im Rahmen dieser Arbeit abschätzen zu können. Obwohl Niederschläge auch Hagel, Schnee oder Schneeregen umfassen, wird sich auf Regen als natürlicher Niederschlag begrenzt (Lancaster, 2019). Dies liegt zum einen an der kaum abschätzbaren Wasserverfügbarkeit für Hagel oder Schnee(regen) als auch den rückläufigen Kältekenntagen (Schnee- und Eistage) (LANUV, 2021b; Puskeiler, 2013).

Abbildung 10 zeigt die Verteilung der Niederschlagsmengen auf die einzelnen Monate für die Klimaperiode 1991-2020 sowie den Jahren 2021 und 2022.

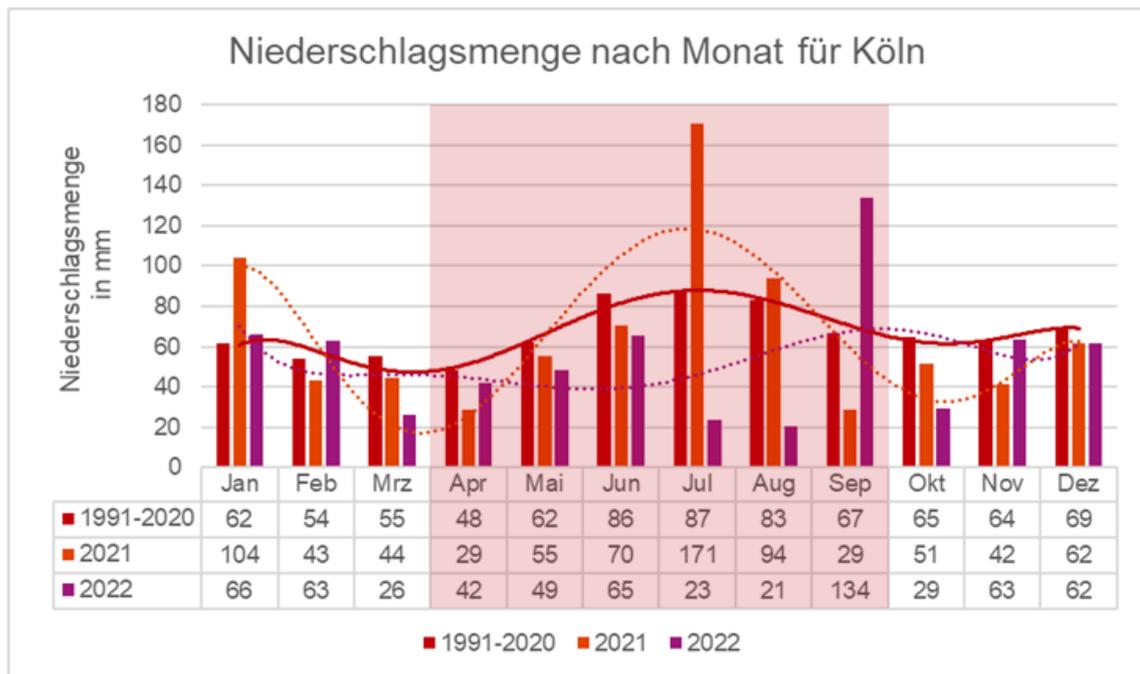


Abbildung 10 Monatliche Verteilung der Niederschlagsmengen in Köln (Datenbasis: DWD)

Im langjährigen Mittel sind Juni, Juli und August die regenreichsten Monate. Mit einer durchschnittlichen Niederschlagsmenge von rund 800 mm pro Jahr liegt Köln im Bundesvergleich im oberen Bereich (DWD, 2023a). Diese positive Ausgangslage lässt grundsätzlich auf ein Potenzial der verstärkten Regenwassernutzung am neuen Standort schließen.

Eine Herausforderung bei der Regenwassernutzung stellt vor allem die Variabilität der Niederschläge dar. Während die Niederschlagsmengen innerhalb des Stadtgebiets nur geringfügig variieren, können im Jahresvergleich stärkere Schwankungen auftreten (LANUV, 2013). So zeigt die obige Abbildung, dass im regenreichen Jahr 2021 während der gärtnerischen Hauptsaison (April – September) knapp 450 mm Regen zur Verfügung standen, im trockenen Jahr 2022 rund ein Viertel weniger (333 mm). Für die Regenwassernutzung resultiert aus diesem Aspekt vor allem der **notwendige Ausbau von Speichern, um möglichst viele Reserven über den Jahresverlauf vorhalten zu können**. Ebenfalls sollte die ergänzende Nutzung alternativer Wasserressourcen, die weniger Schwankungen unterliegen (z.B. Grauwasser) in Betracht gezogen werden.

Ferner bedeuten die niederschlagsreichen Sommermonate nicht zugleich eine hohe Verfügbarkeit für Pflanzen und Böden. Bezieht man den Wasserverlust durch Verdunstung mit ein, welche in der klimatischen Wasserbilanz als Differenz von Niederschlägen und Verdunstung quantifiziert ist, zeichnen sich die Frühlings- und Sommermonate in der aktuellen Klimanormalperiode (1991-2020) trotz der höheren Niederschläge durch ein arides Klima aus (Bücker et al., 2012; LANUV, 2021b). Das bedeutet, dass die Verdunstung höher ist als die Niederschlagsmengen und die Böden bzw. Vegetation ohne Zusatzbewässerung austrocknen können (Amelung et al., 2018; Orlina & Schaldach, 2018). Über die Herbst- und Wintermonate gleicht sich dies wieder aus, wodurch die

Jahre, mit Ausnahme von 2018, ein feuchtes (humides) Klima aufweisen (Bücker et al., 2012; LANUV, 2021b).

Klimawandelfolgen - Niederschläge

Die zukünftige Entwicklung der Niederschläge im Zuge des Klimawandels sind aufgrund komplexer Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge nur schwer für einen Standort prognostizierbar (Elhaus et al., 2019; LANUV, 2021b). Klimaprojektionen deuten jedoch darauf hin, dass die Jahresniederschlagsmengen in Deutschland grundsätzlich leicht zunehmen werden, sich aber eher von den Sommer- in die Wintermonate verschieben, wofür es zumindest für die Winterniederschläge schon eine Signifikanz für NRW gibt (LANUV, 2021; Thober et al., 2018). Unabhängig der Niederschlagsentwicklungen wird die steigende Lufttemperatur jedoch die Verdunstungseffekte erhöhen und die negativen Wasserbilanzen in den Frühjahr- und Sommermonaten zu einem verstärkten Bedarf an Zusatzbewässerung führen (Mathews, 2011; Orlina & Schaldach, 2018; Schilli et al., 2021).

5.2.2.3 *Wind*

Im Zusammenhang mit der Wassernutzung wurden die Windverhältnisse am neuen Standort kurz betrachtet, da diese Bodenabtragung und Verdunstungseffekte begünstigen können (Amelung et al., 2018; Mathews, 2011). Grundsätzlich verläuft die Windrichtung innerhalb der Kölner Bucht entlang des Rheinverlaufs von Süden nach Norden. (Stadt Köln, 2023) Dabei können höhere Windgeschwindigkeiten bei westlicher Windrichtung auftreten, ansonsten sind die Wetterlagen durch Schwachwinde und lokale Windsysteme geprägt. **Starke windbedingte Bodenerosionen sind für den Standort außerhalb von Stürmen deshalb nicht zu erwarten** (LANUV, 2013; Stadt Köln, 2023). Bei stärkeren Westwinden besteht ein gewisser Schutz durch die im westlichen Eingangsbereich positionierten Container bzw. die umliegende Bebauungsstruktur. Welche Windverhältnisse in den fertiggestellten Quartieren der Parkstadt Süd zu erwarten sind, wurde im Rahmen einer Fallstudie untersucht (LANUV, 2013). Darin zeigte sich für das Gebiet rund um das Großmarktgelände Raderthal, dass die berechneten Windverhältnisse ein räumliches Verteilungsmuster aufweisen, das durch aufsteigende Warmluft (hitzebedingte Konvektion) und geringe Windgeschwindigkeiten innerhalb der bebauten Strukturen (0,6 m/s) geprägt ist. Ein Kaltluftstrom ist von Südwesten nach Osten in Richtung des Rheins zu erwarten. Auf größeren Freiflächen können höhere Windgeschwindigkeiten bis zum 1,8 m/s auftreten, innerhalb Parks mit vielen Bäumen nur 0,3 – 0,7 m/s (LANUV, 2013, 97 ff.). Abgeschätzt für den Standort sind folglich bei lokalen Windsystemen schwache Windströmungen von 0,3 – 1,8 m/s zu erwarten, je nach Anzahl und Standort der vegetativen (Hecken, Bäume) bzw. baulichen Windbrüchen (Mauern, Container, Bauwagen etc.).

Klimawandelfolgen - Wind

Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Windverhältnisse sind noch nicht eindeutig abschätzbar; es wird jedoch auf der Nordhalbkugel eher mit einem Rückgang der allgemeinen Windstärken gerechnet (Jung & Schindler, 2022). Für den Standort sind die Windbedingungen voraussichtlich eher durch den Wärmeinseleffekt und die Bebauungsstruktur des Parkstadt Süd Quartiers geprägt (LANUV, 2013). Ein statistisch signifikanter Trend für die Zunahme unwetterbedingter Stürme liegt für NRW weiterhin noch nicht vor (LANUV, 2021).

5.2.3 Boden

Sowohl für die gärtnerische Nutzung als auch im Kontext der klimaresilienten Wassernutzung stellt die Bodenbeschaffenheit eine wichtige Komponente für den NeuLand-Garten dar. Böden nehmen „eine wichtige Ausgleichsfunktion für die Atmosphäre und den Wasserhaushalt wahr, sie dienen als bedeutender Kohlenstoffspeicher und sorgen für den Ab- und Umbau organischer Substanzen, die Umwandlung und Filterung von Stoffen sowie die Mobilisierung von Nährstoffen“ (LANUV, 2021b, S. 114). Innerhalb des Wasserkreislaufs fungieren Böden als Zwischenspeicher, bevor Wasser ins Grundwasser sickert, für Pflanzen zur Verfügung steht oder über Oberflächen bzw. Pflanzen verdunstet und als Wasserdampf an die Umgebung abgegeben wird (Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz, 2006; Kåresdotter et al., 2022).

Der vorherrschende Bodentyp in Köln ist Parabraunerde, die tiefgründige, „ertragreiche Acker- und Grünlandstandorte“ (Geologischer Dienst NRW, 2016, S. 121) darstellt und sich aus den Lössablagerungen der Rheinterrassen gebildet hat (LANUV, 2019a). Da das Grundstück des NeuLand-Gartens seit mindestens 1928 einer industriellen bzw. gewerblichen Nutzung unterlag und eine Schadstoffbelastung wahrscheinlich war, wurde die Bodengüte gutachterlich überprüft. Die Ergebnisse des Bodengutachtens der *Unteren Bodenschutzbehörde und Grundwasser* der Stadt Köln zeigten dabei überschrittene Schadstoffwerte sowohl für den zum Gärtnern relevanten Wirkungspfad Boden – Mensch – Nutzpflanze als auch den Wirkungspfad Boden – Grundwasser. Aus diesem Grund empfahl das Gutachten nicht nur den Austausch der belasteten obersten Bodenschicht (0,6 m), sondern die Entfernung von jeglichem auffälligen Bodenmaterial bis ca. 1,3 m Tiefe (Persönliche Mitteilung, 28. September 2022).

Die genaue Zusammensetzung des neuen Bodens konnte bis zur Abgabe der Arbeit nicht mehr ermittelt werden. Eine Abschätzung des, im Kontext von Starkregenereignissen oder Versickerungsanlagen besonders relevanten, Durchlässigkeitsbeiwerts (Kf-Wert)⁷, erfolgte dadurch nicht. Die formulierten Voraussetzungen im Leistungsverzeichnis bezgl. Konsistenz (max. ko3), Feuchte (max. feu3), Ton-/Schluffgehalt (Unterboden 0-25 %, Oberboden (30-70 %)) und Humusgehalt (mind. 2 % im Oberboden) lassen jedoch grundsätzlich auf einen für die gärtnerische Nutzung geeigneten Boden schließen

⁷ Definitionen und Bestimmung bei Amelung et al. (2018); Leser und Egnér (2014)

(Gebäudewirtschaft der Stadt Köln, Persönliche Mitteilung, 8. Mai 2023). Weiterhin führt die geplante Ansaat von Phacelia direkt nach der Bodeneinbringung zu positiven Effekten (Durchwurzelung, Humusaufbau) (Foos & Born, 2019). Für den NeuLand e.V. empfiehlt sich die genaue Bodenzusammensetzung zu ermitteln. Entweder durch übermittelte Informationen zur gewählten Zusammensetzung von Ton, Schluff und Humus durch die beauftragte Fachfirma oder mittels einfach durchzuführender Schlemmprobe (Chwolka, 2020; Mayer, 2023).

Im Zusammenhang mit der Wasserspeicherfähigkeit von Böden ist u.a. die Porenbeschaffenheit relevant. Während Wasser durch grobporige Sandböden schnell in tiefere, für Pflanzen nicht verfügbare Schichten versickert, nehmen feinporige tonige Böden Wasser schlechter auf (Amelung et al., 2018). Mittelporen z.B. in schluffigen Böden weisen dabei eine sehr gute Wasserspeicherfähigkeit auf (Amelung et al., 2018; Kolb, 2010). Die unter der neu eingebrachten Ober- und Unterbodenschicht liegende Parabraunerde weist durch ihre Beschaffenheit dabei prinzipiell eine sehr hohe Wasserspeicherfähigkeit auf (Amelung et al., 2018; Geologischer Dienst NRW, 2016). In Abhängigkeit des Schluffanteils kann sie bis zu 250 l Wasser pro m³ Erde speichern und damit, außerhalb von Trockenjahren, eine hohe Wasserversorgung für Pflanzen sicherstellen (Geologischer Dienst NRW, 2016, S. 121). Durch die niederschlagsbedingte Auflösung von Kalk und damit verbundenen Bodenveränderungen innerhalb der Parabraunerde können sich jedoch negative Auswirkungen ergeben. Der pH-Wert des Bodens wird saurer, Ton und Humus wandern in tiefere Bodenschichten und verdichten sich dort. Dadurch können Niederschläge schlechter versickern und sich Stauwasserböden (Pseudogleyen) bilden (Amelung et al., 2018; Geologischer Dienst NRW, 2016). **Für den NeuLand e.V. bedeutet dies, auf eine gute und tiefe Durchwurzelung des Bodens zu achten, um Stauwasserböden vorzubeugen.**

Klimawandelfolgen - Boden

Im Zusammenhang mit den Folgen des Klimawandels ist der Boden besonders stark betroffen. Die Bodentemperatur zeigt einen signifikant steigenden Trend für NRW, was in einem schnelleren Humusabbau resultiert und sich u.a. negativ auf Wasser- und Nährstoffhaushalt auswirkt (LANUV, 2021; Mathews, 2011; Schilli et al., 2021). Die Bodenfeuchte ist dabei auch eng verknüpft mit der klimatischen Wasserbilanz und deshalb in der Regel im Winter höher als im Sommer (Thober et al., 2018). Durch die erwartbaren trockeneren Frühlings- und Sommermonate, aufgrund der Niederschlags- und Temperaturveränderungen, werden zusätzlich negative Auswirkungen auf die Bodenfeuchte erwartet (s. hierzu Abschnitt Dürren / Trockenperioden) (LANUV, 2021). Im Winter besteht bei höheren Niederschlagsmengen die Gefahr von Nährstoffauswaschungen und Staunässe (Amelung et al., 2018; LANUV, 2021).

5.3 Exposition gegenüber Extremwetterereignisse

Während die vorangegangenen Abschnitte die durch Topografie, Flächennutzung und Klima bestimmten Gegebenheiten analysiert haben, ist für die Auswahl klimaresilienter Wassernutzungsmöglichkeiten auch die Gefährdung (Exposition) des Standortes gegenüber Extremwetterereignissen relevant. Der Begriff Extremwetterereignis wird verwendet, wenn Naturereignisse auftreten, die für den entsprechenden Ort und die vorliegende Jahreszeit sehr selten sind und eine besondere „Intensität, Stärke oder Magnitude aufweisen“ (DWD, 2022, S. 32). Eine einheitliche Definition liegt bisher nicht zugrunde, da zum einen die Intensität von Ort zu Ort variieren kann und die Festlegung, wann ein Ereignis als selten angesehen wird, unterschiedlich eng gefasst wird (Bender & Schaller, 2012). Laut Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMVU) gehen in Deutschland „Risiken vor allem von Stürmen, extremer Hitze und Trockenheit, Starkniederschlägen und damit häufig einhergehenden Überschwemmungen aus.“ (BMUV, 2018). Obwohl für den Standort auch Gefährdungen durch Stürme entstehen können, fokussiert sich die Arbeit auf die Extremwetterereignisse mit Bezug zur Wassernutzung. Die Exposition des Standorts gegenüber Dürren und Starkregen ist nachfolgend beschrieben.

5.3.1 Dürre / Trockenperioden

Der geologische Dienst NRW unterscheidet Dürren in drei Arten: die meteorologische Dürre, bei der über einen längeren Zeitraum zu wenig Niederschlag fällt, die hydrologische Dürre, welche als Folge der meteorologischen Dürre in sinkenden Pegelständen natürlicher Gewässer und Reservoirs resultiert, und die landwirtschaftliche Dürre in Folge von Bodentrockenheit (Schilli et al., 2021). Die UNESCO wählt neben der meteorologischen Dürre für die inhaltlich konkludenten Definitionen die Bezeichnungen Blauwasserdürre (hydrologische Dürre) und Grünwasserdürre (landwirtschaftliche Dürre) (Speed et al., 2016). Der Deutsche Wetterdienst fügt den Unterteilungen die sozioökonomische Dürre, als Einordnung von Dürren ab einem Jahr Dauer mit negativen Auswirkungen auf die produzierende Wirtschaft aufgrund Wassermangels, als vierte Kategorie hinzu (DWD, 2023d). Ausbleibende Niederschläge und Austrocknung des Bodens stellen dabei für die Nutzung des NeuLand-Gartens eine starke Gefährdung dar. Aber auch die Auswirkungen der hydrologischen und sozioökonomischen Dürre ergeben negative Folgen, wie z.B. erwartbare institutionelle Einschränkung der Trinkwassernutzung zu Bewässerungszwecken (Speed et al., 2016, S. 31).

Eine Möglichkeit die Gefährdungen für Bodendürren für den Standort zu quantifizieren, gibt der Dürremonitor vom Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ). Dort wird tagesaktuell die Bodenfeuchte auf Basis eines hydrologischen Modellsystems simuliert und kartographisch für Deutschland dargestellt (Boeing et al., 2022; UFZ, 2023). Der Dürremonitor ermittelt tagesaktuell die Werte für die Bodenfeuchte im Ober- bzw. Gesamtboden sowie das pflanzenverfügbare Wasser und vergleicht die Werte mit der Zeitreihe seit 1951. Im Rahmen der Arbeit wurden für Köln die Dürreintensität für den Gesamtboden bis 1,8 m Tiefe für die Jahre 2014 – 2022 über die Deutschlandkarte

abgeleitet und in Abbildung 11 zusammengefasst. Auf einen Abgleich zu den monatlichen Niederschlagsdaten (Abschnitt 5.2.2.2) wurde verzichtet, da diese Daten bereits in dem Dürremonitor berücksichtigt werden (Boeing et al., 2022). Weiterhin zeigen sich in oberen Bodenschichten schneller Folgen (ausbleibender) Niederschläge, während tiefere Bodenschichten zeitverzögert reagieren bzw. regenerieren und von Niederschlägen nicht direkt auf die Situation in tieferen Bodenschichten geschlossen werden kann (Boeing et al., 2022; LANUV, 2021b; Thober et al., 2018).

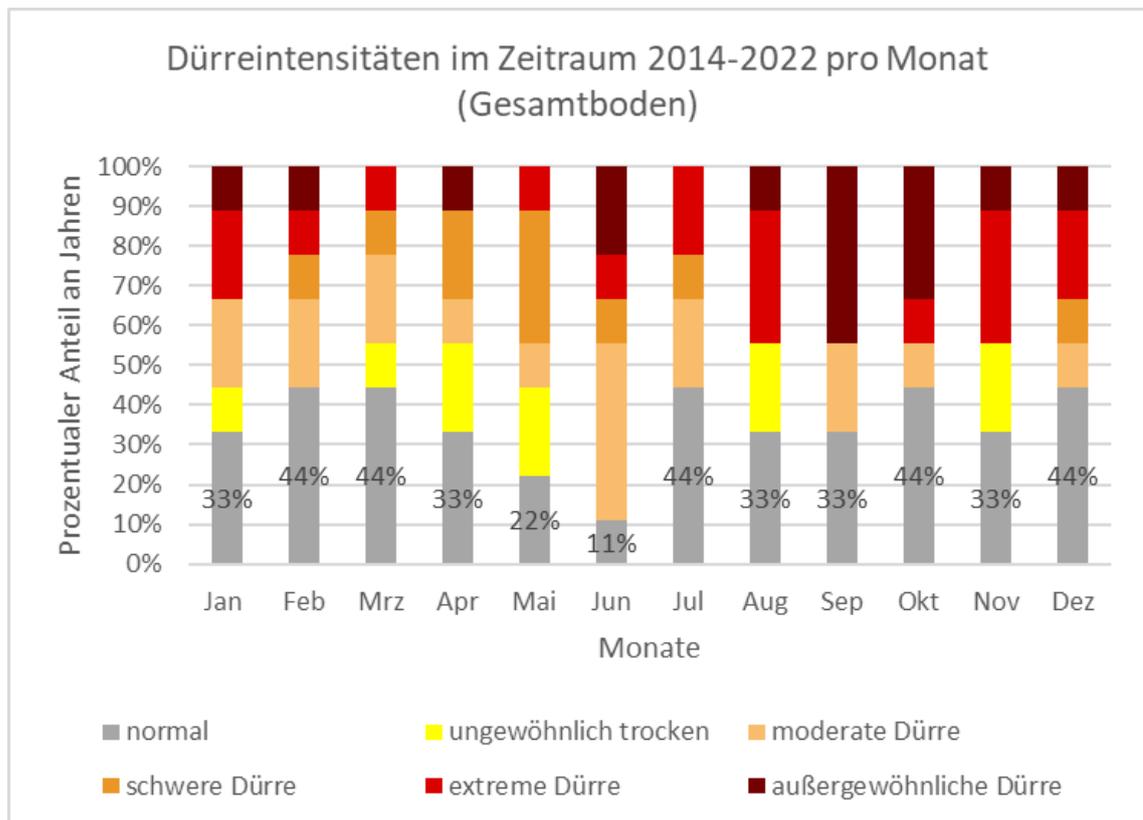


Abbildung 11 Relative Häufigkeit von Dürreintensitäten nach Monaten im Zeitraum 2014-2022 in Köln (Datenbasis: UFZ)

Die Auswertung zeigt, dass zwischen 2014 und 2022 die Böden in Köln durchschnittlich knapp 8 Monate pro Jahr von Dürren betroffen waren. Die einzelnen Jahre unterlagen dabei starken Schwankungen. Die monatliche Aufschlüsselung verdeutlicht, dass die Böden in den einzelnen Monaten in 55 – 88 % des Betrachtungszeitraums von Trockenheit oder Dürren betroffen waren. Eine normale Bodenfeuchte wiesen die Monate nur in 1 – 4 Jahren zwischen 2014 und 2022 auf (11 – 44 %). Extrem war dies im Juni, wo nur ein Jahr eine normale Bodenfeuchte im Vergleich zum langjährigen Erwartungswert aufwies und sonst moderate bis außergewöhnliche Dürren verzeichnete. Außergewöhnliche Dürren traten in den neun betrachteten Jahren am häufigsten im September und Oktober auf (4 bzw. 3 Jahre). **Für den Standort bedeutet dies eine hohe Gefährdung durch Bodendürren, denen durch entsprechende Förderung der Bodenfunktionen vorgesorgt und mit ergänzenden Maßnahmen in Dürrezeiten entgegengewirkt werden sollte.**

Klimawandelfolgen - Dürren

Unter Betrachtung der steigenden Lufttemperatur und der Tatsache, dass in dem Zeitraum 1971 – 2000 in Deutschland im Durchschnitt die Böden ca. zwei Monate Dürren aufwiesen (Vergleich 2014 – 2022: 7,8 Monate), ist von einer Verstärkung der Bodendürren auszugehen (Schilli et al., 2021; Thober et al., 2018, S. 7). Diese können weiterhin prinzipiell in jedem Monat auftreten, die Auswirkungen werden im Sommer durch hohe Temperaturen und Verdunstungseffekte jedoch am stärksten sein (LANUV, 2018; Mathews, 2011; Speed et al., 2016).

5.3.2 Starkregen

Starkregen ist gem. DIN 4049-3:1994 Regen, „der im Verhältnis zu seiner Dauer eine hohe Niederschlagsintensität hat und daher selten auftritt, z.B. im Mittel höchstens zweimal jährlich“ (DIN, 1994, S. 12). „Eine räumliche Häufung der Starkregenereignisse wurde bislang nicht festgestellt. Aus diesem Grund besteht in allen Regionen Nordrhein-Westfalens das Risiko, von Starkregenereignissen betroffen zu sein“ (LANUV, 2021b, S. 243).

Im Kontext des Untersuchungsgegenstands der Arbeit sind Starkregenereignisse vor allem in Bezug auf die Klimaresilienz relevant. Im Sinne der Wassernutzung ist die Verwendung von Starkregen als Wasserressource begrenzt, da Böden zumeist die hohen Niederschlagsmengen in der kurzen Auftrittsdauer nicht aufnehmen können (LANUV, 2021a). Sie stehen damit dem Boden nicht als Wasserquelle zur Verfügung, sondern fließen oberflächlich ab, was zu Überflutungen oder Erdrutschen führen kann (Pörtner et al., 2023a). Hier sind vorsorgende und abwehrende Maßnahmen vorrangig in der Siedlungswasserwirtschaft und im Städtebau verankert (Stichwort Schwammstadt s. Kapitel 3). Mögliche standortspezifische Vorsorgemaßnahmen werden im weiteren Verlauf der Arbeit deshalb nur am Rande beleuchtet (vgl. Abschnitt 7.4.1.2). Im Sinne der Arbeit ist vor allem die Erhöhung der Widerstandsfähigkeit gegenüber Starkregenereignissen zu fördern. Dies betrifft den Boden als auch technische Systeme. Regenrinnen und Speicher müssen auf Starkregen ausgelegt sein bzw. deren Überläufe gezielt gelenkt werden. Gute Bodenbedingungen (hohe Bodenfeuchte, flächige Vegetationsbedeckung, gute Durchwurzelung) können das Risiko von Überflutungen reduzieren und zumindest teilweise eine Wasseraufnahme ermöglichen.

Um die Gefährdung durch Starkregenereignisse standortgenau überprüfen zu können, werden Starkregengefahrenkarten von den Ländern bzw. Kommunen zur Verfügung gestellt. Für die Arbeit wurden die Karten der Stadtentwässerungsbetriebe der Stadt Köln ausgewertet⁸. Diese geben Auskunft über die zu erwartende Überflutung(shöhe) bei Niederschlagsereignissen unterschiedlicher Intensität unter Berücksichtigung von topografischen Daten und der Bodenbeschaffenheit (StEB, 2018, 2021). Geringe Gefahren von

⁸ Die vollständigkeithalber durchgeführte Prüfung der Hoch- und Grundwassergefährdungen, zeigte keine Exposition des Standorts gegenüber diesen.

Überflutungen werden dabei grundsätzlich für das gesamte Stadtgebiet angenommen, da Starkregen wie bereits beschrieben überall auftreten kann.

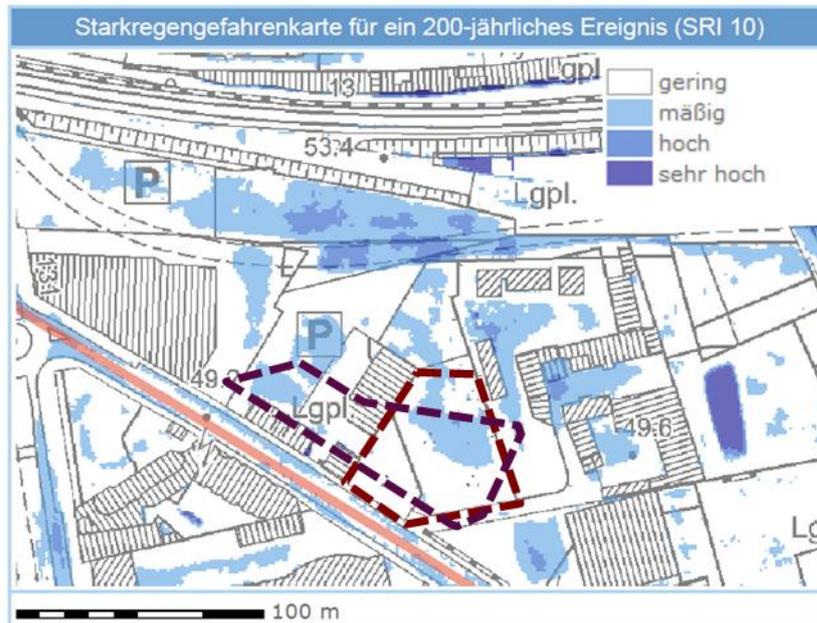


Abbildung 12 Überflutungen durch extremes Starkregenereignis am Standort (Quelle: StEB, 2023)

Die Auswertung für den Bereich des neuen Standorts zeigt für alle Starkregenereignisse vorrangig eine geringe bis mäßige Gefährdung (10-30 cm hohe Wasserstände) durch Überflutungen. Bei einem extremen Starkregenereignis, das statistisch gesehen einmal in 200 Jahren auftritt, sind in dem nördlich gelegenen Bereich des Standorts etwa 30-50 cm hohe Wasserstände zu erwarten (s. Abbildung 12).

Klimawandelfolgen – Starkregen

Die bereits angesprochenen Schwierigkeiten bei der Prognose von Niederschlägen zeigen sich auch bei Starkregenereignissen. So liegt gemäß LANUV für NRW und Köln bisher kein signifikanter Trend für die Starkregenenttage oder Extremniederschläge vor (2019b, 2021b, S. 70). Andere (Inter-)nationale Veröffentlichungen sehen hingegen eine klimawandelbedingte Zunahme von Starkregen als belegt (BMUV, 2020; Elhaus et al., 2019; Pörtner et al., 2023b; Kåresdotter et al., 2022)).

5.4 Zusammenfassung und Schlussfolgerung für die Wassernutzung

Aus den Niederschlagsmengen, Boden- und Windbedingungen sowie der frei gestaltbaren Flächennutzung ergibt sich grundsätzlich **eine gute Ausgangslage am neuen Standort im Kontext der Wassernutzung.** Auch die Gefährdungen durch Starkregenereignisse sind eher gering zu bewerten. Herausforderungen stellen vor allem die Niederschlagsschwankungen im Jahresverlauf, die hohen Lufttemperaturen als auch die Gefährdung durch Bodendürren / Trockenperioden dar. Tabelle 2 fasst die Ergebnisse der Standortbedingungen zusammen.

Tabelle 2 Ausgangssituation am neuen Standort

Parameter	Standort	Parameter	Standort
	10,3 °C im Jahresmittel		Schwache, lokale Windsysteme (0,3 – 1,8 m/s)
	800 mm / Jahr, jährlich schwankend		geringe bis mäßige Gefährdung durch Überflutung bei Starkregen
	Parabraunerde, schluffiger Ton und Humus		Starke Gefährdung durch Bodendürren / Trockenperioden

Aus den skizzierten Auswirkungen des Klimawandels resultieren zusätzliche Herausforderungen für den Standort im Sinne der gärtnerischen Nutzung. Zum einen die noch nicht abschließend abschätzbaren Folgen für die Niederschlagsentwicklung, die Verschlechterung natürlicher Bodenfunktionen und zunehmende Dürren/Trockenperioden.

Bezüglich der Niederschläge zeigt die Standortanalyse vor allem Verschiebungen aus den Sommer- in die Wintermonate und die negative klimatische Wasserbilanz im Frühjahr und Sommer als Herausforderungen auf. Die natürlichen Niederschläge werden in der Vegetationsperiode (April-Oktober) häufiger nicht ausreichen und eine Zusatzbewässerung notwendig machen. Um diese mit Regenwasser statt Trinkwasser durchzuführen, sind dementsprechend große Speicher zu planen, um die Winterniederschläge zu nutzen. Die natürlichen Schwankungen im Jahresverlauf können damit jedoch nicht ausgeglichen werden. Aus diesem Grund sollte für das Wassernutzungskonzept zusätzlich eine Prüfung der Verwendung von alternativen Wasserressourcen (z.B. Grauwassernutzung) erfolgen.

Die Anfälligkeit von Böden gegenüber den klimawandelbedingten Entwicklungen stellt für den Standort und die gärtnerische Nutzung eine weitere Herausforderung dar. Hier müssen im Zusammenhang mit dem klimawandelbedingten Anstieg der Lufttemperatur und damit verbundenen häufigeren Bodendürren verstärkt Maßnahmen zum Erhalt der Bodenfeuchte und Wasserspeicherfähigkeit getroffen werden. Während schlechte Bodenfunktionen sehr anfällig auf klimatische Änderungen reagieren, bieten sie bei intakten Funktionen eine hohe Resilienz gegenüber ebendiesen und können Klimawandelfolgen in einem ganzheitlichen Ansatz reduzieren (Mathews, 2011; R. Müller, 2021). Ein hoher Humusgehalt fördert die Wasserspeicherfähigkeit und Vegetationsdichte, wodurch zum einen die Verdunstung und Anfälligkeit gegenüber Bodendürren vermindert und zum anderen die Widerstandsfähigkeit des Bodens gegenüber Starkregenereignissen erhöht wird (Gould, 2015; Védère et al., 2022). Eine hohe Vegetationsdichte mit hoher Durchwurzelung reduzieren ebenfalls Bodenabtragung durch Wind und tragen durch die verstärkte Evaporation zu einem Kühlungseffekt als Reaktion auf die steigende Lufttemperatur innerhalb von Städten bei (Carvalho et al., 2023; LANUV, 2021b; Pitha et al., 2023). **Am neuen Standort des NeuLand-Gartens sollte sich folglich stark auf den Erhalt der natürlichen Bodenfunktionen fokussiert werden, um den Boden als Wasserspeicher im Sinne der Wassernutzung verstärkt verwenden zu können als auch um die Resilienz des Standorts gegenüber den aufgezeigten Klimawandelfolgen zu erhöhen.**

Auch wenn die Einflussnahme auf die klimatischen Trends in Folge des Klimawandels für die NeuLand-Gemeinschaft begrenzt sind, zeigen die Ergebnisse der Standortanalyse, dass lokale Maßnahmen den Garten resilienter gegenüber Klimawandelfolgen gestalten können. Die konkreten Schlussfolgerungen für die klimaresiliente Wassernutzung sind in Tabelle 3 zusammengefasst.

Tabelle 3 Abgeleitete standortspezifische Maßnahmen zur Konzeptionierung

PARAMETER	ABGELEITETE MAßNAHMEN FÜR DEN NEULAND-GARTEN
Topografie 	<ul style="list-style-type: none"> Niederschlagszu- und abflüsse nach Einbringung des neuen Bodens beobachten
Flächennutzung 	<ul style="list-style-type: none"> Flächen- und Wassernutzung aufeinander abstimmen Synergieeffekte mit den Planungen der Quartiersentwicklung (Parkstadt Süd) prüfen
Temperatur 	<ul style="list-style-type: none"> Für Kühlungseffekt auf Mikroebene sorgen z.B. durch Schatten, Dach- und Fassadenbegrünung, Wasserflächen, flächige Vegetationsbedeckung des Bodens
Niederschläge 	<ul style="list-style-type: none"> verbesserte Regenwassersammlung und Speicherung zum Ausgleich von Verdunstungseffekten und regenarmen Zeiten Winterniederschläge nutzen Nutzung alternativer, kontinuierlicher Wasserressourcen prüfen
Wind 	<ul style="list-style-type: none"> Oberflächenabtragung bzw. Verdunstung durch Windbruch entgegenwirken
Boden 	<ul style="list-style-type: none"> Die genaue Zusammensetzung des neu eingebrachten Ober- und Unterbodens ermitteln Versickerungsfähigkeit abschätzen Wasserspeicherfähigkeit und Bodenfeuchte erhalten durch Förderung natürlicher Bodenfunktionen
Dürren 	<ul style="list-style-type: none"> Resilienz des Bodens stärken Besondere Maßnahmenplanung für Dürren prüfen
Starkregen 	<ul style="list-style-type: none"> hohe Versickerungsfähigkeit des Bodens gewährleisten Systeme zur Regenwassersammlung und -Speicherung vor Überlastung / Überlaufen sichern

6 Vorüberlegungen zur Konzeptionierung der Wassernutzung

Neben den Standortbedingungen hatten weitere Faktoren Einfluss auf die Konzeptionierung der Wassernutzung für den NeuLand-Garten. Dazu zählte die Bewertung der Ausgangslage im Umgang mit der Ressource Wasser am bisherigen Standort als auch die Wünsche und Prioritäten der NeuLand-Gemeinschaft. Verknüpft mit den Erfahrungen aus anderen Urban Gardening Vereinen wurden sie als relevante Einflussfaktoren für die Konzeptionierung herangezogen. In dem nachfolgenden Kapitel sind die gewonnenen Erkenntnisse aus der innerhalb der NeuLand-Gemeinschaft durchgeführten Umfrage und den Expert:innengesprächen zusammengefasst. Die abschließend definierten Möglichkeiten und Grenzen bildeten die Grundlage für das Wassernutzungskonzept am neuen Standort.

6.1 Ausgangslage Wassernutzung

Die Wassernutzung am bisherigen Standort wird in diesem Abschnitt beschrieben. Daraus ließen sich bereits erste Best Practice Beispiele und verbesserungsfähige Ansätze für den neuen Standort ableiten.

6.1.1 Trinkwasserverbrauch und Verbraucher

Der alte Standort verfügte seit 2013 über einen Trinkwasseranschluss, über den im Küchencontainer (3 Spülbecken, 1 Geschirrspüler), im Toilettencontainer (1 Waschbecken, 1 Toilette) und an einem überdachten Waschbecken zum Händewaschen / (Werkzeug-)Reinigen, Trinkwasser verbraucht wurde (Neuland e.V., Persönliche Mitteilung, 29. Juli 2023). Die genaue Verteilung des Wasserverbrauchs auf die einzelnen Entnahmestellen war nicht ermittelbar, da nur ein Wasserzähler vorhanden war. Eine grobe Abschätzung anhand von typischen Verbrauchszahlen aus Haushalten wurde nicht durchgeführt, da diese sich für eine Übertragung auf den NeuLand-Garten aufgrund der unregelmäßigen Nutzung (vorrangig während der Saison, WC- und Küchennutzung abhängig von Anzahl an Veranstaltungen und Besucher:innen etc.) nicht eigneten.

Neben den eben genannten Verbrauchern wurde Trinkwasser weiterhin zur Bewässerung entnommen. Diese erfolgte auf den bisherigen Standort über die auf dem Gelände verteilten 1.000l-IBC-Tanks, aus denen Wasser dezentral auf dem Gelände entnommen und mit Gießkannen zu den Beeten gebracht wurde. Zusätzlich gab es mehrere Schlauchleitungen zur Bewässerung größerer Flächen (z.B. Kräutertempel). Auch das für die Bewässerung entnommene Trinkwasser konnte aufgrund fehlender Dokumentation in seinem Verbrauch nicht exakt bestimmt werden. Seit der Installation des Trinkwasseranschlusses wurden 2.083 m³ Wasser entnommen (persönliche Ablesung: 14.05.2023). Der Durchschnittswert des jährlichen Verbrauchs lag damit bei ca. 521 m³. Eine genaue Aufschlüsselung nach Jahren in Abhängigkeit der jährlichen Niederschlagsmengen hätte aussagekräftigere Ergebnisse zum tatsächlichen Trinkwasserbedarf für die Bewässerung geben können. Ein Zugang zu den Abrechnungen war jedoch nicht möglich. Aus

den Erfahrungswerten des Vereins und unter dem Aspekt, dass der Trinkwasseranschluss während der Wintermonate abgesperrt wurde, ist jedoch anzunehmen, dass der größte Teil des Trinkwassers während der gärtnerischen Saison (April – September) für die Bewässerung verwendet wurde (Neuland e.V., Persönliche Mitteilung, 29. Juli 2023).

Um diesen Anteil zumindest grob abschätzen zu können, erfolgte eine Annäherung über die zu bewässernde Fläche. Die rund 200 Hochbeete mit durchschnittlichen Maßen von 1,20 m x 0,8 m (L x B) und den sonstigen zu bewässernden Flächen (Hühnerauslauf, Kräuterhügel, Blumentöpfe) konnte von rund 500 m² Fläche ausgegangen werden, die in der Hauptsaison (April bis September, ca. 180 Tage) gegossen werden mussten (Neuland e.V., Persönliche Mitteilung, 29. Juli 2023). Bei einem zugrunde gelegten durchschnittlichen Wasserverbrauch von einer Gießkassette (10 l) alle 2 Tage pro m² bepflanzter Fläche (Interview 5 [5], 2023), entsprach die Wassermenge von rund 450 m³ knapp 86% des Trinkwasserverbrauchs ($5 \frac{l}{Tag} \cdot 180 Tage \cdot 500m^2 = 450m^3$). Der Anteil für die Bewässerung erscheint realistisch. Mit dem zusätzlich verfügbaren Anteil an Regenwasser von durchschnittlich 433 mm pro m² (vgl. Abschnitt 5.2.2.2) während der Saison (entspricht rund 173 m³), konnte jedoch keine abschließende Bewertung des Verbrauchs stattfinden. Entweder wurde deutlich mehr Trinkwasser für die Bewässerung verwendet oder der Trinkwasserverbrauch außerhalb der Bewässerung lag höher. **Für den neuen Standort sollte der Anteil an Trinkwasser für die Bewässerung durch einen zusätzlichen Wasserzähler gesondert erfasst werden, um sowohl den tatsächlichen Bedarf als auch Einsparungspotenziale bei anderen Verbrauchern identifizieren zu können.**

6.1.2 Ansätze zur klimaresilienten Wassernutzung

Bereits am bisherigen Standort erfolgten Ansätze zur klimaresilienten Wassernutzung, vorrangig durch die Sammlung von Regenwasser über die vorhandenen Dachflächen in insgesamt 10 IBC-Tanks (10 m³ Speichervolumen). Die Ergebnisse aus der Umfrage (s. Abschnitt 6.3.2) zeigten zusätzliche Maßnahmen im Kontext der klimaresilienten Wassernutzung wie Mulchen, Nutzung von Ollas und permakulturelle Ansätze (u.a. Anbau von Pflanzen mit geringem Wasserbedarf, ökologisches Gießen) am bisherigen Standort auf. Technische Bewässerungssysteme (z.B. automatisierte Tröpfchenbewässerung, Beregner) existierten am bisherigen Standort nicht. Um das über die Dachflächen gesammelte Regenwasser grob abschätzen und Optimierungspotenziale für den zukünftigen Standort identifizieren zu können, sind die angewandten Systeme nachfolgend kurz vorgestellt.

An allen feststehenden Gebäuden, bis auf den mit ungeeigneter Teerpappe gedeckten Bauwagen, waren Ansätze zur Regenwassersammlung feststellbar (BMUV, 2023b). Vorrangig erfolgte der Zulauf über nachträglich angebrachte Regenrinnen in einen oder mehrere IBC-Tanks zur Speicherung (s. Abbildung 13 und 14).

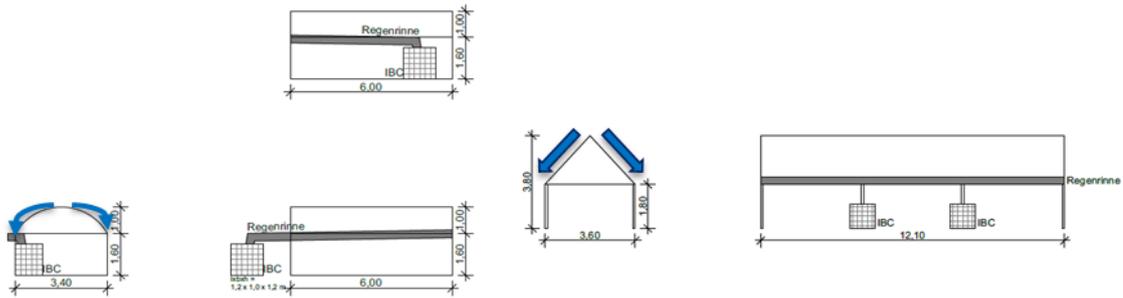


Abbildung 13 Regenrinnenkonstruktionen zur Regenwassersammlung an dem Gewächshaus (links) und der Arena (rechts) mit blau markierten Abflussrichtungen (Quelle: eigene Darstellung)

Vereinzelt, wie z.B. an der Jurte, wurde das System aufgrund von Reparaturbedarf seit längerem nicht genutzt. Funktionierende Installationen fanden sich wie unten abgebildet an dem Gewächshaus (ein IBC-Tank seitlich, einer an der Vorderseite) und der Arena (jeweils zwei IBC-Tanks auf jeder Seite). An dem Werkzeugcontainer sowie den vier zusammengestellten Containern (Küche, Büro, Faradgang, WC) waren aufwendige Dachkonstruktionen aus Holz und Gewebeplanen zur Regenwassersammlung und Schattenspende angebracht. (s. Abbildung 14). Ein Zulauf von Regenwasser von den Containerdächern war durch die Konstruktionsart der Aufbauten nicht möglich. Zur Vereinfachung wurde hierfür beispielhaft die seitliche Ansicht des Aufbaus am Werkzeugcontainer gezeichnet. Die Dächer 1-4 an der Küche waren analog dazu gestaltet. Dach 1 diente nur zur Schattenspende und verfügte über keine Regenrinne.

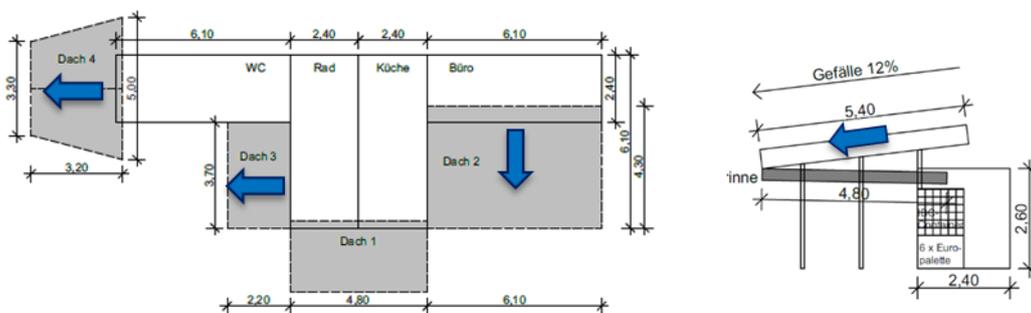


Abbildung 14 Dachaufbauten zur Regenwassersammlung an den Containern im Eingangsbereich (links) und dem Werkzeugcontainer (rechts) mit blau markierten Abflussrichtungen (Quelle: eigene Darstellung)

Da die gesammelte Regenwassermenge über die eben aufgeführten Dachkonstruktionen und IBC-Tanks nicht dokumentiert war, wurde sie rechnerisch abgeschätzt. Dies erfolgte auf Grundlage der Formel zum Regenwasserertrag gem. DIN EN 16941-1 (2018) mit folgender Formel und den Voraussetzungen:

$$Y_{R,t} = \sum(A_i \cdot e_i) \cdot h_t \cdot \eta$$

$Y_{R,t}$ der Regenwasserertrag je Zeitabschnitt für $t = 1$ Jahr bzw. 6 Monate (Saison), in Liter (l)

A_i die horizontale Projektion der Auffangfläche, in Quadratmeter (m^2)

- e_i der Oberflächenertragsbeiwert; angesetzt mit 0,9 für geneigte glatte Oberflächen (Gewebeplanen) gemäß DIN EN 16941 (S.21)
- h_t die gesamte Regenwasserhöhe für den ausgewählten Zeitabschnitt $t = 1$ Jahr bzw. 6 Monate (Saison), in Millimeter (mm); angesetzt mit 800 mm bzw. 433 mm gem. Standortanalyse (s. Abschnitt 5.2.2.2)
- η der Beiwert zum hydraulischen Wirkungsgrad der Behandlung; angesetzt mit 0,9 gemäß DIN EN 16941 (S.20)

Die Berechnung erfolgte einmal für die jährliche Regenmenge, um aufzuzeigen, wie viel Regenwasser über die Konstruktionen prinzipiell mit ausreichenden Speicherkapazitäten sammelbar gewesen wäre. Im Anschluss erneut unter den verfügbaren Speichervolumen der installierten IBC-Tanks. Es wurde davon ausgegangen, dass sich die Speicher über den Winter einmal komplett gefüllt hatten und Regenmengen nur bei gleichzeitiger Entnahme für die Bewässerung während der Saison von April bis September nutzbar waren. Dadurch konnte ein erster Eindruck zum Potenzial der Regenwassernutzung für die Bewässerung gewonnen als auch Optimierungspotenzial für den neuen Standort identifiziert werden. Die Ergebnisse sind in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4 Potenzieller und saisonal nutzbarer Regenertag am bisherigen Standort

	Arena	Dach 2	Dach 3	Dach 4	Gewächshaus	Werkzeugcontainer
A_i	12,10 m · 3,60 m = 43,56 m ²	4,40 m · 6,10 m = 26,84 m ²	3,70 m · 2,20 m = 8,14 m ²	$\frac{1}{2} \cdot (3,90 \text{ m} + 5,0 \text{ m})$ · 3,20 m = 14,24 m ²	6,0 m · 3,40 m = 20,4 m ²	5,4 m · 6,1 m = 32,94 m ²
	$Y_{R,t} = \sum(A_i \cdot e_i) \cdot h_t \cdot \eta$ mit $e_i = 0,9; h_t = 800 \text{ mm}; \eta = 0,9; t = \text{Jahr}$					
$Y_{R,\text{Jahr},\text{Potenzial}}$	28226,88 l ≈ 28,23 m ³	17392,32 l ≈ 17,39 m ³	5274,72 l ≈ 5,27 m ³	9227,52 l ≈ 9,23 m ³	13219,20 l ≈ 13,22 m ³	21345,12 l ≈ 21,35 m ³
	$\sum Y_{R,\text{Jahr},\text{Potenzial}} \approx 94,69 \text{ m}^3$					
Speichervolumen	4 m ³	1 m ³	1 m ³	1 m ³	2 m ³	1 m ³
	$Y_{R,t} = \sum(A_i \cdot e_i) \cdot h_t \cdot \eta$ mit $e_i = 0,9; h_t = 433 \text{ mm}; \eta = 0,9; t = \text{Saison}$					
$Y_{R,\text{Saison},\text{Speicher}}$	4 m ³ + 15,28 m ³ ≈ 19,28 m ³	1 m ³ + 9,41 m ³ ≈ 10,41 m ³	1 m ³ + 2,85 m ³ ≈ 3,85 m ³	1 m ³ + 4,99 m ³ ≈ 5,99 m ³	1 m ³ + 7,15 m ³ ≈ 9,15 m ³	1 m ³ + 11,55 m ³ ≈ 12,55 m ³
	$\sum Y_{R,\text{Saison},\text{Speicher}} \approx 61,25 \text{ m}^3$					

Das rechnerische Ergebnis zeigte eine potenzielle Menge von knapp 95 m³ Regenwasser, die über die Dachflächenkonstruktionen gewonnen werden konnte. Knapp ein Fünftel des durchschnittlichen, jährlichen Trinkwasserverbrauchs wäre damit durch Regenwasser am bisherigen Standort kompensierbar gewesen. Unter Berücksichtigung der verfügbaren Speicherkapazitäten stand rein rechnerisch bereits nur 65 % des

Regenwassers zur Verfügung. Da die Berechnungen weiterhin von optimalen Bedingungen der einzelnen Komponenten (Regenrinnenbemessung, verlustfreie Zuläufe zum Speicher etc.) ausging, ist anzunehmen, dass die tatsächlich nutzbare Regenwassermenge deutlich unter 61 m³ lag. **Für den neuen Standort kann daraus abgeleitet werden, dass die Speicherkapazitäten ausgebaut werden sollten, um das übers Jahr verteilte Potenzial an Regenwasser besser nutzen zu können. Ebenfalls ist auf eine Verbesserung der Zuläufe in die Speicher hinzuwirken.**

6.2 Erfahrungen aus anderen (Gemeinschafts-)Gärten

Im Rahmen der durchgeführten Interviews wurden Erfahrungen in Bezug auf die Bewässerung von Mitgliedern anderer Gemeinschaftsgärten eingeholt. Der nachfolgende Abschnitt fasst die Ergebnisse zusammen, weiterführende Informationen können dem Categoriesystem im Anhang entnommen werden. Das Detailwissen der Befragten floss vor allem in die Beschreibung der konkret umsetzbaren Möglichkeiten in Kapitel 7 ein.

Die Größe der befragten Gemeinschaftsgärten umfasste zwischen 500 – 5.000 m² Gesamtfläche, in denen in unterschiedlichen Beetformen (vorrangig Hoch-, Rahmen- und Grundbeeten) gegärtnert wurde (Interview 1 [1]; Interview 2 [2]; Interview 3 [3]; Interview 4 [4]; Interview 6 [6]; Interview 7 [7], 2023). Die Mehrheit verfügte analog zum NeuLand-Garten über einen leitungsgebundenen Wasseranschluss (Trinkwasser- bzw. Sickerwasserleitung), was jedoch nicht unbedingt die Norm in Gemeinschaftsgärten darstellt (Croy, 2018; C. Müller, 2012a). Einzelne Städte stellen den Gärten beispielsweise Brunnen zur Verfügung oder den Zugriff auf nahegelegene Hydranten (4; 5, 2023). Durch die unterschiedlichen Bedingungen in den einzelnen Gemeinschaftsgärten war die Bewässerung entsprechend individuell gestaltet.

In den Gärten ohne Wasseranschluss fand eine Bewässerung ausschließlich mittels gesammelten Regenwasser über Dachflächen statt und ein Garten nutzte trotz Anschluss prinzipiell kein Trinkwasser zur Bewässerung (1; 2; 4). Hier bestanden jedoch Möglichkeiten auf große Dachflächen angrenzender Gebäude zuzugreifen (Klostergebäude, Bunker, benachbarter Supermarkt). Gärten ohne Zugang zu großen Dachflächen setzten ebenfalls auf die Sammlung von Regenwasser über kleinere Gebäude innerhalb des Geländes (z.B. Container mit Dachaufbauten, Gewächshäuser, Gartenhütten) (6; 7). Die Ansätze konnten ausbleibenden Regen jedoch nicht lange kompensieren, weshalb dort ein hoher Anteil der Bewässerung auf die Ressource Trinkwasser entfiel. Auch Gärten mit großen Dachflächen teilten Schwierigkeiten bei trockenen Sommern mit (2; 4). Die am häufigsten genutzten Speichermedien waren wie im NeuLand dabei überirdische Lösungen in Form von IBC-Tanks und Regentonnen (1; 2; 4; 6; 7). Ein Garten verfügte zusätzlich über eine unterirdische Zisterne, die sich bei Bezug des Standortes bereits auf dem Gelände befand; deren genaue Größe und Zuläufe jedoch unklar waren (4). Vereinzelt verwendeten Gärten Vorfluter, Grob- oder Feinfilter vor Einleitung des gesammelten Wassers in die Speichermedien (4; 7).

Der Großteil der Gemeinschaftsgärten verfügte wie das NeuLand über keine technischen Bewässerungssysteme (1 -3; 5; 6). Abgesehen von pumpenbetriebener Überbrückung von Wegen (IBC-Tank zu Garten / Beeten) waren nur in einem Gemeinschaftsgarten und dem landwirtschaftlichen Kleinbetrieb umfangreichere, technische Bewässerungssysteme im Einsatz (4; 7). Ein Garten organisierte die Bewässerung von ca. 25 Hochbeeten über eine an die Zisterne angebundene automatisierte Tröpfchenbewässerung, die via Inselsolaranlage und Zeitschaltuhr betriebener Pumpe, funktionierte (4). In dem landwirtschaftlichen Kleinbetrieb fand ebenfalls eine druckausgeglichene automatisierte Tröpfchenbewässerung Anwendung. Als Wasserquelle diente dort das, in Regentonnen mit angeschlossener und Zeitschaltuhr betriebener Pumpe, gesammelte Niederschlagswasser von den Gewächshausdachrinnen. Ebenfalls kamen dort technische Bewässerungssysteme in Form von Viereckregner zum Einsatz (7).

Alle Befragten setzten wie auch im NeuLand-Garten, ergänzend zu den individuellen Bewässerungslösungen, das Mulchen als Standard zur Reduzierung von Verdunstungseffekte über den Boden ein (1-7). Vereinzelt gab es Experimente mit selbstbewässernden Beetformen (Wicking Beds, Wasserspeicherhochbeete) und Tröpfchenbewässerung (2; 3; 5; 6). Den Aufbau- und Wartungsaufwand sowie die investierten Kosten für die verschiedenen Bewässerungssysteme bewerteten die Befragten als gering (1-4; 6). Dies war nicht überraschend, da die finanziellen und personellen Ressourcen in Gemeinschaftsgärten meist begrenzt sind und dadurch aufwendigere oder teurere Lösungen schon im Vorfeld der Planung verworfen wurden. Die Bewässerungssysteme konnten meist innerhalb von wenigen Tagen mit 2-10 Personen fertiggestellt werden. Die Kosten schwankten in Abhängigkeit der installierten Systeme, Größe des Gartens und vorhandenem Trinkwasseranschluss bei den fünf Gemeinschaftsgärten zwischen 500 – 2.000 €. Der Wartungsaufwand für die Systeme beschränkte sich meist auf die jährliche Reinigung der Speicherbehältnisse und vereinzelt Reparaturen / Komponentenaustausche (z.B. Pumpe, einzelne Tropfer, Schläuche) (1-4; 6; 7).

Im Allgemeinen waren die Befragten zufrieden mit den installierten Systemen bzw. der Organisation der Bewässerung in ihren Gärten. Es bestanden im Zusammenhang mit den Bewässerungssystemen keine Interessenskonflikte innerhalb der befragten Gartengemeinschaften. Vielmehr freuten sich die Gartengemeinschaften darüber, wenn sich jemand mit dem Thema Bewässerung auseinandersetzte und die vorgeschlagenen Lösungen wurden positiv aufgenommen (2; 6). Kritisch wurde angemerkt, dass dadurch jedoch auch das Potential für konstruktive Diskussionen und das Aufzeigen von geeigneteren Lösungen ungenutzt bleibt (2). Als allgemeiner, potenzieller Interessenskonflikt innerhalb Gemeinschaftsgärten konnte die fehlende Bereitschaft zum langfristigen Engagement und Verantwortungsübernahme für Projekte oder AG gewertet werden (2; 3). Sonst bezogen sich genannte Probleme eher auf externe Faktoren, z.B. Vandalismus oder den Erhalt ausreichender Fördermittel. In einem Garten erfolgte deshalb keine gewünschte gutachterliche Prüfung der Wasserqualität des gesammelten Regenwassers, in einem anderen wurde eine großflächige Tröpfchenbewässerung und Neuanschaffung einer besser zu handhabenden Pumpe verworfen (2; 4).

6.3 Perspektive der NeuLand-Gemeinschaft

Die Bewertung der Ausgangslage und Erfahrungen anderer Gemeinschaftsgärten bildeten zusammen mit der Perspektive der NeuLand-Gemeinschaft die Basis für die Konzeptionierung der Wassernutzung am neuen Standort. Zur Definition der NeuLand-Perspektive wurden die Prioritäten des Vereins ermittelt sowie dessen Wünsche für die zukünftige Wassernutzung im Rahmen einer Umfrage erhoben.

6.3.1 Prioritäten des NeuLand e.V.

Die zweite Unterforschungsfrage fokussierte, ob die ausgewählten Wassernutzungsmöglichkeiten im Einklang mit den Prioritäten des NeuLand e.V. sind und wo potenzielle Interessenkonflikte bestehen könnten. Um dies zu beantworten, wurden die Prioritäten des NeuLand e.V. und dessen Gemeinschaft ermittelt. Die Ergebnisse sind im nachfolgenden Abschnitt zusammengefasst.

Im Gegensatz zu Gärten, die Teil internationaler Netzwerke wie Green Thumb (New York) oder Main Verte (Paris) sind und sich zur Einhaltung bestimmter Auflagen verpflichten, agiert der NeuLand e.V. wie viele deutsche Gemeinschaftsgärten unabhängig (Ernährungsrat für Köln und Umgebung e.V. & Agora Köln, 2018). Dennoch hat sich der Verein auf bestimmte Ziele und Werte festgelegt, auf deren Basis Entscheidungen innerhalb des Gartens getroffen werden. Die Förderung von Bildung, Umwelt- und Naturschutz und bürgerlichem Engagement stellen die übergeordneten formulierten Ziele des Vereins dar (Satzung des Vereins NeuLand e.V., 2020). Im Einklang dazu stehen auch die vom NeuLand e.V. unterzeichneten Positionspapiere. Der unterschriebene Aktionsplan *Essbare Stadt* des Ernährungsrat für Köln und Umgebung e.V. möchte „einen Beitrag zur Erreichung der Nachhaltigen Entwicklungsziele (SDG) auf kommunaler Ebene leisten“ (2018, S. 10). Das ergänzend unterzeichnete Urban Gardening Manifest betont zudem die Bedeutung von Gemeinschaftsgärten und Stadtnatur im öffentlichen Raum „für eine lebenswerte Stadt und eine zukunftsorientierte Urbanität“ (anstiftung e.V., 2014, S. 1).

Neben den übergeordneten bzw. unterzeichneten Zielen, hat sich die NeuLand-Gemeinschaft auch über intern gelebte Werte und die Ausrichtung des Gartens Gedanken gemacht. Die grundsätzliche Ausrichtung ergibt sich durch die Einordnung in die Urban Gardening Bewegung (vgl. Kapitel 2). Im Sinne einer gärtnerischen Ausrichtung entwickelte sich während der letzten Jahre ein zunehmendes Interesse der Gartengemeinschaft an den Prinzipien der Permakultur. Das zentrale Konzept der Permakultur besteht darin, energieintensive und umweltbelastende Technologien zu reduzieren bzw. zu ersetzen, indem biologische Ressourcen in einem ganzheitlichen Ansatz nach dem Vorbild natürlicher Ökosysteme genutzt werden (Morel et al., 2019). Ein Fokus liegt dabei auf dem Beobachten und Beachten der spezifischen Standortbedingungen, des Mikroklimas und der Interaktionen zwischen Komponenten (z.B. Wurzelsysteme, Pflanzengemeinschaften) (Interview 8 [8], 2023; Morel et al., 2019).

Die Ziele, Werte und (gemeinschafts)gärtnerische Ausrichtung sind in Abbildung 15 dargestellt. Die übergeordneten und unterzeichneten Ziele des Vereins stehen dabei mit den zentralen Werten der NeuLand-Gemeinschaft im Einklang und werden von den Prinzipien der Urban Gardening und Permakultur-Bewegung eingerahmt. **Die dargestellten Ziele, Werte und Ausrichtungen wurden in der nachfolgenden Konzeptionierung zusammengefasst als Prioritäten des NeuLand e.V. bezeichnet und in Kapitel 8 zur Bewertung des erstellten Wassernutzungskonzepts herangezogen.**

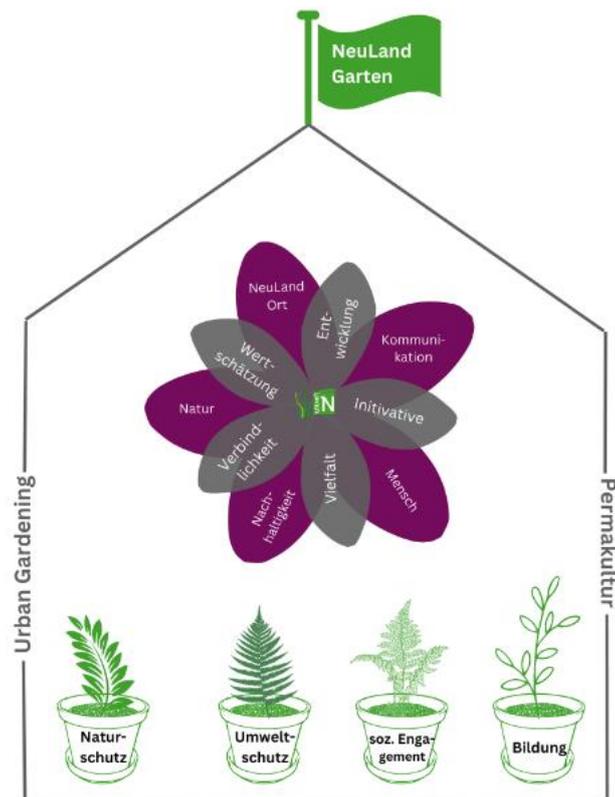


Abbildung 15 Prioritäten des NeuLand e.V. (eigene Darstellung)

6.3.2 Ergebnisse aus der Umfrage

Zusammen mit den Prioritäten des NeuLand e.V. bildeten die Ergebnisse der durchgeführten Online-Umfrage die NeuLand-Perspektive ab. Diese wurde für die Arbeit als essenzieller Bestandteil für die Konzeptionierung im Rahmen des partizipativen Entscheidungsprozesses gewertet. An der Umfrage nahmen insgesamt 37 Personen teil, von denen nach Ausschluss der unvollständig ausgefüllten Fragebögen 24 auswertbare Fälle ($N=24$) im Datensatz verblieben. Der nachfolgende Absatz fasst die Ergebnisse zu den abgefragten Wassernutzungsansätzen am bisherigen Standort und den Wünschen bzw. Zielvorstellungen der NeuLand-Gemeinschaft für die zukünftige Wassernutzung zusammen.

Die Wünsche bezogen sich vor allem auf den Ausbau der bisherigen Regenwassernutzungsmöglichkeiten, beispielsweise durch Regenrinnen an allen Dächern und Installation von mehr bzw. größeren Regenwasserspeichern (12 Nennungen), was im Einklang mit den Ergebnissen aus der bewerteten Ausgangslage (s. Abschnitt 6.1) stand. Weitere, genannte Ideen zielten auf die Reduzierung der Verdunstung und die Verbesserung der Speicherfähigkeit des Bodens ab (u.a. flächige Begrünung, Waldgartenprinzip) und unterstrichen damit, die bereits im Rahmen der Standortanalyse (s. Kapitel 5) identifizierten Ansätze (5 Nennungen).

Die Festlegung von Standards, Schulung und Sensibilisierung für die Thematik sowohl innerhalb der Gartengemeinschaft als auch bei externen Besucher:innen wurde als wünschenswert für den neuen Standort erachtet (2 Nennungen) und im Rahmen der nachfolgenden Konzeptionierung auch mitbetrachtet. Einzelne Nennungen adressierten weiterhin die Themen Komposttoilette und standardmäßige Verwendung von Ollas in allen Hochbeeten, welche auch bereits in den Interviews aufkamen.

Ein weder in den durchgeführten Expert:inneninterviews genannter noch am bisherigen Standort verfolgter Ansatz, stellte die Wiederverwendung von Brauchwasser (z.B. vom Geschirrspülen, Händewaschen) in Form eines lokalen Wasserkreislaufs dar. Dies wurde in der Umfrage jedoch häufig als wünschenswerter Zielzustand für das neue Gelände angesehen (8 Nennungen) und die Möglichkeiten und Grenzen deshalb auch im Rahmen der Konzeptionierung geprüft.

6.4 Rechtliche und organisatorische Grenzen

Der wissenschaftliche Diskurs (Kapitel 3) und die abgeleiteten Schlussfolgerungen der Standortanalyse (s. Abschnitt 5.4) zeigten bereits theoretisch umsetzbare Ansätze zur klimaresilienten Wassernutzung für den Untersuchungsraum auf. Die Erfahrungen der Expert:innen und Wünsche der NeuLand-Gemeinschaft ergänzten diese. Während die Anwendung in anderen Gemeinschaftsgärten bereits auf eine hohe Umsetzbarkeit schließen ließ, waren andere Ansätze an (umwelt-)rechtliche, technische und organisatorische Vorgaben geknüpft. Da das Hauptuntersuchungsziel der Arbeit die Entwicklung eines praktisch umsetzbaren Wassernutzungskonzept für die Zielgruppe des NeuLand e.V. adressierte, erfolgte eine intensive Prüfung der identifizierten Möglichkeiten. Diese stützte sich zum Teil auf informelle Kommunikation mit Behörden und Sachverständigen, weshalb die Ausführungen im Anhang zu diesem Kapitel nicht öffentlich einsehbar sind. **Die geprüften Ansätze können der Tabelle 5 entnommen werden und machen nachvollziehbar, weshalb einzelne Aspekte im Rahmen der Konzeptionierung nicht weiter betrachtet bzw. erläutert wurden.**

Tabelle 5 Geprüfte Ansätze klimaresilienter Wassernutzungsmöglichkeiten im Vorfeld der Konzeptionierung

Geprüfte Möglichkeit	Beitrag zur klimaresilienten Wassernutzung		standortspezifische Umsetzbarkeit (NeuLand)
Grundwasserbrunnen	Alternative Wasserressource für die Bewässerung; Anwendung in anderen Gemeinschaftsgärten		aus umweltrechtlichen Vorgaben nicht erlaubt und fehlender Klimaresilienz nicht empfohlen
Regenwassersammlung von der Dachfläche der Lagerhalle	Große Fläche, einfache Sammlungsmöglichkeit von zusätzlichen Regenwasserressourcen; Anwendung in anderen Gemeinschaftsgärten		möglich und mit Aufwand umsetzbar, aber aufgrund eingeschränkter Wasserqualität nicht empfohlen
Synergieeffekte mit angrenzenden Versickerungsanlagen	Alternative Wasserressource für die Bewässerung		aus umweltrechtlichen Vorgaben nicht erlaubt
Rain Gardens / Rain Harvesting Systems	Verbesserung der Regenwassersammlung und -nutzung		Ansätze fallen teilweise unter die Vorgaben von Versickerungsanlagen, welche am Standort nicht erlaubt sind; vereinzelte Anwendbarkeit im Zusammenhang mit Starkregen
Technische Anlagen zur Regenwasser- und / oder Grauwassernutzung	Bildung von Wasserkreisläufen; Einsparung Trink- und Abwasser		aus Aufwand – Kosten – Nutzen Abwägung verworfen
Naturbasierte Anlagen zur Grauwassernutzung (Grauwasserturm)	Bildung von Wasserkreisläufen; Einsparung Trink- und Abwasser		umweltrechtlich möglich und empfohlen
Naturbasierte Anlagen zur Grauwassernutzung (Pflanzenkläranlage)	Bildung von Wasserkreisläufen; Einsparung Trink- und Abwasser		aus umweltrechtlichen Vorgaben nicht erlaubt und auch nicht sinnvoll
Dachbegrünung	Kühlung auf Mikroebene, Reduzierung von Verdunstungseffekten		Möglich und umsetzbar, aber in Konkurrenz zu maximaler Regenwassergewinnung über Dachflächen; nicht uneingeschränkt empfohlen
Visualisierung des Wassernutzungskonzept	Anschauliche Ergebnisdarstellung; Berechnung von Regenerträgen und Bemessung von Speichervolumina für den neuen Standort		Interne Skizzen nicht verwendbar / nicht öffentlich; Verschiebung des Umzugstermins und themenrelevanter Planungen während Bearbeitungszeit

6.5 Zusammenfassung, Möglichkeiten und Grenzen der Konzeptionierung

Für die Vorüberlegungen zur Konzeptionierung einer klimaresilienteren Wassernutzung am neuen Standort des NeuLand-Gartens erfolgte die Erhebung der Ausgangslage, der Erfahrungen aus anderen Gemeinschaftsgärten, der Perspektive der NeuLand-Gemeinschaft als auch von rechtlichen und organisatorischen Grenzen. Der Ist-Stand der Wassernutzung als auch die geprüften Möglichkeiten und Grenzen der Konzeptionierung sind in Abbildung 17 dargestellt.

Bei der Bewertung der Ausgangslage als auch bei den Gesprächen mit anderen Gemeinschaftsgärten konnten bereits funktionierende Ansätze zur klimaresilienten Wassernutzung festgestellt werden. Die Regenwassersammlung über Dachflächen, das Mulchen und die Nutzung von Ollas als Wasserspeicher in Beeten stellten die gängigsten Ansätze dar. Ergänzend kamen vereinzelt technische Bewässerungssysteme zum Einsatz. Aufgrund der ähnlichen (Vereins-)Struktur wurde den Ansätzen dabei auch eine Umsetzbarkeit für das NeuLand unterstellt. Interessenskonflikte innerhalb der befragten Gartengemeinschaften entstanden bei der Implementierung von Bewässerungssystemen nicht und wurden unter Berücksichtigung der Prioritäten der NeuLand-Gemeinschaft für die Arbeit auch nicht in hohem Ausmaß erwartet. Die Interviews mit den Gemeinschaftsgärten und Wünsche vom NeuLand zeigten weiterhin, dass eine **klimaresilientere Wassernutzung nicht unbedingt mit anspruchsvollen, technischen Lösungen verbunden** sein muss.

Die Regenwassersammlung und Speicherung auszubauen, war der am häufigsten in der Umfrage genannte Wunsch innerhalb der NeuLand-Gemeinschaft. Aus der Bewertung der Ausgangslage konnten bereits sehr ausgeprägte Ansätze zur Regenwassergewinnung über Dachflächen am bisherigen Standort festgestellt werden. Durch Optimierung der Anordnung, Zuläufe und Konstruktionen sowie Ausbau der Speicherkapazitäten besteht großes Potenzial, den Bedarf an Trinkwasser für die Bewässerung am neuen Standort zu reduzieren. Erfahrungen zur wassersparenden Bewässerung in Form von organisatorischen Maßnahmen oder technischen Bewässerungssystemen aus anderen Gärten ergänzend umzusetzen, scheinen dabei am erfolgversprechendsten. Diese Themenaspekte wurden zusammen mit der Verbesserung der Bodenbedingungen als Ergebnis aus der Standortanalyse in der Konzeptionierung fokussiert.

Hinsichtlich des mehrfach geäußerten Wunschs der NeuLand-Gemeinschaft von Wasserkreisläufen und der Wiederverwendung von Brauchwasser schränkten vor allem umweltrechtliche Vorgaben und dem Nutzen entgegenstehende, unverhältnismäßig hohe (Kosten-)Aufwände die Umsetzbarkeit ein. Für die nachfolgende Konzeptionierung stellten damit nur die Grauwassertürme und Komposttrenntoilette umsetzbare Möglichkeiten dar.

Im Rahmen der Vorüberlegungen erfolgte weiterhin die Prüfung, alternative Wasserquellen zu nutzen, um resilienter gegenüber Niederschlagsschwankungen aufgestellt zu

sein. Die im Rahmen der Gespräche genannte Möglichkeit von Grundwasserbrunnen war aus (umwelt-)rechtlichen Vorgaben am neuen Standort nicht möglich. Dies gilt auch für die geprüfte Nutzung von Versickerungsanlagen und Dachflächen angrenzender Grundstücke. Weiterhin konnte aufgrund organisatorischer Grenzen keine Visualisierung des Konzepts und Abschätzung potenzieller Regenenerträge und Speichervolumina erfolgen.

Zusammenfassend zeigten die Ergebnisse des Kapitels, dass sich umsetzbare, klimaresiliente Möglichkeiten vorrangig bei der Wassernutzung für die Bewässerung ergeben (s. Abbildung 17 grüne Markierung). Einzellösungen wie eine Komposttrenntoilette können zudem den Trinkwasserverbrauch und den Anteil an recyclebedürftigem Abwasser des Gartens reduzieren. Hinsichtlich der Wiederverwendung von Wasserressourcen gab es nur begrenzt übertragbare Lösungen für den NeuLand-Garten in Form von Grauwassertürmen (orange Markierung). Grenzen für die Konzeptionierung ergaben sich vorrangig aus umweltrechtlichen Aspekten und unverhältnismäßigen (Investitions-)Aufwänden (rote Markierung).

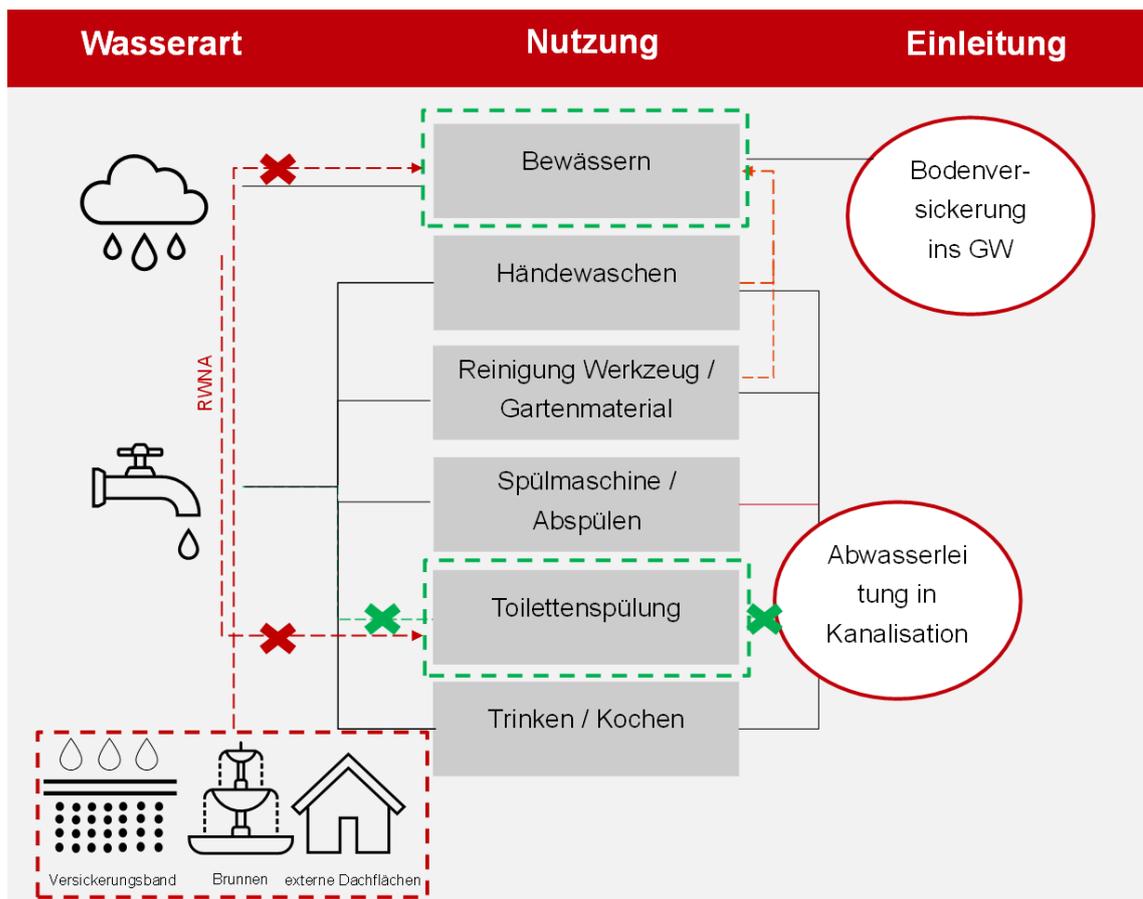


Abbildung 17 Möglichkeiten und Grenzen der Konzeption am neuen Standort (eigene Darstellung)

7 Möglichkeiten der klimaresilienten Wassernutzung am neuen Standort

Dieses Kapitel stellt die identifizierten und als umsetzbar bewerteten Möglichkeiten der klimaresilienten Wassernutzung am neuen Standort vor und resultiert in dem abschließenden Wassernutzungskonzept. Die fokussierten Themen der verbesserten Regenwassersammlung und -speicherung, der Wasserreduktion durch ressourcenschonende Nutzung bei der Bewässerung, Wiederverwendung von Trink- und Regenwasser sowie ergänzende Maßnahmen basieren auf den Ergebnissen der Kapitel 5 und 6.

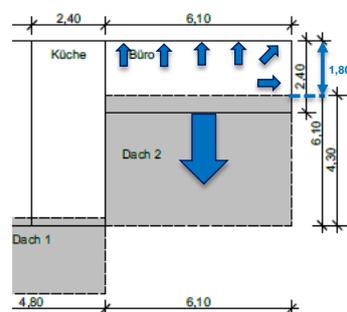
7.1 Verbesserung der Regenwassersammlung

Für den gewünschten Ausbau der Regenwassernutzung stellt die Sammlung den ersten Schritt dar. Dahingehende Ansätze wurden bereits umfangreich am bisherigen Standort verfolgt und eignen sich größtenteils auch für den Einsatz auf dem neuen Gelände. Das Unterkapitel beschreibt Verbesserungs- bzw. Erweiterungsmöglichkeiten der Sammelflächen, Optimierungspotenzial durch eine abgestimmte Flächen- und Wassernutzung sowie Filtermöglichkeiten zur Erhöhung der Wasserqualität.

7.1.1 Verbesserung bestehender Sammelflächen

Wie in der Bewertung der Ausgangslage festgestellt, wurden am bisherigen Standort bereits Maßnahmen zum Sammeln von Regenwasser über die Dachflächen der Container, Versammlungsorte (Jurte, Arena) und dem Gewächshaus durchgeführt. Es wird empfohlen diese am neuen Standort weiterzuführen.

Aus den Berechnungen in Abschnitt 6.1.2 zeigt sich, dass der Regenwasserertrag, neben einer möglichst verlustfreien Zuleitung in ausreichend große Speicher, im direkten Verhältnis zur Größe der Dachfläche steht. Wenn zum Beispiel beim Bürocontainer nicht nur der Dachaufbau (Dach 2) sondern auch die Dachfläche des Containers mitgenutzt wird, steigt der Anteil des Regenwasserertrags um den Anteil der vergrößerten Dachfläche (rund. 30%, s. Abbildung 18).



$$Y_{R,t} = \sum(A_i \cdot e_i) \cdot h_t \cdot \eta$$

$$\text{mit } e_i = 0,9; h_t = 800 \text{ mm}; \eta = 0,9; t = \text{Jahr}$$

$$Y_{R,\text{Jahr}} = \sum(4,30 \cdot 6,10) \cdot 0,9 \cdot 433 \cdot 0,9 = 16997 \text{ l} \approx 17 \text{ m}^3$$

$$Y_{R,\text{Jahr}} = \sum(((4,30 \cdot 6,10) + (1,80 \cdot 6,10)) \cdot 0,9) \cdot 433 \cdot 0,9 = 24112 \text{ l} \approx 24,1 \text{ m}^3$$

$$\frac{26,23 + 10,98}{26,23} = \frac{24112}{16997} \sim 30 \%$$

Abbildung 18 Steigerung des Regenenertrags durch vergrößerte Dachflächen (eigene Darstellung)

Das übergeordnete Ziel ist folglich, alle Dachflächen möglichst umfassend zu nutzen. Einzelne Container können dabei z.B. vollkommen mit Dachfläche überbaut oder Anbauten bündig zum Flachdach angebracht werden, um die Sammelflächen zu

maximieren. Bei den größeren Dachaufbauten wie am Werkzeug-/Küchencontainer, sollten die Aufbauten entweder beidseitig erfolgen oder weniger Containerdachfläche überragen. Dem Wunsch aus der Umfrage, alle Dächer mit Regenrinnen zu versehen, sollte ebenfalls nachgekommen werden.

Abgesehen von der maximierten Nutzung aller Dachflächen, sind möglichst verlustfreie Zuläufe zu den Speicherbehältnissen anzustreben. Dies kann vor allem durch die richtige Dimensionierung der Regenrinnen und Fallrohre erreicht werden. Die Maße können mit Hilfe der Vorgaben der DIN 1986-100:2016-12 rechnerisch oder über einfach verfügbare Online-Rechner ermittelt werden. Bei der Konstruktion der vorgehängten Regenrinnen wird ein Gefälle von 1-3 mm pro Meter und Verlauf in einheitlicher Richtung empfohlen, da jede Richtungsänderung mit einem Winkel $<10^\circ$ das Abflussvermögen um rund 15% reduziert (Heinrichs et al., 2016, S. 326). Eine Notentwässerung bei intensiven (Stark-)Regenereignissen erfolgt durch Überlaufen der Rinnen, was bei der Gestaltung der darunterliegenden Bereiche zu berücksichtigen ist (Heinrichs et al., 2016, S. 326). Hieraus ergibt sich Optimierungspotenzial für die Regensammlung im NeuLand, da bisher die Regenrinnen an den Dachaufbauten der Container über Eck und mit stärkerem Gefälle zu IBC-Tanks geführt wurden. Konstruktionen von Regenrinnen ohne Richtungsänderung und niedrigem Gefälle (1-3°), die über trichterförmige Übergänge in montierte Fallrohre und anschließende Speicherbehältnisse geführt werden, stellen eine zu überlegende Alternative dar, um den möglichen Regenertrag besser nutzen zu können (Heinrichs et al., 2016).

	<p>Verbesserung bestehender Sammelflächen</p> <ul style="list-style-type: none"> ➔ Alle Dachfläche möglichst umfassend nutzen (Maximale Über- / Anbauten) ➔ Verlustfreie Zuläufe durch richtige Dimensionierung der Regenrinnen und Fallrohre
---	--

7.1.2 Erweiterung der Sammelflächen

Da der neue Standort nur rund einem Drittel der bisherigen Geländefläche entspricht, ergeben sich begrenzte Möglichkeiten, zusätzliche Sammelflächen zu installieren. Zum Beispiel können einzelne Container mit beidseitigen Überbauten versehen werden, statt der bisherigen einseitig platzierten Aufbaukonstruktionen. Ferner besteht die Möglichkeit die Container so zu positionieren, dass über den Zwischenräumen möglichst viel Dachfläche ergänzt werden kann. Hierbei sollten die überdachten Flächen aufgrund des geringen Platzangebots auf dem Gelände eine Doppelfunktion einnehmen (überdachter Werkstatt- oder Aufenthaltsbereich, Regenschutz für Tomaten).

Neben festinstallierten Dächern können weiterhin Sammelflächen aus Sonnensegeln oder anderen mobilen Auffangflächen montiert werden. Verschiedene Ideen, wie Trichterschirme oder Sonnensegel sind im Rahmen von Online-Recherchen schnell auffindbar.

	<p>Erweiterung der Sammelflächen</p> <p>→ Zusätzliche Auffangflächen installieren (Schmetterlingsdächer, Sonnensegel etc.)</p>
---	---

7.1.3 Filterung

Neben dem Ausbau der Regenwassersammelflächen kam im Zuge der geführten Expert:inneninterviews häufiger das Thema der Wasserqualität des gesammelten Regenwassers auf. Hier ergeben sich verschiedene Verbesserungsansätze durch Filtermöglichkeiten, die nachfolgend kurz beschrieben werden.

Der Verschmutzungsgrad von gesammeltem Regenwasser wird von der aus der Luft aufgenommenen Partikel (natürliche Vorbelastung, Luftverschmutzung) als auch von den Partikeln der Fläche (Dächer, Straßen), auf die es auftrifft, bestimmt (Rösel et al., 2020). Die beschichteten Metaldächer der Container als auch die verwendeten Gewebeanlagen auf den anderen Gebäudedächern fallen dabei in geringe Belastungsklassen, wodurch das darüber gesammelte Niederschlagswasser ohne Bedenken zur Bewässerung verwendet werden kann (Amt für Umweltschutz und Energie [AUE] et al., 2020). Die Verschmutzung entsteht vorrangig durch organische Grobpartikel wie z.B. Blattwerk oder Pollen (7, 2023; 8, 2023). Da die organischen Stoffe die Wasserqualität beeinträchtigen, ist eine Filterung grundsätzlich empfehlenswert (4, 2023; 8, 2023). Diese kann durch einfache Metall- oder Textilsiebe erfolgen. Auch eine Filterung in mehreren Stufen von grob nach fein (Kaskadenfilterung) ist möglich, wenn auch aufwendiger (4, 2023; 8, 2023). Unabhängig der gewählten Filtermethode muss darauf geachtet werden, dass feinere Filter (z.B. Sand, Aktivkohle) den Rückstau in die Zuläufe erhöhen und dort Beschädigungen oder ein Überlaufen verursachen können (4, 2023; 7, 2023). Ebenso ist eine regelmäßige Reinigung der Filter empfehlenswert, weshalb diese gut erreichbar sein sollten (4, 2023; 8, 2023).

Ein für das NeuLand anwendbares Praxisbeispiel ist die Anpassung des Winkels der Regenrinne, indem diese zunächst steiler verläuft und kurz vor dem IBC-Tank abflacht. Dadurch sedimentieren Partikel aus dem Wasser an einer leicht erreichbaren Stelle, bevor es in den Tank fließt (8, 2023). Eine andere praktische Möglichkeit stellt die Konstruktion eines Vorfluters dar, z.B. in Form halbiertes Regentonnen oder IBC-Tanks (4, 2023). Dort werden die Grobpartikel gesammelt, bevor das Wasser über einen feineren Filter (Textil, Feinsieb etc.) gereinigt in den Speicher fließt.

	<p>Filterung</p> <p>→ Abflachung der Regenrinne vor Zulauf in Speicher (Sedimentierung in Regenrinne)</p> <p>→ Konstruktion von Vorflutern zur Sammlung von Grobpartikeln</p> <p>→ Feinfilter über direktem Zulauf in Speicherbehälter</p>
---	---

7.1.4 Flächen- und Wassernutzung aufeinander abstimmen

Aufgrund der Gestaltungsfreiheit in der Flächennutzung durch den NeuLand e.V. leitet sich die Möglichkeit ab, die Flächen- und Wassernutzung aufeinander abzustimmen. Sowohl die Nutzung bestehender Dachaufbauten als auch die Erweiterung von Regenwassersammelflächen hängen dabei stark von der Positionierung der Gebäude auf dem neuen Standort ab. Da die genauen Gebäudestandorte und die Flächennutzung bis zur Fertigstellung der Arbeit nicht feststanden, geht dieser Abschnitt nur kurz auf potenzielle Synergieeffekte mit der Wassernutzung ein.

Im Kontext der Wassernutzung sind vorrangig zwei Ansätze bei der Positionierung der Gebäudestandorte anzustreben. Zum einen deren möglichst dezentrale Verteilung auf dem Gelände, damit die an den Sammelflächen installierten Speicher mit kurzen Wegen zu den Beeten verbunden sind. Vor allem für die endgültigen Standortgrenzen sollten bereits frühzeitig Vorkehrungen im Sinne der Wassernutzung getroffen werden, da sich sonst für den nordwestlichen Bereich nach Abriss der Lagerhalle sehr weite Laufwege bis zu 100 Metern ergeben (vgl. Abbildung 3 auf Seite 17). Sofern langfristig ein Gießteich im westlichen Bereich der endgültigen Standortgrenzen geplant ist, sollte die Positionierung von Gebäuden auch im Kontext potenzieller Zuläufe frühzeitig Berücksichtigung finden. Eine sinnvolle Verteilung ermöglicht weiterhin die dezentrale Wasserentnahme mittels Gießkannen und macht die Verlegung von druckabhängigen (Trinkwasser)Schlauchleitungen überflüssig (5, 2023; 8, 2023). Dies kann sowohl aus Sicht des reduzierten Material- und Kostenaufwands als auch unter dem Aspekt der Sensibilisierung für die Thematik der klimaresilienten Wassernutzung im NeuLand-Garten positiv bewertet werden. Ebenfalls fördert die Bewässerung mit Gießkannen das richtige Gießverhalten, da die Gießmengen besser einschätzbar sind als bei der Schlauchbewässerung, bei der häufig zu kurz und zu oberflächlich gegossen wird (5, 2023; Kolb, 2010). Kurze Wege zwischen Sammelflächen und zu bewässernder Fläche erleichtern weiterhin den Einsatz angeschlossener, technischer Bewässerungssysteme (5, 2023; 7, 2023).

Ergänzend zur dezentralen Verteilung der Gebäude auf dem Gelände wird zum anderen empfohlen, diese entweder freistehend zu positionieren, um möglichst umfangreiche Sammelkonstruktionen zu ermöglichen (Dachaufbauten und -überbauung). Oder so anzuordnen, dass Überdachungskonstruktionen zwischen zwei Gebäuden möglich sind, z.B. in Form von Schmetterlingsdächern oder Sonnensegel (vgl. Abschnitt 7.1.2).

	<p>Flächen- und Wassernutzung aufeinander abstimmen</p> <ul style="list-style-type: none"> ➔ Dezentrale Verteilung der Gebäude / Sammelmöglichkeiten auf dem Gelände ➔ Freistehend oder Überdachungskonstruktionen zwischen zwei Gebäuden
---	--

7.2 Verbesserung der Regenwasserspeicherung

Eine verstärkte Regenwassersammlung geht mit einem Ausbau von Speichermöglichkeiten einher, um die Niederschläge am Standort sinnvoll nutzen zu können. Aus den

Ergebnissen der Standortanalyse und den Vorüberlegungen des Kapitels 6 sind dabei Verbesserungen der Bodenbedingungen und der Funktion des Bodens als natürlicher Wasserspeicher zu priorisieren und mit ober- bzw. unterirdischen Speicherbehältnissen zu kombinieren. Die identifizierten Möglichkeiten sind im nachfolgenden Unterkapitel zusammengefasst.

7.2.1 Wasserspeicherfähigkeit des Bodens verbessern

Während am alten Standort der mit Schadstoffen belastete Boden nicht für Grundbeete zur Verfügung stand, ergibt sich durch den neu aufgebrauchten (Ober-)Boden auf dem neuen Gelände des NeuLand e.V. durchaus die Möglichkeit, diesen als Wasserspeicher zu nutzen. Das grundsätzliche Potenzial der Bodenwasserspeicherfähigkeit wurde im Rahmen der Standortanalyse bereits ausführlich beleuchtet (s. Abschnitt 5.2.3). Dieser Abschnitt fasst Möglichkeiten zusammen, die Wasserspeicherfähigkeit zu verbessern.

Als effektivste Maßnahme gilt dabei sowohl im wissenschaftlichen Diskurs als auch aus gärtnerischer Erfahrung, den Anteil organischen Materials im Boden zu erhöhen (Humusgehalt) (7, 2023; 8, 2023; Orlina & Schaldach, 2018; Védère et al., 2022). Dieser hebt den Anteil an Mittelporen im Boden und das damit verbundene, pflanzenverfügbare Wasser (Chwolka, 2020; Kolb, 2010). Der Bewässerungsbedarf reduziert sich und der Boden wird resilienter gegenüber Trockenperioden / Dürren. Weiterhin verbessert Humus die Bodenstruktur, bindet Kohlenstoff, speichert Nährstoffe und trägt zur Regulierung des pH-Werts bei (LANUV, 2021b; Orlina & Schaldach, 2018; Védère et al., 2022). Empfohlen wird ein Humusanteil von ca. 5-6 % (7, 2023; 8, 2023; Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, 2017). Überprüft werden kann der Anteil in regelmäßigen Abständen z.B. mittels Schlemmprobe (Chwolka, 2020). Für die Zugabe von organischem Material eignet sich bereits zersetztes Material (Kompost), oberflächlich aufgetragenes, unzersetztes Material (Mulch) oder Pflanzenkohle (Terra Preta) (Lancaster & Lipkis, 2020; Mayer, 2023; Thakur & Kumar, 2021). Für Pflanzenkohle wurde bisher jedoch nur in nährstoffarmen, tropischen Böden ein positiver Effekt nachgewiesen, zu anderen Einsatzmöglichkeiten bedarf es noch weiterer Forschung (Flessa et al., 2019; Kolbe & Zimmer, 2015). Die Einarbeitung von Kompost als auch das Mulchen, welches zusätzlich zur Reduzierung von Bodentemperatur und Verdunstung beiträgt (Thakur & Kumar, 2021), ist in den meisten Gemeinschaftsgärten bereits Standard (vgl. Abschnitt 6.2). Auch im NeuLand e.V. sind die Ansätze bereits, wie im vorangegangenen Kapitel beschrieben, etabliert und sollten am neuen Standort weitergeführt werden.

Weitere Maßnahmen können die Bildung effektiver Mikroorganismen durch Zugabe von z.B. Wurmteeprodukten oder Humusaufbau durch besonderen Fruchtkombination (z.B. dicke Bohnen und Kartoffeln) darstellen (7, 2023; Kolbe & Zimmer, 2015; Mayer, 2023). Bei einjährigen Kulturpflanzen unterstützt das Einpflanzen von Jungpflanzen schon ein bis zwei Wochen vor Abernten der vorangegangenen Kultur (bei Fruchtfolgen oder Zwischenfrucht) und der Verbleib der Wurzeln im Boden, den Aufbau von Humus (Flessa et al., 2019; 7, 2023; Kolbe & Zimmer, 2015).

Zum Erhalt des Humusanteils im Boden ist eine schonende Bodenbearbeitung förderlich, da das Eindringen von Sauerstoff in tiefer Bodenschichten z.B. beim Umgraben oder bei der Bodenbearbeitung durch Geräte, den Humusabbau beschleunigen (7, 2023; Kolbe & Zimmer, 2015; LANUV, 2021b).

Als weitere Maßnahme zur Verbesserung der Wasserspeicherfähigkeit ist am neuen Standort eine, wie bereits im NeuLand oder anderen Gemeinschaftsgärten häufig angewandte, flächige Vegetationsbedeckung des Bodens ratsam (Carvalho et al., 2023; Pitha et al., 2023). Diese Art flächiger Bodenbedeckung trägt zur Kühlung des Bodens und Reduzierung von Verdunstungseffekten bei, was ebenfalls im Kontext der Klimawandelfolgen zunehmend relevanter wird (Carvalho et al., 2023; Pitha et al., 2023). Im Optimalfall erfolgt die Vegetationsbedeckung in Form von Gründüngung, bei der Pflanzen mit verschiedenen Wurzeltiefen zur Auflockerung der Bodenschichten angesät werden (Kolbe & Zimmer, 2015; Mayer, 2023). Dadurch kann auch dem in der Standortanalyse beschriebenen Risiko eines Stauwasserbodens entgegengewirkt werden. Zusätzlich ist die Pflanzenauswahl bei der Gründüngung darauf ausgelegt, Nährstoffkreisläufe von Pflanzen zu fördern und Schädlingsbefall vorzubeugen (Mayer, 2023). Aufgrund der Möglichkeit, die Vegetation am neuen Standort frei zu wählen, empfiehlt sich eine tiefergehende Auseinandersetzung mit geeigneten Gründünpflanzen. Es sollten „besondere Pflanzenmischungen eingesetzt werden [...], die sich bei komplementärer Nutzung von Wurzelräumen durch eine hydraulische Wasserumverteilung bei Trockenheit gegenseitig positiv beeinflussen könnten“ (Feldmann et al., 2023, S. 62). Dieser, als hydraulic lift bezeichnete, Effekt kann dabei durch verschiedene Wurzelarten und -tiefen (Grob-, Fein-, Flach- und Tiefwurzler) hergestellt und durch die daraus entstehende Bildung von Mykorrhizapilzen verstärkt werden (Chwolka, 2020; Feldmann et al., 2023). Die entstehenden positiven Ökosystemleistungen (Nährstoff- und Wasseraustausch, reduzierter Bewässerungsbedarf) sind im Sinne einer klimaresilienten Wassernutzung am neuen Standort anzustreben.

	<p>Wasserspeicherfähigkeit des Bodens verbessern</p> <ul style="list-style-type: none"> → Humusgehalt erhöhen → Verbleib von Wurzeln im Boden, Bildung effektiver Mikroorganismen, Anbau von Fruchtfolgen und Zwischenfrüchten, schonende Bodenbearbeitung → Flächige Vegetationsbedeckung des Bodens mit geeigneten (Gründünpflanzen)
---	--

7.2.2 Ausbau ober- bzw. unterirdischer Speicher

Während die verbesserte Wasserspeicherfähigkeit des Bodens dazu dient, den allgemeinen Bewässerungsbedarf zu reduzieren und den Garten resilienter gegenüber Klimawandelfolgen zu gestalten, zielt der Ausbau ober- bzw. unterirdischer Speicher vor allem darauf ab, den Trinkwasserverbrauch für die Bewässerung durch kontinuierlich bereitstehendes Regenwasser zu kompensieren. Aus den Berechnungen zum möglichen Regenenertrag über Dachflächen in Abschnitt 6.1.2 zeigt sich dafür ein hohes Potenzial.

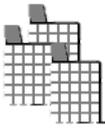
Das gesammelte Regenwasser kann dabei entweder ober- oder unterirdisch (Zisterne) gespeichert werden. Bisher findet am Standort eine rein oberirdische Sammlung in IBC-Tanks statt, was auch gängige Praxis in anderen Gemeinschaftsgärten darstellt (vgl. Abschnitt 6.2). Aus finanziellen und (bau-)rechtlichen Aufwänden eignen sich Zisternen häufig nicht für Gemeinschaftsgärten (5, 2023). Bei dem Gemeinschaftsgarten, der sowohl über oberirdische Speichertanks als auch einer Zisterne verfügt, fiel das Fazit im Interview hingegen klar für die Zisterne aus (4, 2023). Vor allem unter dem Aspekt der verringerten Verdunstung und Erhöhung der Wasserqualität durch die kühle und dunkle Speicherung des Regenwassers (4, 2023; Obermeier, 2011). Unabhängig der Speicherart besteht allerdings das Problem, dass diese sich zwar über die Wintermonate gut füllen, die gesammelten Regenwasserreserven für die Kompensation trockener Sommermonate dennoch nicht ausreichen (2, 2023; 4, 2023; 5, 2023; 8, 2023). Eine Empfehlung ist deshalb die Kombination verschiedener ober- und unterirdischer Wasserspeicher, welche beispielsweise um einen Gießteich ergänzt werden können (8, 2023).

Für die oberirdischen Speichermöglichkeiten im NeuLand-Garten empfiehlt sich vor allem die Auslegung auf den Regenertrag und die damit verbundene Erweiterung der an den Zuläufen installierten Sammel tanks. Da sich die IBC-Tanks in Gemeinschaftsgärten bewährt haben und im NeuLand bereits vorhanden sind, eignet sich deren Weiterverwendung. Die Erhöhung des Speichervolumens kann durch Verbindungsschläuche bzw. -rohre zwischen IBC-Tanks / Regentonnen gewährleistet und eine Kombination mit Filtermöglichkeiten überlegt werden. Hinsichtlich der Verbesserung der Wasserqualität und Minimierung von Verdunstungseffekten sollten die Speicher an möglichst schattenreichen Seiten der Gebäude positioniert werden (4, 2023); bestenfalls ergänzt durch zusätzlichen Kühlmöglichkeiten in Form von Holzverkleidungen oder Pflanzenbewuchs (Hucht & Hucht, 2021; Lancaster & Lipkis, 2020). Dabei sind die langfristigen, baulichen Veränderungen im Rahmen der Quartiersentwicklung der Parkstadt Süd frühzeitig zu berücksichtigen (z.B. Schattenspende durch umliegende Neubauten). Eine Erhöhung, wie bisher durch Europaletten gestaltet, ist auch am neuen Standort für eine einfache Wasserentnahme sowie möglichen Kombinationen mit (nicht-)druckausgeglichenen Bewässerungssystemen empfehlenswert.

In Bezug auf unterirdische Speichermöglichkeiten (Zisternen) ergeben sich, aus den für die Arbeit geprüften wasser- und umweltrechtlichen Bedingungen, keine Hindernisse (1, Persönliche Mitteilung, 30. Mai 2023; 3, Persönliche Mitteilung, 4. Mai 2023; Kolb, 2010, 2010). Die Voraussetzung ist, dass Überläufe von Zisternen nicht in das Kanalsystem geleitet werden, sondern auf ausreichend unversiegelter Fläche versickern können. Die erforderliche Größe (300% der angeschlossenen Sammelfläche) der Versickerungsfläche kann dabei auf dem zu ca. 2.500 m² unversiegelten Gelände problemlos eingehalten werden (StEB Köln, 2023). Zisternen eignen sich hinsichtlich der Platzersparnis, höherer Wasserqualität durch kühle, dunkle Speicherung, seltenerer Wartung und längerer Lebensdauer als die oberirdischen IBC-Tanks (Obermeier, 2011). Dem entgegen stehen zum einen höhere Installationskosten, zum anderen sind Beschädigungen / Leckagen nicht direkt ersichtlich. Weiterhin sind Zisternen empfindlicher gegenüber einem

Leerlaufen, da eine hohe Wasserqualität z.B. durch regelmäßiges Überlaufen oder ausreichender Zeit zwischen Zulauf und Entnahme gewährleistet wird (4, 2023; 8, 2023; Obermeier, 2011). **Ob ein Zisterneneinbau am neuen Standort des NeuLand-Gartens erfolgen soll, ist in Abwägung der Vor- und Nachteile durch die Gartengemeinschaft zu entscheiden.**

Sofern eine Zisterne gewünscht wird, empfiehlt sich der geplante Abriss der Lagerhalle als Zeitpunkt und Standort. Dabei finden bereits Bodenarbeiten statt und die Synergieeffekte der Entsiegelung können den baulichen Aufwand (und damit auch die Kosten) für den Einbau der Zisterne reduzieren. Weiterhin bietet sich eine Kombination mit den Planungen des (Gieß-)Teichs im westlichen Standortbereich an (Zu- und Überläufe aus der Zisterne) (8, 2023). Durch das in Abschnitt 7.4.2 empfohlene Monitoring sollte der Wasserbedarf, -verbrauch und das Volumen gesammelter Regenmengen im NeuLand-Garten bis zum Abriss der Lagerhalle auch besser einschätzbar sein. Die Dimensionierung der Zisterne durch eine beauftragte Fachfirma würde damit auf einer fundierten Datengrundlage basieren. Aufgrund der Kombination mit oberirdischen Speichern und der verbesserten Wasserspeicherfähigkeit des Bodens, muss die Größe der Zisterne dabei nicht auf die Kompensation des gesamten Wasserbedarfs des Gartens ausgelegt werden (Kostensparnis) (8, 2023). Ebenfalls können bis zum Einbau der Zisterne mehr Best Practice Beispiele über (Gemeinschaftsgarten-)Netzwerke gesammelt werden z.B. zur Nutzung von Solarpumpen oder zur Gestaltung als Mehrkammersystem, um Auswirkungen von Leckagen zu minimieren (4, 2023; 8, 2023).

	<p>Ausbau ober- bzw. unterirdischer Speicher</p> <ul style="list-style-type: none"> ➔ Auslegung der Speichervolumen auf Regenertrag von Sammelflächen ➔ Erweiterung der oberirdischen Sammel tanks ➔ Einbau einer Zisterne zu überlegen nach Abriss der Lagerhalle
---	--

7.3 Ressourcenschonende Nutzung / Wiederverwendung von Trink- und Regenwasser

Damit die gesammelten und gespeicherten Regenwasserressourcen möglichst lange vorhalten, muss sich ergänzend am neuen Standort ein schonender Umgang damit etablieren. Die ressourcenschonende Nutzung adressiert dabei zum einen die Bewässerung als auch (Wieder)Verwendung von Wasserressourcen außerhalb des Gießens. Die für den neuen Standort des NeuLand-Gartens identifizierten Ansätze sind im nachfolgenden Unterkapitel beschrieben.

7.3.1 Ressourcenschonende Nutzung bei der Bewässerung

Die Wahl geeigneter Beet- oder Bewässerungssysteme sowie die allgemeine Gartengestaltung unter Berücksichtigung verschiedener Prinzipien können Gießmengen reduzieren. Im Folgenden werden diese Möglichkeiten zur schonenden Nutzung von Wasserressourcen bei der Bewässerung genauer betrachtet.

7.3.1.1 Wahl der Gartengestaltung und Prinzipien

Auch wenn innerhalb der NeuLand-Gemeinschaft bereits eine permakulturelle Ausrichtung erkennbar ist, soll die grundsätzliche Gestaltungsfreiheit durch die Gärtner:innen am neuen Standort bestehen bleiben. Es wird jedoch empfohlen, im Sinne der wassersparenden Bewässerung, ebenso wie im Kontext eines funktionierenden Wissenstransfers (s. Abschnitt 7.4.3.2), sich an wassersparenden gärtnerischen Ausrichtungen zu orientieren und der Gartengemeinschaft zu kommunizieren.

Als Beispiele wassersparender Anbauformen wurden im State of the Art (Kapitel 3) bereits Agroforst-, Permakultur- und Waldgartensysteme als Ansätze identifiziert, denen eine klimaresiliente Wassernutzung zuzuschreiben ist. Durch Nachbildung natürlicher Ökosysteme unter Nutzung von positiven Wechselwirkungen zwischen den Pflanzen bzw. Bäumen kann die benötigte Zusatzbewässerung möglichst gering halten bzw. bestenfalls vermieden werden (Orlina & Schaldach, 2018; Quandt et al., 2023). Dies erfolgt vor allem durch eine für die Standortbedingungen geeignete, vielfältige und sich begünstigende Pflanzenwahl unterschiedlicher Wurzeltiefen und -arten (Bäume, Sträucher, (Nutz-)Pflanzen, Pilze etc.) (Chalmin, 2007; Chwolka, 2020; Feldmann et al., 2023; Foos & Born, 2019). Durch den Standortwechsel ergibt sich die Möglichkeit diese Ansätze zusammenzuführen und bei der Pflanzenauswahl bzw. deren Standorten anzuwenden. Kombinationen mit Prinzipien von Rain Gardens sind dabei auf Mikroebene ebenfalls denkbar (gesteuerte Überläufe von Wasserspeichern, Erhöhung von Beeten bzw. Gepflanztem gegenüber Wegen, kleine Wasserrillen für die langsame Versickerung von Starkregen etc.) (Lancaster, 2019). Übersichtsarbeiten sind z.B. bei Lancaster (2019) (Rain Gardens), Chwolka (2020) (Waldgärten), Quandt et al. (2023) (Agroforst) und Morel et al. (2019) (Permakultur) zu finden (Beispiele s. Abbildung 19).

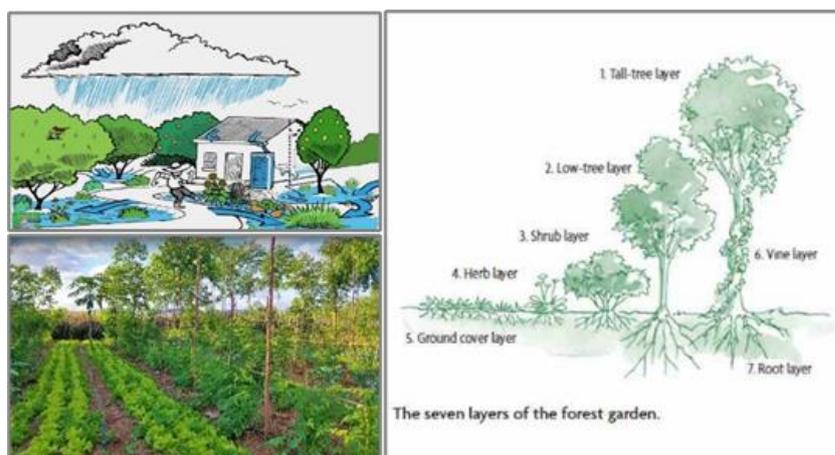


Abbildung 19 Beispiele für Gartengestaltung nach den Prinzipien Rain Garden (links oben), Waldgarten (rechts) und Agroforst (Quellen: Lancaster, 2019; National Forest Gardening Scheme; United States Department of Agriculture, 2019)

Unabhängig von der Zusammenführung verschiedener Gartengestaltungssysteme bzw. Festlegung auf eine klare Ausrichtung, können bereits einfach formulierte Prinzipien eine sparsame Wassernutzung im Garten unterstützen. Beispielsweise das in Anlehnung anderer Gemeinschaftsgärten kommunizierte Prinzip, dass Trinkwasser nur dann für die Bewässerung zur Verwendung steht, wenn alle Regenwasserspeicher leer sind oder

dass alle 2-3 Tage ausreichend gegossen werden soll, statt täglich (2, 2023; 5, 2023; 8, 2023). Dies kann bereits für die Thematik sensibilisieren und einen schonenden Umgang mit den vorhandenen Regenwasserressourcen fördern.

7.3.1.2 Wahl der Beetform

Für Beete ergeben sich verschiedene Möglichkeiten, den Wasserverbrauch für die Bewässerung zu reduzieren. Grundsätzlich sind dabei aus Empfehlung anderer Gemeinschaftsgärten, Beetformen, die einen Anschluss zum Erdboden aufweisen, solchen ohne Bodenanschluss vorzuziehen (2, 2023; 5, 2023; 7, 2023; R. Müller, 2021). Zum einen kann dadurch der Boden als Wasserspeicher genutzt werden, zum anderen gibt es weniger seitliche Verdunstungsfläche (5, 2023; 8, 2023).

Als Ausnahme sind hier selbstbewässernde Hochbeete zu nennen, die sich trotz fehlendem Bodenanschluss positiv auf den Bewässerungsbedarf auswirken können (Curtis, 2020; Schädler, 2023; Semananda et al., 2016). Die sich unter dem Begriff wicking beds (Dochtbeete / Wasserspeicherhochbeete) etablierten Beete verfügen über ein Wasserreservoir im unteren Bereich und einer darüberliegenden wasserdurchlässigen Drainageschicht (Curtis, 2020; 6, 2023) (s. Abbildung 20). Entweder werden zusätzlich Dochte eingebaut (z.B. aus Steinwolle) oder die Wurzeln fungieren als Dochte (3, 2023; 5, 2023; 6, 2023). Bewährt hat sich eher letzteres Vorgehen, bei dem die über die Kapillarkräfte das Wasser aus der Drainageschicht bzw. Wasserreservoir nach oben ziehen (Curtis, 2020; Semananda et al., 2016).

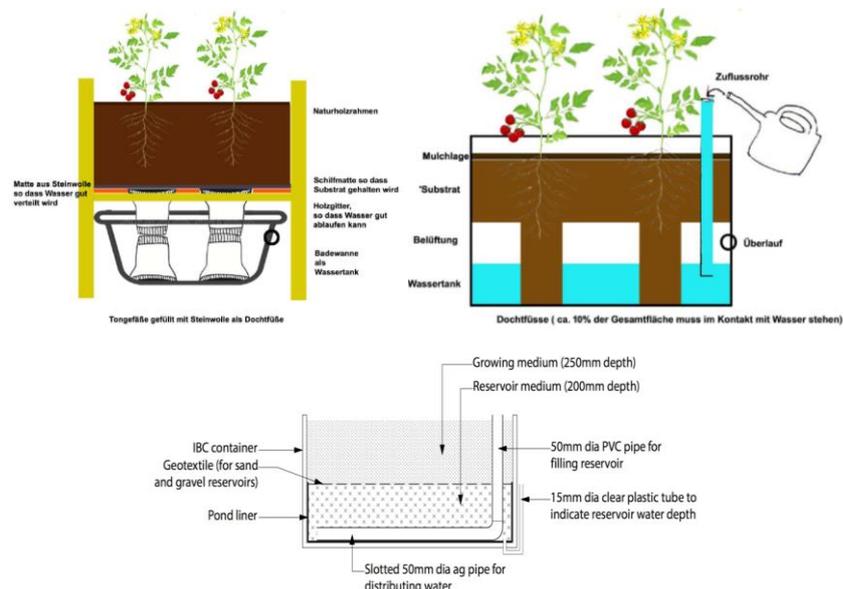


Abbildung 20 Beispiele für Wicking Beds (Quellen: Schädler (oben), 2023; Curtis, 2020, S. 24;)

Die Wahl der einzelnen Beetformen ergibt sich in den Gemeinschaftsgärten häufig aus individuellen Präferenzen, Erfahrungswerten und der Bodenbeschaffenheit (5, 2023; 6, 2023; 7, 2023; 8, 2023). **Abgesehen von dem eben genannten, anzustrebenden Bodenanschluss, soll an dieser Stelle keine allgemeingültige Empfehlung ausgesprochen werden.** Als Entscheidungshilfe wurden die Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Beetformen im Anhang zusammengefasst.

7.3.1.3 Wahl der Bewässerungssysteme

Das Gießen von Hand ist bei richtiger Anwendung eine der sparsamsten Bewässerungsformen, da individuelle Gegebenheiten (z.B. Bodenfeuchte, Wettervorhersage, Aussehen der Pflanzen) berücksichtigt werden können (2, 2023; 5, 2023; Kolb, 2010, S. 114). Dennoch bringen installierte Bewässerungssysteme verschiedene Vorteile mit sich und können den Aufwand des freiwilligen Engagements vor allem im Sommer und in Urlaubszeiten in Gemeinschaftsgärten reduzieren (2, 2023; 5, 2023). Damit das klimaresiliente Potenzial umfassend genutzt wird, ist die Speisung der Systeme mit Regenwasser empfehlenswert. Der nachfolgende Abschnitt stellt dabei exemplarisch nur die Systeme kurz vor, die im Rahmen der durchgeführten Gespräche aufkamen. Ähnlich wie bei den unterschiedlichen Beetformen, weisen auch die verschiedenen Bewässerungssysteme Vor- und Nachteile auf, die von individueller Bewertung und (Standort-)Gegebenheiten abhängen. Ausführlichere Übersichten zu diesen und weiteren Bewässerungssystemen können beispielsweise Kolb (2010), Orlina und Schaldach (2018), Croy (2018) und dem Anhang entnommen werden.

Ein in der professionellen Landwirtschaft als auch in Gemeinschaftsgärten angewandtes System zur wasserreduzierten Bewässerung ist die Tröpfchenbewässerung, bei dem durch kontinuierliche, tropfenweise Wasserabgabe eine Durchfeuchtung bis in tiefere Bodenschichten stattfindet (2, 2023; 5, 2023; 6, 2023; Orlina & Schaldach, 2018). Dadurch wurzeln die Pflanzen nach unten, statt in die Breite, und sind so resilienter gegenüber zeitweise ausbleibenden Niederschlägen (Chaves & Oliveira, 2004; Feldmann et al., 2023). Die Tröpfchenbewässerung kann dabei mittels Pumpe oder Leitungsanschluss druckausgeglichen (z.B. t-tape, Tropfrohr, Einzeltropfer) oder nicht druckausgeglichen (z.B. Schwitzschläuche) installiert sein und sich ober- oder unterirdisch befinden (s. Beispiele Abbildung 21) (Croy, 2018; Feldmann et al., 2023; Orlina & Schaldach, 2018).

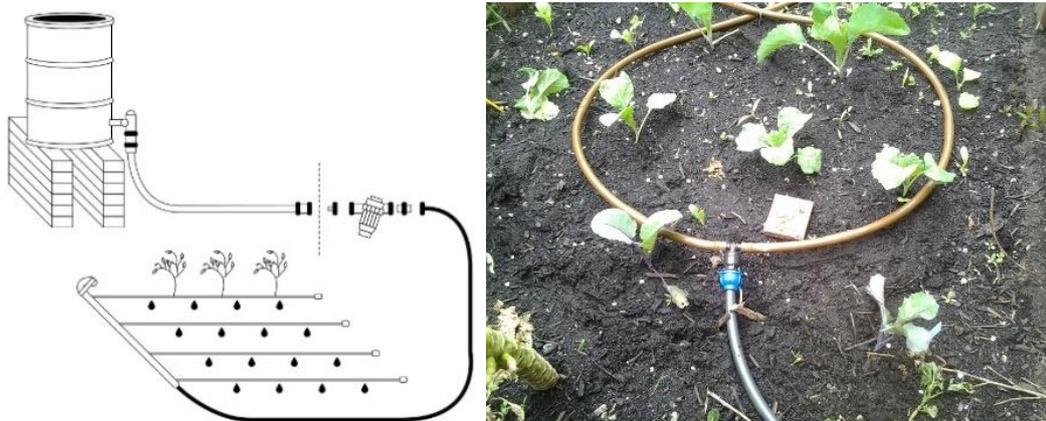


Abbildung 21 Beispiele für Tröpfchenbewässerungssysteme (Quellen v.l.: Halder (2014, S. 193), 4 (2023))

Ein ebenfalls in der Landwirtschaft häufig genutztes System sind Beregner, bestehend aus Leitungen und Sprinkler, die entweder stationär (im Boden verbaut) oder mobil installiert sind (Kolb, 2010; Orlina & Schaldach, 2018). Durch die gleichmäßige Verteilung

von Wassermengen in der Luft, ahmen sie natürlichen Regen nach und bei richtiger Installation kann Wasser zur Bewässerung eingespart werden (Orlina & Schaldach, 2018).

Während die Beregner und Tröpfchenbewässerungssysteme eher vereinzelt in Gemeinschaftsgärten Anwendung finden, hat sich der Einsatz von Ollas schon weitläufiger etabliert (1, 2023; 5, 2023; 6, 2023; R. Müller, 2021; Schädler, 2023). Das auf die Antike zurückführbare System basiert auf dem Prinzip in die Erde eingegrabener und mit Wasser gefüllter Tonkegel. Durch die materiellen Eigenschaften des Tons diffundiert dabei kontinuierlich Wasser in den umliegenden Boden und versorgt damit die Pflanzenwurzeln (Da Franca Ribeiro dos Anjos, 1998; Schädler, 2023). Der Einsatz von Ollas als flächiges Bewässerungssystem in kleinen Landwirtschaftsbetrieben ist z.B. in ariden und semiariden Regionen Süd- und Lateinamerikas zu finden (s. Abbildung 22) (Da Franca Ribeiro dos Anjos, 1998).

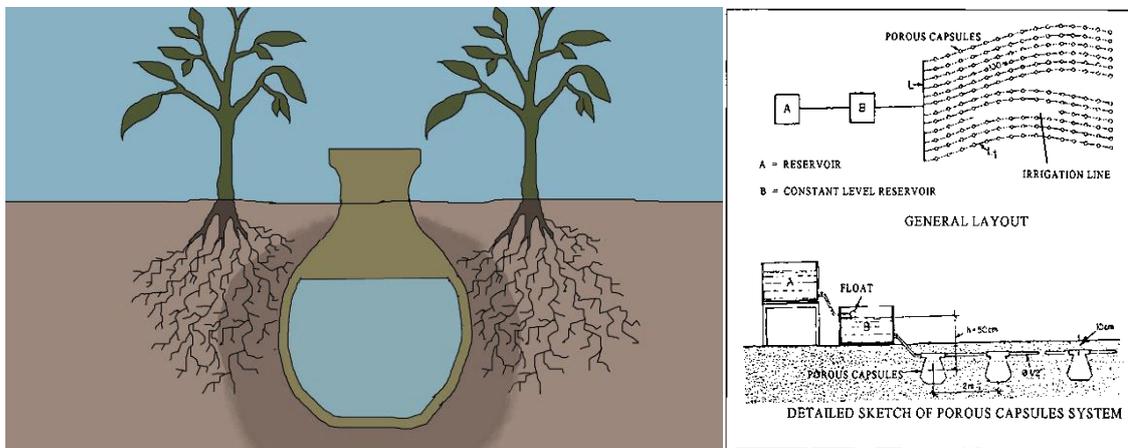


Abbildung 22 Beispiele für Olla(systeme) (Quellen v.l.: Da Franca Ribeiro dos Anjos (1998), Stevanović (2022))

Für den NeuLand-Garten ergibt sich am neuen Standort die Chance, verschiedene Bewässerungssysteme auszuprobieren. Innerhalb der temporären Geländegrenzen werden voraussichtlich mobile (Hoch-)Beetsysteme positioniert sein, die auch als Schaubeete für Besucher:innen dienen sollen (vgl. Abschnitt 5.1.2). Der Einsatz unterschiedlicher Systeme kann dadurch mit geringem Aufwand in einzelnen Beeten installiert und der Nutzen über mehrere Jahre bewertet werden. Dabei sollte auch das Potenzial von Automatisierungen genutzt werden (Kolb, 2010; Orlina & Schaldach, 2018). Beispiele hierfür sind (appgesteuerte) Bewässerungscomputer, die mit Regen-/Bodenfeuchtesensoren verbunden sind, bei der die Bewässerung in Abhängigkeit der natürlichen Niederschläge freigegeben wird. Auch solarbetriebene Pumpen bzw. Zeitschaltuhren bieten Einsatzmöglichkeiten (4, 2023; Kolb, 2010). Die aus den getesteten Systemen identifizierten Best Practice Beispiele eignen sich im Anschluss für die großflächigere Anwendung innerhalb der endgültigen Geländegrenzen. Weiterhin trägt das Vorgehen zur Umweltbildung bei, da die Gartengemeinschaft als auch Besucher:innen verschiedene Systeme kennenlernen, die sich für private Gärten oder Balkonen eignen.

	<p>Ressourcenschonende Nutzung bei der Bewässerung</p> <ul style="list-style-type: none"> → Ansätze aus Agroforst-, Waldgarten-, Permakultur-, Rain Garden-Prinzipien zusammenführen → Wassersparende Beetformen wählen (Beete mit Bodenanschluss, Wicking Beds) → Bewässerungssysteme ausprobieren (Tröpfchenbewässerung, Ollas)
---	---

7.3.2 Trinkwasserverbrauch reduzieren

Die Möglichkeiten für den NeuLand-Garten, den Trinkwasserverbrauch außerhalb der Bewässerung zu reduzieren, ist aufgrund der wenigen Verbrauchsstellen im Vergleich zu Wohnhäusern stark begrenzt (BMUV, 2014). Die vom BMUV empfohlenen Wassersparmaßnahmen wie die Verwendung einer Spülmaschine, wassersparende Armaturen und Spartasten bei der WC-Spülung werden im NeuLand-Garten bereits eingesetzt. Während weitere Einsparungen von Kaltwasser kaum Effekte auf Kostenersparnis oder Umweltschutz haben, hilft z.B. die Reduktion von Warmwasser oder häuslichem Abwasser, ausgelagerte Energieaufwände im ganzheitlichen Sinne der Ressourcenschonung zu reduzieren (BMUV, 2014, 2017). Wie bereits in Kapitel 6 identifiziert, kann ein Ansatz dafür am neuen Standort sein, den WC-Container durch eine Komposttrenntoilette zu ersetzen. Der Einsatz ist sowohl in anderen Gemeinschaftsgärten üblich als auch im wissenschaftlichen Umfeld hinsichtlich des Nutzungspotenzials zur Düngung und Entlastung städtischer Abwasserinfrastruktur diskutiert (Anand & Apul, 2014; 4, 2023; 6, 2023; Orlina & Schaldach, 2018). Auf die genaue Gestaltung der Komposttrenntoilette wird im Rahmen der Arbeit nicht eingegangen. Hilfreiche Erläuterungen finden sich zum Beispiel bei Webinaren überregionaler Urban Gardening Plattformen (z.B. urbane-gärten.de). Neben der Recherche zu verschiedenen Ausführungen, wird vor Errichtung einer Komposttrenntoilette weiterhin der Erfahrungsaustausch mit anderen Gärten empfohlen, um Best Practice Beispiele zu identifizieren (z.B. Zugabe von Zucker hemmt Geruchsbildung im Urinkanister) (4, 2023).

	<p>Trinkwasserverbrauch reduzieren</p> <ul style="list-style-type: none"> → etablierte Ansätze am neuen Standort beibehalten (Spülmaschine, wassersparende Armaturen, Reduktion von Warmwasser) → WC-Container durch eine Komposttrenntoilette zu ersetzen
---	---

7.3.3 Wasserkreisläufe bilden

Laut § 54 Absatz 1 Wasserhaushaltsgesetz (WHG) ist Abwasser das durch häuslichen, gewerblichen, landwirtschaftlichen oder sonstigen Gebrauch in seinen Eigenschaften veränderte Wasser sowie das von Niederschlägen aus dem Bereich von bebauten oder befestigten Flächen gesammelt abfließende Wasser (WHG, 1957/19. Juni 2020). Das ebenfalls im WHG (§6) formulierte Ziel, Wasserressourcen möglichst ortsnah der Natur wieder zuzuführen, kann am betrachteten Standort nur begrenzt erfüllt werden. Die Limitationen bei der Bildung von Wasserkreisläufen, außerhalb der Versickerung von

natürlichen Niederschlägen oder Überläufen aus Regenwasserspeichern, können in Kapitel 6 nachgelesen werden.

Auf Mikroebene des Gartens ergeben sich dennoch vereinzelt Möglichkeiten, kleine Wasserkreisläufe zu bilden. An erster Stelle genannt die Reinigung von wenig verschmutztem Wasser (Händewaschen mit biologischer Seife, Reinigung von Gartenutensilien) mittels Grauwassertürmen. Dabei durchläuft das Abwasser eine natürliche, vertikale Kaskadenfilterung (Steine, grober Kies, Sand, Erde), in ähnlicher Funktionsweise wie Reed Beds (R. Kulabako, 2011; Wingender, 2015). Entweder wird im Anschluss das Wasser zur Bewässerung entnommen oder der Grauwasserturm erfüllt gleichzeitig die Funktion eines Beetes, wie die Abbildung 23 veranschaulicht. Bauanleitungen für die gezeigten Beispiele einfacher, selbstgebauter Grauwassertürme können den Bildquellen entnommen werden.

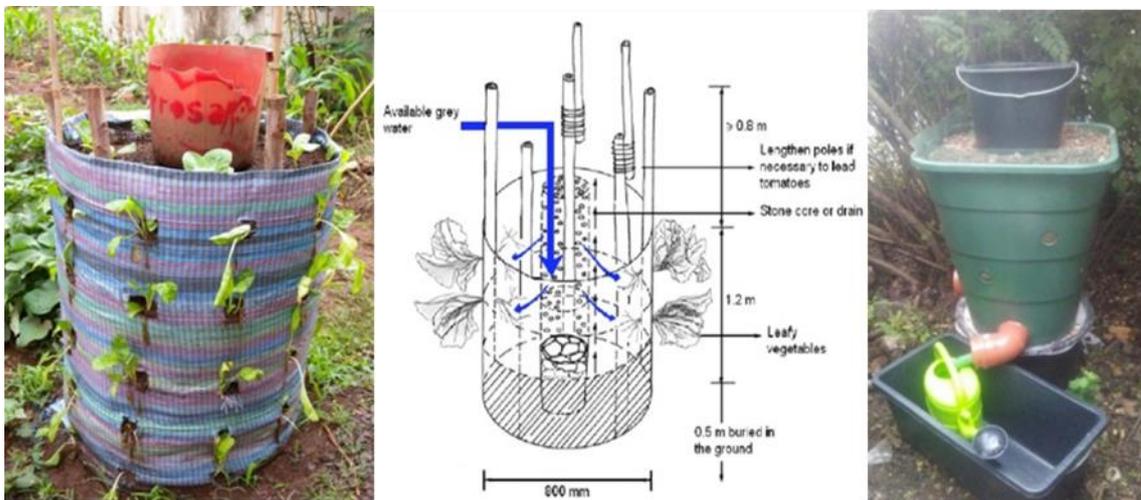


Abbildung 23 Beispiele für Grauwassertürme (Quellen v.l.: Müllegger et al. (2010, S. 24), R. Kulabako (2011, S. 149), Frentzel et al. (2021))

Als weitere Möglichkeit kleinteiliger Kreisläufe bietet sich die Kombination von Regenwassersammelmöglichkeiten mit Bewässerungssystemen an. IBC-Tanks, Regentonnen oder Zisternen können direkt mit (druckausgeglichenen) Tröpfchenbewässerungssystemen verbunden werden. Aber auch die Verbindung von Ollas mit einer unterirdischen Tröpfchenbewässerung oder gesammeltes Regenwasser direkt in den Tank eines Wickling Bed zu leiten, ist denkbar (Schädler, 2023). Umfangreichere Kombinationen aus anderen Gärten adressieren z.B. ein (Schmetterlings-)Dach über einem Beet als Niederschlags-/Sonnenschutz und Regenwassersammlung, an dessen Speicher (z.B. Regentonne) eine Tröpfchenbewässerung gekoppelt ist (Transition Town Freiburg e.V., 2015). Optionen bieten sich weiterhin durch die Lenkung von Überläufen aus unter- oder oberirdischen Speichern z.B. in Baum-/ Beet- oder Heckenbereichen. Auch die Kombination von Speicherüberläufen zum geplanten (Bewässerungs-)Teich nach Bezug der endgültigen Standortgrenzen kann überlegt werden.

	<p>Wasserkreisläufe bilden</p> <ul style="list-style-type: none"> → Errichtung von Grauwassertürmen → Kombination von Regenwassersammelmöglichkeiten mit Bewässerungssystemen → Lenkung von Überläufen
---	--

7.4 Ergänzende Maßnahmen

Neben den Schwerpunktmaßnahmen zur verbesserten Wassersammlung-, Speicherung bzw. Wiederverwendung wurden ergänzende Maßnahmen zur klimaresilienten Wassernutzung am neuen Standort des NeuLand-Gartens identifiziert. Besondere Klimaanpassungsmaßnahmen im Kontext von Dürren und Starkregen, Empfehlungen zu Monitoring bzw. Dokumentation und Maßnahmen hinsichtlich Wissensmanagement und Bildungsarbeit sind nachfolgend zusammengefasst.

7.4.1 Besondere Klimaanpassungsmaßnahmen treffen

Die Arbeit betonte bereits mehrfach die Relevanz intakter Bodenfunktionen im Kontext der Klimawandelfolgen und dessen erhöhte Resilienz gegenüber Dürren und Starkregen. Am neuen Standort sollten die Klimawandelfolgen in den nächsten Jahren aufmerksam beobachtet werden. Sofern verstärkt Probleme mit Dürren und Starkregenereignissen auftreten, stellt der Abschnitt ergänzende Maßnahmen vor.

7.4.1.1 Dürren

Wie in der Standortanalyse (Kapitel 5) beschrieben, ist mit häufigeren Bodendürren in den nächsten Jahren zu rechnen. Hierfür existieren Ansätze aus der Landwirtschaft, die dem NeuLand-Garten als Impuls dienen können.

Ein Ansatz ist die, im State of the Art bereits erwähnte, Defizitbewässerung, bei der eine reduzierte oder partielle Bewässerung (partielle Wurzelaustrocknung) erfolgt (Chaves & Oliveira, 2004). Auf die, durch die Defizitbewässerung ausgesandten, Dürresignale reagieren die Pflanzen mit wassereffizienten Anpassungsmaßnahmen wie besonders tiefe Wurzelausbildung, Anlegen von Kohlenstoffreserven oder wassersparendem Blätterwachstum (Regner, 2014). Eine reduzierte Wasserzufuhr von z.B. nur 50% des Bedarfs scheint vor allem zu Beginn einer Trockenperiode zielführend (Yactayo et al., 2013).

Neben den Strategien der Defizitbewässerung können Anpassungen in der Pflanzenauswahl die Resilienz gegenüber Dürren verbessern. Eine mittelfristige Maßnahme kann der Fokus auf den verstärkten Einsatz mehrjähriger Pflanzen darstellen. Mehrjährige Pflanzen beanspruchen zwar stärker die Wasserressourcen des Bodens, tragen aber zu einer verbesserten Wasserspeicherfähigkeit des Bodens und Resilienz gegenüber Dürren und Überschwemmungen bei (Chwolka, 2020; Foos & Born, 2019). Ebenfalls werden aufgrund des sinkenden CO₂-Düngeeffekts (Fähigkeit der Pflanzen CO₂ aus der Atmosphäre zu binden) und der zunehmenden Trockenperioden, negative Entwicklungen auf einjährige Kulturpflanzen erwartet (Thober et al., 2018; Wang et al., 2020). Eine Gegenmaßnahme kann der Einsatz mehrjähriger Pflanzen mit unterschiedlichen

Wurzeltiefen und -arten (hydraulic lift effect vgl. Abschnitt 7.3.1.1) darstellen. Bei zunehmenden Problemen durch Bodendürren muss ebenfalls langfristig eine Ausrichtung auf Pflanzen mit geringem Wasserverbrauch sowie „hitze-, trocken- bzw. frosttoleranten Sorten, mit einer erhöhten Resistenz gegenüber Krankheiten und Schädlingen“ (Poemmer, 2023, S. 43) erfolgen (Ludwig et al., 2021). Ebenfalls kann bei einjährigen Pflanzen die Anpassung der Fruchtfolge z.B. durch Umstieg auf Früh- oder Winterkulturen, zur Nutzung der zunehmenden Winterniederschläge eine Maßnahme sein (Chmielewski, 2007; Foos & Born, 2019).

Ergänzend zu den genannten Bewässerungsstrategien oder der besonderen Pflanzenauswahl, können auch Gieß- bzw. Prioritätenlisten z.B. mit Angaben zu priorisierten Gießbereichen, Pflanzen oder empfohlener Gießmengen, eingeführt werden. Diese sind vor allem dann sinnvoll, wenn nur mit Regenwasserreserven gegossen wird oder kommunale Einschränkungen während Dürren beim Bewässern mit Trinkwasser zu erwarten sind (2, 2023).

7.4.1.2 Starkregenereignisse

Neben der Vorsorge vor Überflutungen durch Starkregen mittels intakter Bodenfunktionen und flächiger Vegetation können zusätzliche Maßnahmen am neuen Standort die Resilienz gegenüber Extremniederschlägen erhöhen bzw. diese Wasserressourcen nutzbar machen.

Dazu gehören beispielsweise Oberflächengestaltungen auf Mikroebene in Anlehnung an Versickerungsanlagen (z.B. Mulden) und Prinzipien von Rain Gardens. Die Bildung von Vertiefungen innerhalb von Beeten oder die Erhöhung von Wegen gegenüber Beeten führen zu einer Sammlung der Starkregenniederschläge und anschließend einer langsameren Versickerung in den Wurzelbereich (Lancaster, 2019). Weiterhin kann eine gezielte Lenkung von Überläufen aus Regenrinnen zu Hecken oder Bäumen durch Gestaltung (z.B. Abschrägen, Grabenbildung) des darunterliegenden Untergrunds erreicht werden.

Sofern langfristig verstärkt Probleme durch Überflutung mit über die Dachflächen abgeleitetem Regenwasser auftreten, sind Dachbegrünungen zu überlegen. Diese weisen eine hohe Rückhaltefähigkeit bei Starkregen auf, vermindern jedoch den sammelbaren Regenenertrag normaler Niederschläge während des Jahres deutlich und stehen damit in Konkurrenz zu den Ziel, möglichst viel Regenwasser (außerhalb von Starkregen) über Dachflächen zu sammeln (Heinrichs et al., 2016; Sartor, 2018).

	<p>Besondere Klimaanpassungsmaßnahmen treffen</p> <ul style="list-style-type: none"> → Defizitbewässerung, besondere Pflanzenauswahl und Gieß-/Prioritätenliste für Dürren → Oberflächengestaltung, gezielte Lenkung von Überläufen und ggf. Dachbegrünungen zum Umgang mit Starkregen
---	---

7.4.2 Monitoring / Dokumentation

Bei der Beschreibung der Ausgangslage hinsichtlich der Bewässerung am bisherigen Standort (s. Abschnitt 6.1) zeigte sich bereits die Problematik, den jährlichen Wasserverbrauch im gesamten Garten und insbesondere für die Bewässerung zu ermitteln. Am neuen Standort sollte auf eine lückenlose Dokumentation dahingehend geachtet werden.

Empfohlen wird konkret, einen Zwischenzähler für die Gartenbewässerung zu installieren. Damit kann neben der Einsparung von Schmutzwassergebühren, die jährliche Menge an verbrauchtem Trinkwasser für die Bewässerung exakt bestimmt werden (StEB Köln, 2022). Bestenfalls wird diese Menge am Ende eines Jahres in Kontext mit den, über den DWD oder den Klimamonitor NRW einfach abrufbaren, Niederschlägen gesetzt. Vor allem über einen längeren Zeitraum zeigen sich so Optimierungspotenziale und Erfolge der Regenwasserbewirtschaftung. Auch im Sinne von Fördermittelanträgen ist es sinnvoll, bereits erzielte Erfolge bzw. angestrebte Ziele zu quantifizieren.

Die möglichst genaue Erfassung der zu bewässernden Flächen als Grundlage des Wasserbedarfs sowie sammelbaren Regenmengen über Dachflächen ist dabei auch in Hinblick des geplanten Zisterneneinbaus ratsam. Diese Daten unterstützen die Planung des optimalen Speichervolumens (Kostensparnis) und kann zudem häufigen Leer- oder Überlaufen vorbeugen.

Ergänzend wird empfohlen, umgesetzte Maßnahmen zur Steigerung der klimaresilienten Wassernutzung regelmäßig auf ihre Wirksamkeit hin zu prüfen. Eine jährliche, dokumentierte Erfahrungsabfrage innerhalb der Gemeinschaft (was hat gut funktioniert, was eher weniger) kann dabei schon hilfreiche Informationen liefern. Bei den vorgeschlagenen Versuchen unterschiedlicher (technischer) Bewässerungssysteme im Bereich der temporären Geländegrenzen bietet sich ein direkt mit Installation konzipiertes Monitoring an. Wasserersparnisse und Best Practice Beispiele, die sich zur Übernahme auf das endgültige Gelände eignen, können damit identifiziert werden. Ebenso leisten regelmäßige Abfragen und Erfahrungsaustausche einen Beitrag zur Umweltbildung und Sensibilisierung für die Thematik klimaresilienter Wassernutzung.

	<p>Monitoring / Dokumentation</p> <ul style="list-style-type: none"> → Verbrauch, zu bewässernde Fläche und Volumen gesammelter Regenwassermengen dokumentieren → Zusätzlichen Zwischenzähler für Bewässerung einbauen → Regelmäßige Erfahrungsabfrage innerhalb der Gemeinschaft
---	---

7.4.3 Bildungsarbeit und Wissensmanagement

Das Ziel der Umweltbildung ist sowohl in der Satzung des NeuLand e.V. verankert als auch in dem unterzeichneten Urban Gardening Manifest. Der nachfolgende Abschnitt formuliert Möglichkeiten, den NeuLand-Garten als Lernort zu gestalten und das Wissensmanagement zu verbessern, um in- und extern für das Thema der klimaresilienten Wassernutzung zu sensibilisieren.

7.4.3.1 Umweltbildung

Die Vermittlung von Informationen sollte im Rahmen der Umweltbildung als aktiver Vorgang gestaltet werden, um das Umweltbewusstsein von Menschen und deren Handeln im Sinne nachhaltiger Entwicklung zu stärken (Schreiner, 2014). Durch das Verbinden von alltagsnahen Themen (Wasser, Gärtnern, Biodiversität, Ernährung) und dem Aufzeigen konkreter Lösungsmöglichkeiten im NeuLand-Garten, besteht eine hohe Wahrscheinlichkeit, dass diese Ansätze auch außerhalb des Gartens wahrgenommen und umgesetzt werden (Foos & Born, 2019; Ruschkowski et al., 2022). **Das NeuLand und dessen Gärtner:innen nehmen folglich eine Multiplikator:innenrolle ein.** Dafür sollte zunächst die Relevanz der klimaresilienten Wassernutzung innerhalb der Gartengemeinschaft thematisiert und alle durchgeführten und geplanten Ansätze sichtbar gemacht werden. Im nächsten Schritt können sich Besucher:innen des NeuLand-Gartens durch einfach aufbereitete und bereitgestellte Informationen ebenfalls zu Multiplikator:innen entwickeln. Beispielsweise durch kurze Erklärungstexte an Beeten, Gebäuden und Speichern, bestenfalls spielerisch und inklusiv gestaltet.

7.4.3.2 Wissensmanagement verbessern

Um das Ziel der Umweltbildung zu erreichen, ist ein funktionierendes Wissensmanagement unabdingbar. Sowohl aus der Umfrage innerhalb der NeuLand-Gemeinschaft als auch den Erfahrungen aus anderen Gemeinschaftsgärten ließ sich ableiten, dass Wissen häufig bei Einzelpersonen gebündelt ist. Das interne Wissensmanagement als auch die Vernetzung mit externen (Garten-)Gemeinschaften bietet dabei Weiterentwicklungspotenzial am neuen Standort.

Am Beispiel der klimaresilienten Wassernutzung zeigte sich im Rahmen der Arbeit bereits, wie sehr verschiedene Thematiken z.B. Boden- und Beetaufbau, gärtnerische Ausrichtungen (Permakultur, Waldgarten), Bewässerungssysteme und -verhalten ineinandergreifen. Um am neuen Standort merkbare Erfolge hinsichtlich einer nachhaltigeren Wassernutzung zu erzielen, wird **der Aufbau eines organisierten Wissensmanagements innerhalb der NeuLand-Gemeinschaft empfohlen.** Aus vergangenen Erfahrungen (inaktive AG; angelegtes, aber nicht gepflegtes Online-Wiki) zeigte sich, dass der zeitliche und personelle Aufwand dafür möglichst geringgehalten und das Wissen niederschwellig erreichbar sein sollte. Funktionierende Ansätze sind z.B. die Zusammenfassung besuchter Workshops / Seminare für die Teilnehmenden des monatlichen Plenums und Weiterbildungsangebote über den E-Mail-Verteiler des NeuLand e.V. bereitzustellen. Am neuen Standort eignet sich die geplante Infotafel, um Wissen zentral zu bündeln und niederschwellig verfügbar zu machen (Schlagwörter mit QR-Codes, die zu zusammengestellten Informationsdokumenten leiten; Bilder und Anleitung zu Best Practice Beispielen etc.).

Hinsichtlich des Austauschs mit externen (Garten-)Gemeinschaften bestehen bereits etablierte Netzwerke und Wissensstrukturen, auf die der NeuLand e.V. zurückgreifen kann. Es empfiehlt sich vor geplanten Maßnahmen, beispielsweise dem Neubau von Dachkonstruktionen, Zuläufen, Wicking Beds, Aufbau einer Komposttrenntoilette oder

Installation der Zisterne, zuerst konkrete Erfahrungs- und Wissensabfragen über diese Netzwerke durchzuführen. Dadurch entsteht weniger Aufwand für die Recherche, Vorauswahl und Entscheidung des optimalen Systems und die anschließende Umsetzung. Dies fördert schnelle, sichtbare Erfolgserlebnisse, die für das Engagement von Freiwilligen von großer Bedeutung sein können.

	<p>Bildungsarbeit und Wissensmanagement</p> <ul style="list-style-type: none"> → Niederschwellige Bereitstellung von Informationen im Garten (QR-Codes, Infotafeln) → Multiplikator:innenfunktion Gärtner- und Besucher:innen nutzen → AGs für kleine Projekte bilden (z.B. Aufbau Komposttrenntoilette, Infotafel gestalten) → Netzwerke zu Erfahrungs- und Wissensabfragen nutzen
---	--

7.5 Bewertung durch die Gemeinschaft

Die Bewertung des Konzepts erfolgte im Rahmen eines Workshops. Die Teilnehmer:innen aus der NeuLand-Gemeinschaft wurden im Zusammenhang mit der Ergebnispräsentation eingeladen, sich mit dem erstellten Konzept kritisch auseinanderzusetzen. Dadurch wurde überprüft, ob die vorgeschlagenen klimaresilienten Wassernutzungsmöglichkeiten im Einklang mit den Prioritäten der NeuLand-Gemeinschaft stehen. Ebenfalls erfolgte die Identifizierung potenzieller Interessenskonflikte im Sinne der zweiten Unterforschungsfrage. Die Ergebnisse sind nachfolgend zusammengefasst.

7.5.1 Prioritätenerfüllung

Während der Konzepterstellung wurde bereits darauf geachtet, dass dieses im Einklang mit den in Abschnitt 6.3.1 herausgearbeiteten Prioritäten des NeuLand e.V. steht und die in der Umfrage innerhalb der NeuLand-Gemeinschaft formulierten Wünsche für eine nachhaltigere Wassernutzung am neuen Standort berücksichtigt. Diesbezüglich gab es auch keine Kritikpunkte der Workshop-Gruppe. Die zu Beginn abgefragten Wünsche bzw. Vorstellungen der Teilnehmer:innen an den Workshop adressierten vorrangig das persönliche Interesse an dem Thema nachhaltige Wassernutzung, den Erhalt neuen Wissens und die Freude am Lernen. Aber auch das Anliegen, konkret umsetzbare Ideen für den neuen Standort zu erhalten, wurde genannt. Hier verdeutlichen sich die gelebten Ziele (Natur- und Umweltschutz) des Vereins als auch die internen Werte der Gemeinschaft (Weiterentwicklung des NeuLand-Orts, der Menschen und der Nachhaltigkeit). Die konstruktiven Diskussionen während des Workshops zeigten weiterhin, dass die Teilnehmer:innen ebenfalls intuitiv wertschätzende Kommunikation anwandten. Durch die präsenten intrinsischen Natur- und Umweltschutzüberzeugungen entstanden keine Nachfragen zur Relevanz der klimaresilienten Wassernutzungsmöglichkeiten. Fragen bezogen sich eher auf unbekannte Systeme (Grauwassertürme, Zisternen, Rain Gardens, Agroforst etc.) und es mussten kaum argumentative Begründungen für Konzeptinhalte herangezogen werden. Daraus kann vorsichtig geschlossen werden, dass die vorgeschlagenen Möglichkeiten zur klimaresilienten Wassernutzung im Einklang mit den

Prioritäten des NeuLand e.V. stehen. Von einer Person wurde das im Konzept aufgenommene permakulturelle Prinzip des Beobachtens bewusst wahrgenommen.

7.5.2 Diskussionspunkte und Interessenskonflikte

Potenzielle Interessenskonflikte der NeuLand-Gemeinschaft mit den erarbeiteten klimaresilienten Wassernutzungsmöglichkeiten am neuen Standort sollten im Rahmen des Workshops identifiziert werden.

Dafür schaffte die Workshop-Planung Raum für freie als auch themengelenkte Diskussionsrunden. Die Lenkung erfolgte mittels der Methodik des systemischen Konsensierens, bei der die Teilnehmer:innen ausgewählte Konzeptinhalte mit persönlichen Widerständen auf einer Skala von 0 (kein Widerstand) bis 10 (größtmöglicher Widerstand) bewerteten. Aufgrund der Anzahl von sieben Teilnehmer:innen konnten durch den Workshop keine allgemeingültigen Aussagen für die gesamte NeuLand-Gemeinschaft im Kontext des erstellten Wassernutzungskonzept abgeleitet werden. Auf eine Anpassung des Konzepts wurde daraufhin verzichtet. Die entstandenen Diskussionen und formulierten (Gruppen-)Widerstände deuteten jedoch mögliche Konfliktpotenziale innerhalb der Gemeinschaft an, die vor der Umsetzung konkreter Konzeptinhalte nochmals in größerer Runde (z.B. Plenum) besprochen werden sollten.

Ein potenzieller Interessenskonflikt zeichnete sich während der un gelenkten Diskussion bei dem Konzeptvorschlag, die Flächen- und Wassernutzung aufeinander abzustimmen, ab. Hier basierte die Priorisierung, ob sich die Flächennutzung an die Wassernutzung anpassen soll oder umgekehrt, auf persönlichen Präferenzen. So wurde die Zentrierung der Container im Eingangsbereich aufgrund des geplanten Sozialbereichs mit Gartencafé, je nach individueller Präferenz, wichtiger gewertet als die möglichst dezentrale Verteilung der Gebäude im Sinne der optimierten Wassernutzung. Vorschläge wie bewegliche mittelgroße Konstruktionen und Speicher zu installieren, die nach Abriss der Lagerhalle in die endgültigen Standortgrenzen versetzt werden, konnten dann nicht unbedingt überzeugen. Der Aufwand durch Auf- und Abbau wurde als störend hoch empfunden. Die Arbeit konnte hierzu keine abschließende Lösung bieten. **Es wird empfohlen, das Thema der abgestimmten Wasser- und Flächennutzung in den geplanten Workshop zu den Containerstandorten miteinzubringen.** Für die Entscheidung zwischen verschiedenen Lösungsalternativen eignet sich die erneute Anwendung des systemischen Konsensierens.

Bei der gelenkten Diskussion mit Verteilung von Widerstandskarten zeichnete sich ab, dass vor allem umfangreichere Maßnahmen, wie der Einsatz technischer Systeme bei der Bewässerung, Einbau einer Zisterne sowie die Installation einer Komposttrenntoilette auf größere Gruppenwiderstände stieß als andere Vorschläge. Aus den damit verbundenen Gruppendiskussion konnte entnommen werden, dass die Widerstände vorrangig entstanden, wenn die Systeme bzw. die Handhabung den Personen unbekannt oder mit technischen Systemen wie Pumpen verbunden waren. Dadurch wurden Kosten, Installations- und Wartungsaufwand sowie das benötigte Fachwissen im Umgang mit den Systemen als sehr hoch eingeschätzt. Da Komposttrenntoiletten einigen

Teilnehmer:innen schon bekannt waren und die Kosten dafür gut abgeschätzt werden konnten, entstand nach ausführlichen Diskussionen der Vorschlag, das System erstmal parallel zum vorhandenen WC-Container zu testen und bei guten Erfahrungen diesen mittelfristig zu ersetzen. Zu den Empfehlungen einer Zisterne und dem Ausprobieren verschiedener Bewässerungssysteme in Schaubeeten auch unter dem Blickwinkel der Umweltbildung für Besucher:innen blieben die Diskussionen eher zurückhaltend neutral. **Es lässt sich daraus ableiten, dass low-tech Maßnahmen, die sich in überschaubaren Kosten- und Zeitaufwänden befinden, bevorzugt werden.**

Die Beobachtungen hinsichtlich höherer Widerstände bei umfangreicheren, technischen Systemen bestätigte sich bei den Diskussionen über den Einsatz von Grauwassertürmen. Diese waren zwar allen Teilnehmer:innen unbekannt, nach Erläuterung des Aufbaus (nur natürliche Materialien, Umfang z.B. der einer großen Regentonne, keine Pumpen notwendig), stieß der Vorschlag aber auf große Zustimmung. In diesem Zusammenhang wurde auch der Wunsch, an Hochschulen heranzutreten und z.B. die Planung, Dimensionierung und Bau eines Grauwasserturms oder Konstruktion der Dachaufbauten / Dachrinnen als Projektarbeiten von Studierenden⁹ durchführen zu lassen, angebracht.

Zu den Themen Beetmix (verschiedene Beetformen etablieren, vorrangig mit Bodenschluss) und dem verstärkten Gärtnern in Gemeinschaftsbeeten, um das Wissen aus Permakultur, Beetaufbau, Pflege und Wassernutzung zusammenzuführen, kamen wenige Widerstände auf. Auch der von einer teilnehmenden Person angebrachte Vorschlag zur Bildung von (Wasser-)Expert:innengruppen zeigte einen geringen Gruppenwiderstand. Die zu diesem Vorschlag entstandene Diskussion deutete jedoch einen allgemeinen Interessenskonflikt an. Durch die Bildung von Expert:innengruppen entstehen zwar fest definierte Ansprechpersonen, die sich auch innerhalb ihres Schwerpunktthemas weiterbilden und anderen Gärtner:innen Tipps geben können. Im Gegenzug bleibt jedoch für den Garten wichtiges Wissen bei Einzelpersonen verankert und erfordert z.B. aktives Nachfragen durch andere Gärtner:innen. Zusätzlich ist aus Erfahrung der Gartengemeinschaft bekannt, dass aus Spezialwissen schnell eine Zuweisung von Aufgaben und Verantwortlichkeiten resultiert, was das freiwillige Engagement ausreizt.

Daran anknüpfend verdeutlichte sich ein weiterer potenzieller Interessenskonflikt. Die Relevanz einer verbesserten Wassernutzung war dem NeuLand e.V., wie viele andere Natur- und Umweltschutzthemen, bewusst. Ebenfalls bestand großes Interesse dahingehend Maßnahmen zu treffen. Jedoch zeigte die elfjährige Praxis und die Umzugsplanung, wie viele Aufgaben im Garten bereits bestehen und nicht bzw. kaum gepflegt werden (z.B. Kompostaufbau, Wasser-AG, Bewässern in der Urlaubssaison). Die Tätigkeiten hängt dabei meist an Einzelpersonen, deren freiwilliges Engagement aufgrund fehlender Unterstützung über die Zeit hinweg abnimmt. Hier zeigt sich eine Übereinstimmung zu den in Abschnitt 6.2 identifizierten Konflikten in anderen Gemeinschaftsgärten.

⁹ z.B. aus den Studiengängen Bau- oder Rettungsingenieurwesen, Natural Resource Management...

Wahrscheinlich erfuhren deshalb einfache, kostengünstige, low-tech und inhaltlich abgegrenzte Maßnahmen (Grauwassertürme, Komposttrenntoilette) innerhalb der Workshop-Gruppe die stärkste Begeisterung. Aus diesem Grund wird empfohlen, Arbeitsgruppen in Zukunft an kleine Projekte zu koppeln (Auswahl geeigneter Pflanzen für die Gründüngung, Bau eines Grauwasserturms / einer Komposttrenntoilette, Gestaltung von Infotafeln), statt an allgemeine Themen (Permakultur, Kräuterhügel). Die inhaltlich und zeitlich eingegrenzten AG-Themen werden dann weniger mit langfristigen Verpflichtungen verknüpft. Zusätzlich kommen unterschiedliche AG-Teilnehmenden zusammen und tragen damit auch zu einem verstärkten heterogenen Wissensaustausch bei. **Ebenfalls sollte die Einbindung von Besucher:innen und Umweltbildungsmaßnahmen verstärkt in den Fokus rücken.** Dahingehend formulierte Empfehlungen innerhalb des Wassernutzungskonzepts fanden in den Diskussionsrunden kaum Betrachtung. Im Zusammenhang mit den formulierten Zielen des NeuLand e.V. und seiner Rolle als Gemeinschaftsgarten im Verständnis der Urban Gardening Bewegung sollte das Potenzial des NeuLand-Gartens als Bildungsort für die Entwicklung einer nachhaltigen Gesellschaft stärker genutzt werden.

7.6 Zusammenfassung und Wassernutzungskonzept

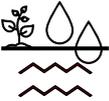
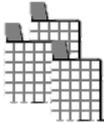
Die vorangegangenen Abschnitte zeigen Möglichkeiten zur klimaresilienten Wassernutzung am neuen Standort des NeuLand e.V. auf. Sie adressieren im Sinne der zugrunde gelegten Definition, Maßnahmen, die den Wasserverbrauch im NeuLand reduzieren, eine Wiederverwendung von Wasserressourcen ermöglichen oder ausgelagerte Recyclingprozesse vermeiden. Ebenfalls weisen sie durch die Berücksichtigung der Ergebnisse aus der Standortanalyse eine Widerstands- und Anpassungsfähigkeit gegenüber den Klimawandelfolgen auf. Im Zusammenhang mit der ersten Unterforschungsfrage wurden in diesem Kapitel nur Möglichkeiten aufgezeigt, die mit den Ressourcen des Vereins zu bewältigen sind und somit als realisierbar angesehen werden können. Dabei stützte sich die Arbeit auf Ansätze anderer Gemeinschaftsgärten, die über ähnliche Strukturen und Ressourcen verfügen. Des Weiteren basierten die vorgestellten Möglichkeiten auf den Vorüberlegungen aus Kapitel 6, wodurch eine Vielzahl von nicht umsetzbaren Ansätzen im Vorfeld der Konzepterstellung ausgeschlossen wurden.

Während sich die Arbeit auf Grauwassertürme als umsetzbare Wiederverwendungsmöglichkeit und eine Komposttrenntoilette zur Vermeidung ausgelagerter Recyclingprozesse beschränken muss, ergeben sich **vielfältige, niederschwellige Möglichkeiten zur Reduzierung des Wasserbrauchs am zukünftigen NeuLand-Standort.** Ein Schwerpunkt bildet dabei die Förderung der Wasserspeicherfähigkeit des Bodens u.a. durch hohen Humusgehalt, flächige Vegetation mit guter Durchwurzelung unter Berücksichtigung ökosystemnachahmender Anbausysteme (z.B. Waldgärten, Permakultur). Durch das Gärtnern in wassersparenden Beetformen und ergänzender Anwendung von technischen (Tröpfchen)Bewässerungssystemen, kann der Wasserverbrauch für die Bewässerung zusätzlich reduziert werden. Zur Ermittlung von Best Practice Beispielen als auch zur Weitergabe von wassernutzungsrelevanten Informationen ist dabei der interne

und externe Wissensaustausch von zentraler Bedeutung. Auch die Einbindung von Besucher:innen und Maßnahmen zur Umweltbildung sollte am neuen Standort nicht vernachlässigt werden. Weiterhin ist ein Monitoring bzw. eine Dokumentation wasserrelevanter Kennzahlen (Verbrauch, Bedarf etc.) empfohlen, um u.a. die Erfolge durchgeführter Maßnahmen sichtbar zu machen.

Um die Bewässerung verstärkt auf Regenwasser auszulegen, reduzieren sich die umsetzbaren Möglichkeiten zwar auf den Ausbau der bereits verfolgten Ansätze im NeuLand-Garten. Dadurch unterstreicht das Kapitel jedoch nochmals die Relevanz der bisher durchgeführten Maßnahmen und zeigt das Potenzial der Regenwassernutzung durch Ausbau von Dachflächen und Speichern mit optimierten Zuläufen und Filtermöglichkeiten auf. Aus der Umsetzung der genannten Maßnahmen ergibt sich die Chance, den Garten möglichst resilient gegenüber den Klimawandelfolgen zu gestalten und spezielle Anpassungsmaßnahmen (z.B. Umstellung auf hitze-/trockentolerante Pflanzen) möglichst lange zu vermeiden.

Eine Bewertung des Konzepts durch Mitglieder der NeuLand-Gemeinschaft erfolgte im Rahmen eines Workshops. Aufgrund der geringen Gruppenwiderstände und keinen formulierten Änderungswünschen wurde auf eine Überarbeitung des Konzepts verzichtet. Aus der geringen Anzahl an Teilnehmer:innen konnten keine allgemeingültigen Aussagen für die gesamten NeuLand-Gemeinschaft abgeleitet werden. Das abschließende Wassernutzungskonzept kann Abbildung 24 auf den nächsten beiden Seiten entnommen werden.

Wassernutzungskonzept für den Gemeinschaftsgarten NeuLand e.V.		
Verbesserung der Regenwassersammlung		<p>Verbesserung bestehender Sammelflächen</p> <ul style="list-style-type: none"> → Alle Dachfläche möglichst umfassend nutzen (Maximale Über- / Anbauten) → Verlustfreie Zuläufe durch richtige Dimensionierung der Regenrinnen und Fallrohre
		<p>Erweiterung der Sammelflächen</p> <ul style="list-style-type: none"> → Zusätzliche Auffangflächen installieren (Schmetterlingsdächer, Sonnensegel etc.)
		<p>Filterung</p> <ul style="list-style-type: none"> → Abflachung der Regenrinne vor Zulauf in Speicher (Sedimentierung in Regenrinne) → Konstruktion von Vorflutern zur Sammlung von Grobpartikeln → Feinfilter über direktem Zulauf in Speicherbehälter
		<p>Flächen- und Wassernutzung aufeinander abstimmen</p> <ul style="list-style-type: none"> → Dezentrale Verteilung der Gebäude / Sammelmöglichkeiten auf dem Gelände → Freistehend oder Überdachungskonstruktionen zwischen zwei Gebäuden
Verbesserung der Regenwasserspeicherung		<p>Wasserspeicherfähigkeit des Bodens verbessern</p> <ul style="list-style-type: none"> → Humusgehalt erhöhen → Verbleib von Wurzeln im Boden, Bildung effektiver Mikroorganismen, Anbau v. Fruchtfolgen und Zwischenfrüchten, schonende Bodenbearbeitung → Flächige Vegetationsbedeckung des Bodens mit geeigneten (Gründüngungs-)Pflanzen
		<p>Ausbau ober- bzw. unterirdischer Speicher</p> <ul style="list-style-type: none"> → Auslegung der Speichervolumen auf Regenertrag von Sammelflächen → Erweiterung der oberirdischen Sammel tanks → Einbau einer Zisterne abwägen

Wiederverwendung und ressourcenschonende Nutzung		<p>Ressourcenschonende Nutzung bei der Bewässerung</p> <ul style="list-style-type: none"> → Ansätze aus Agroforst-, Waldgarten-, Permakultur-, Rain Garden-Systemen zusammenführen → Wassersparende Beetformen wählen (Beete mit Bodenschluss, Wicking Beds) → Bewässerungssysteme ausprobieren (Tröpfchenbewässerung, Ollas)
		<p>Trinkwasserverbrauch reduzieren</p> <ul style="list-style-type: none"> → etablierte Ansätze am neuen Standort beibehalten (Spülmaschine, Wassersparende Armaturen, Reduktion von Warmwasser) → WC-Container durch eine Komposttrenntoilette zu ersetzen
		<p>Wasserkreisläufe bilden</p> <ul style="list-style-type: none"> → Errichtung von Grauwassertürmen → Kombination von Regenwassersammelmöglichkeiten mit Bewässerungssystemen → Lenkung von Überläufen
Ergänzende Maßnahmen		<p>Besondere Klimaanpassungsmaßnahmen treffen</p> <ul style="list-style-type: none"> → Defizitbewässerung, besondere Pflanzenauswahl und Gieß-/Prioritätenliste für Dürren → Oberflächengestaltung, gezielte Lenkung von Überläufen und ggf. Dachbegrünungen zum Umgang mit Starkregen
		<p>Monitoring / Dokumentation</p> <ul style="list-style-type: none"> → Verbrauch, zu bewässernde Fläche und Volumen gesammelter Regenwassermengen dokumentieren → Zusätzlichen Zwischenzähler für Bewässerung einbauen → Regelmäßige Erfahrungsabfrage innerhalb der Gemeinschaft
		<p>Bildungsarbeit und Wissensmanagement</p> <ul style="list-style-type: none"> → Niederschwellige Bereitstellung von Informationen im Garten (QR-Codes, Infotafeln) → Multiplikator:innenfunktion Gärtner- und Besucher:innen nutzen → AGs für kleine Projekte bilden (z.B. Aufbau Komposttrenntoilette, Infotafel gestalten) → Netzwerke zu Erfahrungs- und Wissensabfragen nutzen

Abbildung 24 Wassernutzungskonzept für den NeuLand e.V. (eigene Darstellung)

8 Diskussion und Methodenkritik

Das nachfolgende Kapitel setzt sich kritisch mit den angewandten Methoden auseinander und diskutiert im Anschluss die Ergebnisse dieser Arbeit.

8.1 Methodenkritik

Der angewandte Methoden-Mix eignete sich grundsätzlich zur Erfüllung des Forschungsziels der Arbeit. Durch die Vielzahl angewandter Methoden mussten jedoch Abstriche in Bezug auf die Tiefe der einzelnen Methoden in Kauf genommen werden: Sowohl die Reduzierung der Standortanalyse auf relevante Kennzahlen zur Wassernutzung als auch die starke Orientierung an den Daten des LANUV-Klimareports konnten **die Komplexität von Klima und Klimawandelfolgen nicht in ihrem vollen Umfang abbilden**. Auch hätte sich in der Standortanalyse die kartographische Darstellung von Geoinformationen empfohlen, die zwar über die verschiedenen Geoportale zur freien Verfügung standen, aber aus Zeitgründen ungenutzt blieben.

Weiterhin erfolgte eine stark verkürzte Form der qualitativen Inhaltsanalyse bei der Auswertung der Interviews, was diese anfälliger für Fehlinterpretationen machte (Gläser & Laudel, 2012; Kelle, 2014). Die Ergebnisse der Online-Umfrage wurden als qualitative Daten gewertet und rein deskriptiv ausgewertet. Dies begründete sich mit der geringen Teilnahmequote, fehlenden Informationen über die Grundgesamtheit und deren Zusammensetzung, aber auch dem Untersuchungsziel und der bewusst gewählten Vielzahl offener Fragen. Die Wertung als qualitative Daten konnte aufgrund des Fokus auf die abgefragten Eindrücke und Zielvorstellungen der Teilnehmer:innen als geeignet bewertet werden (Baur & Blasius, 2014). Jedoch blieb die Möglichkeit, die bereits stark auf qualitative Methoden ausgelegte Arbeit im Sinne eines ausgewogeneren Methoden-Mix mit quantitativen Daten zu ergänzen, ungenutzt (Kelle, 2014).

Die Ergebnisse der Arbeit stützen sich damit – abgesehen von quantitativen Verfahren in der Standortanalyse und bei den Berechnungen der Regenerträge – aufgrund der gewählten Methoden vorrangig auf qualitative Daten. Daraus resultierten die damit verbundenen typischen Einschränkungen, vor allem in Bezug auf Repräsentation, Übertragbarkeit und Objektivität der Erkenntnisse (Kelle, 2014; Pickel et al., 2009). Im Rahmen dieser Arbeit waren vor allem die Expert:inneninterviews stark von individuellen (Garten)Bedingungen geprägt und ließen kaum Verallgemeinerungen der Aussagen zu. Trotz der wertvollen Erkenntnisse zu Bodenaufbau und Bewässerungsmanagement ließ sich teilweise konträres Deutungs- und Erfahrungswissen der Befragten beobachten. Die Widersprüchlichkeiten konnten aufgrund der Vielzahl unterschiedlicher Themenaspekte und Fachdisziplinen dabei nicht immer mit den ergänzend durchgeführten Literaturrecherchen und den Informationen aus Webinaren und Workshops ausgeglichen werden. Dadurch fanden Einzelaspekte (z.B. Dauerhumus) keinen Eingang in die Arbeit oder wurden nicht in vollständiger Tiefe abgebildet (hydraulic lift). Hier wäre eine systematischere Auswahl der Interviewten in Ergänzung von mehr Expert:innen aus der Geographie bzw. Geologie, Wasser- und Agrarwirtschaft eventuell zielführender gewesen.

Die Nutzwertanalyse zur systematischen und transparenten Bewertung der identifizierten Möglichkeiten stellte sich im Verlauf der Arbeit als ungeeignet heraus. Sie wurde unter der Annahme erstellt, dass aus der Recherche und den Expert:innengesprächen eine Vielzahl an Möglichkeiten resultieren würde, deren Umsetzbarkeit unter Kriterien wie Zeitaufwand oder Anzahl benötigter Helfer:innen bewertet werden müsse. Da die meisten umfangreicheren Möglichkeiten aufgrund der Vorüberlegungen in Kapitel 6 entfielen, stützten sich die verbliebenden Ansätze vorrangig auf die Erkenntnisse aus den Expert:inneninterviews. Alle Befragten wiesen dabei einen Urban Gardening Bezug auf, wodurch die identifizierten Möglichkeiten zur klimaresilienten Wassernutzung aufgrund der ähnlichen Struktur des NeuLand e.V. als umsetzbar bewertet wurden. Weiterhin bestand durch den Abschlussworkshop mit der NeuLand-Gemeinschaft die Möglichkeit, potenzielle Umsetzungsschwierigkeiten herauszuarbeiten.

Dem Partizipationsverfahren wurde während der Arbeit ein hoher Stellenwert beigemessen und diese Einschätzung wurde – aufgrund der Anwendung ähnlicher Verfahren in themenrelevanten Projektvorhaben zu kommunaler Klimaresilienz oder integrativer Planung blau-grüner Infrastruktur – bestätigt (Grothmann et al., 2021; Jahnke et al.; Ludwig et al., 2021). Diese sahen partizipative Prozesse als zentralen Bestandteil für funktionierende Klimaanpassungsmaßnahmen und wiesen zeitgleich vergleichbare Konzeptionierungsvorgänge zu dieser Arbeit auf (Standortanalyse, Erhebung der Wünsche der Zielgruppe, iterative Konzeptentwicklung). Aufgrund der geringen Teilnahme an der Umfrage und dem Abschlussworkshop wurde die **Wirksamkeit des Einbindungsverfahrens in dieser Arbeit jedoch eventuell überschätzt** (Grothmann et al., 2021). Der in der Arbeit mehrfach betonte Beitrag von Gemeinschaftsgärten zur Umweltbildung (z.B. durch besondere Maßnahmen der klimaresilienten Wassernutzung) stellte sich während des Workshops eher als nachrangige Priorität der Teilnehmer:innen heraus. Hier hätte die Arbeit als auch der Workshop, im Zusammenhang mit der langfristig geplanten Einbindung des NeuLand-Gartens in die Grüngürtelerweiterung und damit verbundener öffentlicher Zugänglichkeit, stärker auf die Relevanz der Umweltbildung hinweisen können. Dazu wäre eine Orientierung der Arbeit an Ansätze aus der Bildung zur Nachhaltigen Entwicklung (BNE) oder Citizen Science im Vorhinein der Bearbeitung gegebenenfalls besser geeignet gewesen. Die Anwendung solcher Ansätze hätte möglicherweise eine höhere Einbindung der Zielgruppe zur Folge gehabt und darüber hinaus, durch die gemeinsame Wissensgenerierung, Grundlagen zur Umweltbildung und Multiplikator:innenfunktion schaffen können (Bonn et al., 2016; Jahnke et al.; Ruschkowski et al., 2022).

8.2 Ergebnisdiskussion

Die Arbeit setzte sich mit Möglichkeiten zur Reduktion, Speicherung und Wiederverwendung von Wasserressourcen im Sinne der Klimaresilienz am Beispiel des Gemeinschaftsgarten NeuLand e.V. auseinander. Übergeordnetes Ziel der Arbeit war die Zusammenführung der identifizierten Ansätze in einem Wassernutzungskonzept, das zum einen die Prioritäten der NeuLand-Gemeinschaft erfüllt und potenzielle Interessenskonflikte identifizieren sollte. Zum anderen sollte eine Übertragbarkeit des Konzepts auf

andere Gemeinschaftsgärten ermöglicht werden. In Harmonisierung interdisziplinärer Definitionen wurde für die Wassernutzungsmöglichkeiten am neuen Standort dann eine Klimaresilienz unterstellt, wenn die identifizierten Maßnahmen den Wasserverbrauch im NeuLand-Garten reduzierten, eine Wiederverwendung von Wasserressourcen ermöglichten oder ausgelagerte Recyclingprozesse vermieden. Die Maßnahmen mussten dabei weiterhin eine Widerstands- und Anpassungsfähigkeit (Klimaresilienz) gegenüber den Klimawandelfolgen aufweisen. Auf eine gesonderte Bewertung der Maßnahmen hinsichtlich ihrer erfüllten Klimaresilienz wurde im Rahmen der Arbeit verzichtet. Dies konnte damit begründet werden, dass sich die zugrunde gelegte Definition in der gesichteten Literatur häufig in ähnlicher Weise wiederfand, die Erkenntnisse der Interviews sich darin gut eingliedern ließen und mit den Schlussfolgerungen der Standortanalyse übereinstimmten (Feldmann et al., 2023; Ludwig et al., 2021; Orlina & Schaldach, 2018).

Die Einordnung von Urban Gardening als Schnittstelle zwischen Landwirtschaft, Stadt und Privathaushalten stellte sich im Zeitverlauf der Arbeit als nicht vollumfänglich geeignet heraus. Dass trotz einiger themenverwandter Projekte bzw. Konzepte **keine umsetzbaren Möglichkeiten aus der Siedlungswasserwirtschaft** für den Standort abgeleitet werden konnten, ist auf verschiedene Aspekte zurückzuführen: Zum einen erfolgt auf städtischer Ebene eher selten eine isolierte Betrachtung der *blauen* Infrastruktur (natürliche, künstliche Gewässer, Überflutungsbereiche), sondern meist wird diese in Kombination mit Ausbau des Stadtgrüns (grün-blaue Infrastruktur) oder der Starkregenvorsorge und in Zusammenarbeit entsprechender Planungsstellen entwickelt (Stadtplanung, Architektur, Wasserwirtschafts, Landschaftsgartenbau etc.) (Henninger & Albert, 2021; Ludwig et al., 2021; Pitha et al., 2023; Riechel & Wiemer, 2022; Rößler, 2015; Schramm et al., 2023; Wollner, 2019). Zum anderen kann vermutet werden, dass der Beitrag von Urban Gardening Vereinen zur kommunalen Klimaresilienz mit Verbesserung des Lokalklimas als Teil des Stadtgrüns oder Teil der Umweltbildung bereits als erfüllt angesehen wird und ergänzende Maßnahmen im Kontext der Wassernutzung dadurch weniger relevant erscheinen (Feldmann et al., 2023; Halder, 2014; Jahnke et al.; Viehoff & Follmann, 2017). Eine Berücksichtigung wie bei dem Projekt *Integrierte Strategien zur Stärkung urbaner Blau-Grüner Infrastrukturen (INTERESS-I)* (2021), das innerhalb des Konzepts vorsieht, das gesammelte und in einer Zisterne gespeicherte Regenwasser eines Wohngebäudes mit einem angrenzenden Gemeinschaftsgarten zu teilen, bleiben damit eher Einzelfälle (Ludwig et al., 2021). Die in dieser Arbeit untersuchten, initiative Planungen, die auf der Motivation der Bevölkerung bzw. des Gemeinschaftsgartens basieren, müssen sich dadurch auf die aufgezeigten Ansätze aus Landwirtschaft, Privathaushalten und anderen Gemeinschaftsgärten beschränken.

Das entwickelte Konzept zeigte, dass sich eine Vielzahl an umsetzbaren Möglichkeiten zur klimaresilienten Wassernutzung für den NeuLand-Standort identifizieren ließen. Die Vorstellung der Ergebnisse im Rahmen des Abschlussworkshops ließ auf keine Interessenskonflikte schließen, die auf eine Nichteinhaltung der Prioritäten der Zielgruppe hingen. Aufgrund der geringen Anzahl an Teilnehmenden des Abschlussworkshops zur Bewertung des Konzepts, besteht jedoch die Möglichkeit, das potenzielle Interessens-

konflikte innerhalb der gesamten NeuLand-Gemeinschaft unentdeckt blieben. Im Zusammenhang mit den Workshop-Diskussionen formulierte die Arbeit die Empfehlung, AGs in Zukunft an kleine Projekte (Gründung, Aufbau eines Grauwasserturms) zu koppeln, statt an allgemeine Themen (z.B. Permakultur). Dies hätte auch als Anpassungsmaßnahme für das erstellte Wassernutzungskonzept verstanden werden können, indem statt der thematischen Gliederung – in die vier Bereiche der Regenwassersammlung, -speicherung, ressourcenschonenden Nutzung und Wiederverwendung sowie ergänzenden Maßnahmen – eine zeitliche Gliederung erfolgt. Vor allem in Bezug auf den bereits bestehenden, hohen Organisationsaufwand im Zusammenhang mit dem geplanten Umzug, wäre eine Einteilung in kurz- (bis zum Umzug), mittel- (bis zum Abriss der Lagerhalle) und langfristige (nach Bezug der endgültigen Geländegrenzen) Maßnahmen eventuell hilfreicher gewesen. Dies wurde nicht nur auf Basis der fehlenden Verallgemeinerungsmöglichkeit der Workshop-Erkenntnisse verworfen. Der bereits sehr stark ausgeprägte NeuLand-Bezug innerhalb der vorliegenden Arbeit sollte innerhalb des visualisierten Konzepts nicht weiter verstärkt werden, um eine Übertragbarkeit auf andere Gemeinschaftsgärten zu ermöglichen. Dies ist durch die thematische Gliederung und die allgemein gehaltenen Formulierungen erfüllt.

Die ergänzenden Maßnahmen des Konzepts zielten auf eine verbesserte Dokumentation von wassernutzungsrelevanten Kennzahlen und ein verbessertes Wissensmanagement sowohl innerhalb der Gartengemeinschaft als auch im Austausch mit externen Netzwerken ab. Während der Bearbeitung zeigte sich jedoch, dass die Vielzahl von deutschlandweiten Gemeinschaftsgärten und Netzwerken den Überblick durchaus erschweren können. So wurde während der Recherche beispielsweise ein Garten in Köln übersehen, der sich bereits umfassend mit dem Thema Regenwassersammlung und -nutzung auseinandergesetzt und eine Regenwasseranlage mit automatisierter appgesteuerter Bewässerung mittels Beregnern installiert hatte (Bühnen der Stadt Köln, 2023). Auch aus den besuchten Workshops und Webinaren wurde der Eindruck gewonnen, dass trotz Vernetzung und Informationsangeboten auf überregionalen Gemeinschaftsgartenplattformen, viele Lösungsansätze (z.B. Wasserspeicher in Hochbeeten, Bewässerungssysteme) in den Gärten einzeln neu ausprobiert werden, statt z.B. konkrete (bemaßte) Bau-/ Umsetzungsanleitungen, Erfahrungen und Optimierungen bestehender Lösungen auszutauschen. Dadurch können sich **Best Practice Beispiele nur langsam durchsetzen und der Aufwand für die einzelnen Gärten ist deutlich höher**, wodurch sich vermutlich einige Ansätze trotz wirksamer Wasserersparnis noch nicht etabliert haben. Zur Verbesserung dieser Situation konnte die Arbeit nur einen begrenzten Beitrag leisten, da sie durch die Vielzahl der betrachteten Wassernutzungsmöglichkeiten in Kapitel 7 ebenfalls keine umfangreichen Analysen verschiedener (Teil)Systeme bereitstellen konnte.

Weitere Limitationen der Arbeit ergaben sich vor allem aus dem, während der Bearbeitungszeit von Mai auf September verschobenen Umzugstermin des Gemeinschaftsgartens, da das neue Gelände noch nicht bezugsfertig war. Dies stellt zwar bei umfangreichen Stadtentwicklungs- und Bauprojekten keine Seltenheit dar, dadurch blieben der

Arbeit jedoch tiefergehende Analysen zum Teil verwehrt. Es fehlten aus organisatorischen Gründen besonders Informationen zur genauen Bodenzusammensetzung, um relevante Aspekte wie Wasserspeicher- und Versickerungsfähigkeit zu berechnen. Weiterhin waren die Planungen zur Flächennutzung bzw. zu den Gebäudestandorten durch den verschobenen Umzug noch nicht abgeschlossen. Aus diesem Grund wurde auf eine Visualisierung der identifizierten Konzeptmöglichkeiten zur klimaresilienten Wassernutzung (Speicherorte, Dachüberbauten, Kombination von Wasserspeichern und Bewässerungssystemen etc.) am neuen Standort verzichtet. Ebenfalls blieb der Arbeit dadurch verwehrt, das Potenzial eingesparter Wasserressourcen durch die rechnerische Abschätzung der Wasserspeicherfähigkeit des Bodens und der sammelbaren Regensträge über die Dachflächen für den neuen Standort zu quantifizieren. Hierfür konnte sie zumindest für die Regensträge eine Möglichkeit schaffen, diese nur durch Einsetzen der zukünftigen Flächenmaße (Dachflächen mit Über- oder Anbauten) weniger aufwendig zu ermitteln.

Zum inhaltlichen Vergleich der Ergebnisse konnten nur wenige Wassernutzungskonzepte herangezogen werden. Urban Gardening Vereine erfahren zwar in wissenschaftlichen Untersuchungen (z.B. zu Ernährungssicherheit) durchaus Betrachtung (Kurfürst, 2019; Simone et al., 2023; Wesselow & Mashele, 2019). Eine Erstellung wissenschaftlicher Konzepte zum Thema Wassernutzung durch Mitglieder von Gemeinschaftsgärten konnte außerhalb von Abschlussarbeiten bei der Recherche nicht gefunden werden. Dadurch konnten **kaum konzeptionelle Ausarbeitungen zum Vergleich der Ergebnisse dieser Arbeit herangezogen werden**. Das Konzept zu Klima-Bildungsgärten von Jahnke et al. (2019) stellt zwar relevante Bildungsmodule für wassersparende Bewässerungssysteme, Bodenaufbau und Stadtgrün vor, eignete sich jedoch aufgrund der unterschiedlichen Konzeptausrichtung und sehr kurz gehaltenen Ausführungen nicht für einen inhaltlichen Vergleich. Im Wassernutzungskonzept eines Solidarischen Landwirtschaftsbetriebs (SoLaWi-Betrieb) ließen sich hingegen fast deckungsgleiche Übereinstimmungen in Vorgehensweise und Ergebnissen wiederfinden (Solawi Heckengäu eG, 2023). Sowohl die Einschränkung bei der Nutzung alternativer Wasserressourcen als auch der identifizierte Bedarf an Trinkwasser zur Ergänzung der gesammelten Regenressourcen für die Bewässerung, stimmten mit den Resultaten dieser Arbeit überein. Zusätzlich zeigte das SoLaWi-Konzept, nichtberücksichtigte Ansätze zu Speicherformen, bewässerungsfreiem Mulch-Gemüseanbau-System und zu Design von Beeten und Gehölzpflanzungen auf. Aufgrund der deutlich kürzeren Ausarbeitung von rund zehn Seiten und der Erstellung außerhalb eines wissenschaftlichen Kontextes ist die Vergleichbarkeit jedoch eingeschränkt. Die aus anderen Bereichen (z.B. Bauwesen) gesichteten Wassernutzungskonzepte wiesen wenige inhaltliche Übereinstimmungen auf, vergleichbar waren jedoch die Zielvorstellungen, die sich auf die Reduktion von (Trink)Wasserressourcen, die Nutzung alternativer Wasserressourcen und die Wiederverwendung verallgemeinern lassen (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen - DGNB e.V., 2020; Grambow & Mauser, 2013; Simlat, 2018).

Im Rahmen der Arbeit wurden Möglichkeiten zu Nutzung alternativer Wasserressourcen und Wiederverwendung umfangreich geprüft und mussten aufgrund (umwelt)rechtlicher oder Investitionshürden fast allesamt verworfen werden. Hier lässt sich eine allgemeine Diskrepanz zwischen der Forderung (inter-)nationaler Veröffentlichungen und der tatsächlichen Umsetzung beobachten. Es herrscht weitgehende Einigkeit darüber, dass die (Wieder-)Verwendung von alternativen Wasserressourcen einen Beitrag zur klimaresilienten Wassernutzung leistet (BMUV, 2023a; Fulvio Boano et al., 2020; Ludwig et al., 2021; Prenner et al., 2023; Schramm et al., 2023; UN, 2023). Hierbei kann auf einen umfangreichen Forschungsstand zurückgegriffen werden, sei es zu naturbasierten oder technischen Aufbereitungslösungen von Grauwasser (Fangyue Li et al., 2009; Fulvio Boano et al., 2020; Sijimol & Joseph, 2021) oder zur Nutzung von Regenwasser (Es-lamian, 2016; Pacheco & Alves, 2023; Rößler, 2015; Souto et al., 2023). Der in dem Kontext der naturbasierten Lösungen häufig angesprochenen Wasseraufbereitung über Reed Beds bzw. Gebäudebegrünung wird eine hohe ökologische, ökonomische und technische Effizienz unterstellt (Fulvio Boano et al., 2020; Hoffmann et al., 2023; Nielsen & Stefanakis, 2020). Diese Kreisläufe stellen damit einen weniger kritisierten Ansatz dar als der Nutzen von Dach- und Fassadenbegrünung im Zusammenhang mit Retentions- oder Kühlungsfunktionen (Wollner, 2019). Hier wäre eine intensivere Betrachtung im Rahmen der Arbeit gegebenenfalls sinnvoll gewesen. Die Dachbegrünungen wurden allerdings aufgrund ihrer Konkurrenz zur maximalen Regenwassersammlung über die Dachflächen schon sehr früh aus den Konzeptionierungen ausgeschlossen und blieben im Kontext der Wasseraufbereitung unbeachtet.

In Bezug auf die Wiederverwendung alternativer Wasserressourcen kann gemäß Nationaler Wasserstrategie weiterhin festgestellt werden, dass „die Kreislaufführung von genutztem Trinkwasser oder die Bewirtschaftung von Regenwasser in Gebäuden, Städten und Gemeinden erst am Anfang [steht]“ (BMUV, 2023a, S. 23) und es mehr institutioneller Lenkung sowie Abbau von hemmenden Rechtsvorschriften (z.B. Anschluss- und Benutzungszwang von Abwasserinfrastruktur) bedarf. Prenner et al. (2023), Ludwig et al. (2021) und Wollner (2019) bestätigen diese Einschätzungen. Prenner et al. identifizierte „technische, soziale, organisatorische, rechtliche und wirtschaftliche Aspekte wie beispielsweise fehlendes Fachwissen über die Systeme, hohe Investitionskosten oder eine hohe Komplexität der Systeme“ (2023, S. 187) als Barrieren im Zusammenhang mit der Wasserwiederverwendung. Sowohl die Ergebnisse aus Kapitel 6 als auch die Beobachtungen aus dem Workshop bestätigen diese Hürden für das erstellte Wassernutzungskonzept im Rahmen der Arbeit. **Ein Großteil der identifizierten Maßnahmen mussten im Vorfeld der Konzeptionierung aus rechtlichen Aspekten oder hohen Investitionskosten verworfen werden und komplexere bzw. technische Systeme waren mit höheren Widerständen der Gartengemeinschaft verbunden.** Ebenso bestätigten sich die organisatorischen Herausforderungen durch die Vielzahl involvierter (behördlicher) Akteur:innen. Entgegen Prenners Erkenntnissen gab es hingegen kaum Bedenken bezüglich der Wasserqualität, ebenso herrschten keine Unklarheiten über die Relevanz eines reduzierten Trinkwasserverbrauchs.

In diesem Zusammenhang zeigt sich auch erneut das **ungenutzte Potenzial von Gemeinschaftsgärten**. Diese werden zwar wie bereits aufgezeigt von Städten als Stadtgrün wahrgenommen und ihnen wird eine Wirksamkeit als Lernort zur Umweltbildung (BNE) zugeschrieben, in der konkreten Umsetzung von weitergehenden Klimaanpassungsmaßnahmen wie in dieser Arbeit am Beispiel der Wassernutzung untersucht, bleibt ihre mögliche Leuchtturmwirkung aber dennoch häufig ungenutzt. Hierzu sollte zum einen **das interne Bewusstsein der Gartengemeinschaft für ihren relevanten Beitrag zur Umweltbildung gestärkt werden**. Die Wahrnehmung von Urban Gardening Vereinen als Teil des wertvollen Stadtgrüns statt einer aktivistischen Protestbewegung kann kritisch gesehen werden, schafft jedoch auch Raum, Gemeinschaftsgärten in ihrer Ausrichtung verstärkt als Klima(bildungs)gärten zu verstehen und einen Teil zur nachhaltigen Gesellschaft beizutragen. Zum anderen zeigt der Forschungsstand z.B. zu Wasseraufbereitung mittels Dach- oder Fassadenbegrünung **prinzipiell eine hohe Anwendbarkeit von naturbasierten Lösungen in Orten wie Gemeinschaftsgärten** auf. Diese lassen sich zur Entlastung des ehrenamtlichen Engagements jedoch schwer ohne Einbindung in wissenschaftlich begleitete Projektvorhaben umsetzen. Dahingehend bleibt auch die Notwendigkeit wissenschaftlicher Auseinandersetzungen, wie in der vorliegenden Arbeit aufgezeigt, bestehen, um diese Entwicklungen voranzutreiben und eine fundierte Basis zu schaffen. Nur so kann eine zügige Transformation zu einer nachhaltigen Gesellschaft stattfinden, indem Konzepte, wie in dieser Arbeit entwickelt, von anderen Gemeinschaften adaptiert, um weitere Lösungen und (Pilot)Projekte erweitert und der Gesellschaft wieder bereitgestellt werden.

9 Fazit

Um den zunehmenden Auswirkungen des Klimawandels auf den globalen Wasserhaushalt entgegenzuwirken, fordern (inter-)nationale Strategiepapere alle Akteur:innen zu einem umgehend umzusetzenden, nachhaltigen Umgang mit Wasserressourcen auf. Anpassungsmaßnahmen auf globaler Ebene rücken damit ebenso verstärkt in den Fokus wie auf Ebene von Kommunen und spiegeln sich in vielzähligen Projekten bzw. Veröffentlichungen zu Klimaresilienzstrategien in Städten wider. Das erforderliche Mitwirken der Bevölkerung wird dabei immer wieder betont.

Die Frage, welche konkreten Möglichkeiten zur klimaresilienten Wassernutzung für Einwohner:innen in Städten tatsächlich in der Praxis bestehen, war Ausgangslage für die Entstehung der vorliegenden Abschlussarbeit. Am Beispiel eines Gemeinschaftsgartenstandorts in Köln identifizierte die Arbeit dabei klimaresiliente Maßnahmen im Kontext der Wassernutzung. Die Wahl des NeuLand e.V. ergab sich einerseits aus dem geplanten Standortwechsel des Gemeinschaftsgartens und dem damit verbundenen Potenzial für eine strukturierte (Neu-)Ausrichtung der bisherigen Wassernutzung auf dem neuen Gelände. Andererseits eignete sich das Projekt aufgrund des, von den Themen Umweltschutz und Resilienzbildung städtischer Bevölkerung geprägtem, Selbstverständnisses der Urban Gardening Bewegung. Die Arbeit ordnete Gemeinschaftsgärten dabei als Schnittstelle zwischen Landwirtschaft, Stadt und deren Einwohner:innen ein.

Ziel der Arbeit war es, standortspezifisch geeignete Lösungen zur Reduzierung, Speicherung und Wiederverwendung von Wasserressourcen herauszuarbeiten, die mit den Strukturen des Vereins umsetzbar sind und in keinem Konflikt mit den Interessen der Gartengemeinschaft standen. Die Maßnahmen mussten dabei weiterhin eine Widerstands- und Anpassungsfähigkeit (Klimaresilienz) gegenüber den Klimawandelfolgen aufweisen. In Harmonisierung von Definitionen wurde zudem die Vermeidung ausgelagerter Recyclingprozesse als zu erfüllendes Ziel im Verständnis von Klimaresilienz im Rahmen dieser Arbeit ergänzt. Die Ergebnisse wurden im Sinne des Hauptuntersuchungsziel als Wassernutzungskonzept zusammengefasst, das eine Übertragung auf andere Gemeinschaftsgärten ermöglichen sollte.

Im methodischen Vorgehen verband die Arbeit, basierend auf einem transdisziplinären Forschungsverständnis, ingenieurwissenschaftliche Ansätze mit verschiedenen Methoden der qualitativen Sozialforschung und gliederte diese in einen partizipativen Mitbestimmungs- und Entscheidungsprozess ein. Dafür wurden neben Literaturrecherchen, Interviews mit Mitgliedern anderer Gemeinschaftsgärten und Expert:innen aus den Agrar-, Gartenbau- und Umweltwissenschaften durchgeführt. Die spezifischen Bedingungen und zu erwartenden Klimawandelfolgen auf dem neuen Gelände wurden mittels einer Standortanalyse erhoben. Im Rahmen des Partizipationsprozesses erfolgte eine Online-Umfrage innerhalb der NeuLand-Gemeinschaft sowie die Durchführung eines Workshops.

Die identifizierten Möglichkeiten wurden in die vier Themen der verbesserten Regenwassersammlung, Regenwasserspeicherung, Wiederverwendung und ressourcenschonende Nutzung sowie ergänzende Maßnahmen eingeordnet. Durch die thematische Gliederung und den Grad der gewählten Abstraktion des grafisch aufbereiteten Konzepts konnte eine Übertragbarkeit auf andere Gemeinschaftsgärten gewährleistet werden.

Die zusammengeführten Ansätze basierten dabei vorrangig auf landwirtschaftlichen Empfehlungen und den Erfahrungen aus anderen Gemeinschaftsgärten. Übertragungen aus Privathaushalten eigneten sich nur in Bezug auf die Regenwassersammlung und -speicherung, da weitere Ansätze (z.B. RWNA, Grauwasseraufbereitungsanlage) vor allem unter Kosten–Aufwand–Nutzungsabwägung keine umsetzbare Lösung im Sinne des Untersuchungsgegenstand der Arbeit darstellten. Aus der Siedlungswasserwirtschaft (Stadt) konnten keine Ansätze Eingang im Konzept finden. Dies lag vor allem an umweltrechtlichen Vorgaben, unterschiedlicher Zielsetzung (z.B. Starkregenmanagement, Flächenentsiegelung) und damit verbundener fehlender Übertragungseignung für die Struktur eines Gemeinschaftsgarten.

Die meisten umsetzbaren Möglichkeiten konnten für den klimaresilienten Ansatz des reduzierten Wasserverbrauchs ermittelt werden. So adressierten die Verbesserungsvorschläge für die Regenwassersammlung und -speicherung, in Anlehnung der sektoralen Empfehlungen für Privathaushalte, das Ziel eines verringerten Trinkwasserverbrauchs für die Bewässerung durch **Nutzung von Regenwasser als alternative Wasserressource**. Hier waren aus der Erhebung der Ausgangslage im Vorfeld der Konzeptionierung bereits sinnvolle Ansätze am bisherigen Standort des Gemeinschaftsgarten festgestellt worden. Die Empfehlungen des erstellten Wassernutzungskonzept zielten deshalb vor allem auf den **Ausbau und die Optimierung der bestehenden Systeme** ab, um den Verein resilienter gegenüber Niederschlagsschwankungen und erhöhten klimawandelbedingten Bewässerungsbedarfen in Frühjahr und Sommer zu gestalten. Zusätzliche Konzeptinhalte zur Reduzierung des Wasserverbrauchs adressierten die ressourcenschonende Wassernutzung bei der Bewässerung. Hierbei konnten neben Praxisbeispielen zu Bewässerungssystemen hilfreiche Erfahrungen aus der Landwirtschaft und anderen Gemeinschaftsgärten zur Verbesserung der Wasserspeicherfähigkeit des Bodens und des damit verbundenem geringeren Bewässerungsbedarfs ermittelt werden. Der notwendige **Fokus auf den Erhalt der natürlichen Bodenfunktionen** zur Widerstandsfähigkeit gegenüber Klimawandelfolgen und Extremwetterereignissen zeichnete sich bereits in den Ergebnissen der durchgeführten Standortanalyse ab. Die Resilienz des Bodens unterstrichen auch die aus Landwirtschaft, Gemeinschaftsgärten und Forschung ermittelten Ansätze zu besonderen Klimaanpassungsmaßnahmen. Hier ließen sich außerhalb des verbesserten Bodenaufbaus kaum ergänzende Maßnahmen (z.B. Anpassung der Pflanzenauswahl, gezielte Lenkung von Überläufen bei Starkregen) recherchieren.

Für die zwei weiteren, klimaresilienten Wassernutzungsstrategien der Wiederverwendung und Vermeidung ausgelagerter Recyclingprozesse konnten kaum umsetzbare Empfehlungen für den Gemeinschaftsgarten gefunden werden. So musste sich das Konzept auf Grauwassertürme als anwendbare Wiederverwendungsmöglichkeit und einer Komposttrenntoilette zur Vermeidung ausgelagerter Recyclingprozesse beschränken.

Dadurch bestätigten die Ergebnisse der Arbeit eine institutionell und wissenschaftlich bereits identifizierte Diskrepanz zwischen dem notwendigen Ausbau von Wasserkreisläufen unter Nutzung alternativer Wasserressourcen und der tatsächlichen Umsetzung in der Praxis. Als Hürden für die fehlende Umsetzung des umfänglichen internationalen Forschungsstands werden u.a. rechtliche und organisatorische Aspekte aufgeführt. Diese zeigten sich in Auseinandersetzung mit den wasserwirtschaftlichen und umwelttechnischen Regulierungen auch in dieser Arbeit bei den Vorüberlegungen zur Konzeptionierung (Kapitel 6). Ebenfalls trugen organisatorische, technische und wirtschaftliche Hürden dazu bei, dass innerhalb der Zielgruppe des Gemeinschaftsgarten vor allem low-tech Maßnahmen des Konzepts, die sich durch überschaubaren Kosten- und Zeitaufwänden auszeichnen, Anklang fanden.

Durch diese Hürden werden nicht nur die dringend notwendige Anpassung der Wassernutzung an die Klimawandelfolgen weiter verzögert. Ebenfalls bleibt das **Potenzial von Gemeinschaftsgärten**, den in ihrer Entwicklungsgeschichte verankerten Beitrag zur Umweltbildung und Resilienzsteigerung von städtischer Bevölkerung zu erfüllen, ungenutzt. Damit die gewünschte Transformation hin zu einer nachhaltigen Gesellschaft gelingt, müssen niederschwellig erreichbare Praxisbeispiele wie z.B. Gemeinschaftsgärten mit ihrer Leuchtturmwirkung und Multiplikator:innenfunktion gefördert werden. Die **Anerkennung der Funktion von gesellschaftlichem Wissen** und die Förderung von deren Reichweite in Rahmen von Citizen Science oder Bildung zu nachhaltiger Entwicklung (BNE) zeigen hierbei vielversprechende Ansätze auf, die einer verstärkten Forschung bzw. Anwendung bedürfen. Wie die Arbeit am Beispiel des erstellten Wassernutzungskonzept für den Standort des NeuLand e.V. aufzeigte, wird dies jedoch nicht ohne die Unterstützung von Stadtverwaltungen gelingen. Hier benötigt es zukünftig einen **Abbau rechtlicher, organisatorischer und wirtschaftlicher Hürden** ebenso wie eine verstärkte Förderung bürgerlichen Engagements, um nicht im Widerspruch zu dem internationalen Ziel einer integrierten Klima- und Wasserpolitik unter Mitwirkung der Bevölkerung zur Klimaresilienz zu handeln.

Literaturverzeichnis

- Amelung, W., Blume, H.-P., Fleige, H. & Horn, R. (2018). *Scheffer/Schachtschabel Lehrbuch der Bodenkunde* (17., überarb. u. erg. Auflage 2018). *Lehrbuch*. Springer Berlin Heidelberg.
- Amt für Umweltschutz und Energie, Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute & M. Burkhardt. (2020). *Umgang mit Regenabwasser von Metalldächern und -fassaden: Merkblatt für Architektur- und Ingenieurbüros, Planende und Bauherren*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.23644.21121>
- Anand, C. K. & Apul, D. S. (2014). Composting toilets as a sustainable alternative to urban sanitation- A review. *Waste management (New York, N.Y.)*, 34(2), 329–343. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.10.006>
- anstiftung e.V. (Hrsg.). (2014). *Urban Gardening Manifest: Die Stadt ist unser Garten*. München. <https://urbangardeningmanifest.de>
- Baier, A. (2013). *Stadt der Commonisten: Neue urbane Räume des Do it yourself*. transcript Verlag. <https://www.transcript-verlag.de/media/pdf/63/9b/9a/oa9783839423677.pdf>
- Baumgarten, C. & Chorus, I. (2014). *Wassersparen in Privathaushalten: sinnvoll, ausgereizt, übertrieben? Fakten, Hintergründe, Empfehlungen*. Dessau-Roßlau. <http://www.uba.de/publikationen/wassersparen-in-privathaushalten-sinnvoll>
- Baur, N. & Blasius, J. (Hrsg.). (2014). *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung*. Springer VS. <https://doi.org/10.1007/978-3-531-18939-0>
- Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz, Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung & Zentrum zur Förderung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts (Hrsg.). (2006). *Reservoir und Filter – Die Rolle des Bodens im Wasserkreislauf*. München. https://www.stmuvm.bayern.de/themen/boden/lernort_boden/doc/modul_d.pdf
- Bender, S. & Schaller, M. (2012). *Vergleichendes Lexikon: Wichtige Definitionen, Schwellenwerte, Kenndaten und Indices für Fragestellungen rund um das Thema „Klimawandel und seine Folgen“*. https://www.climate-service-center.de/imperia/md/content/csc/lexikon_definitionen_mit_cover.pdf
- Boeing, F., Rakovec, O., Kumar, R [Rohini], Samaniego, L., Schrön, M., Hildebrandt, A., Rebmann, C., Thober, S., Müller, S., Zacharias, S., Bogena, H., Schneider, K., Kiese, R., Attinger, S. & Marx, A. (2022). High-resolution drought simulations and comparison to soil moisture observations in Germany. *Hydrology and Earth System Sciences*, 26(19), 5137–5161. <https://doi.org/10.5194/hess-26-5137-2022>
- Bogner, A., Littig, B. & Menz, W. (2014). *Interviews mit Experten*. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-531-19416-5>
- Bonn, A., Richter, A., Vohland, K [K.], Pettibone, L., Brandt, M., Feldmann, R., Goebel, C. & und weitere. (2016). *Grünbuch: Citizen Science Strategie 2020 für Deutschland*. Halle-Jena-Leipzig.

- https://www.buergerschaffenwissen.de/sites/default/files/assets/dokumente/ge-wiss-gruenbuch_citizen_science_strategie.pdf#page=14
- Bücker, A., Kaiser, K. & Schlippenbach, U. von. (2012). *Georessource Wasser - Herausforderung Globaler Wandel* (Bd. 7). Springer Berlin Heidelberg.
<https://doi.org/10.1007/978-3-642-27569-2>
- Bühnen der Stadt Köln. (2023). *Carlsgarten aktuell: Regenwassernutzung*.
<https://www.schauspiel.koeln/depot-carlsgarten/carlsgarten-aktuell/>
- Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts(Wasserhaushaltsgesetz - WHG) (1957 & i.d.F.v. 19. Juni 2020).
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (Hrsg.). (2014). *Wasser: wertvolles Nass oder Überfluss? Wo sich Wassersparen für Umwelt & Geldbeutel lohnt*. Dessau-Roßlau.
<http://www.uba.de/publikationen/wasser-wertvolles-nass-ueberfluss>
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz. (2017). *Wasserwirtschaft in Deutschland: Grundlagen, Belastungen, Maßnahmen*. Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/wasserwirtschaft-in-deutschland-grundlagen>
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz. (2018). *Extremwetterereignisse*. <https://www.bmu.de/themen/gesundheitschemikalien/gesundheitschemikalien-im-klimawandel/extremwetterereignisse>
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (Hrsg.). (2023a). *Nationale Wasserstrategie: Kabinettsbeschluss vom 15. März 2023*. Bonn. https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Binnengewasser/nationale_wasserstrategie_2023_bf.pdf
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (Hrsg.). (2023b). *Regenwassernutzung: Tipps für nachhaltige Nutzung und Versickerung*. <https://www.umweltbundesamt.de/umwelttipps-fuer-den-alltag/garten-freizeit/regenwassernutzung#gewusst-wie>
- Bundesverwaltungsamt. (2022). *Organisationshandbuch: Qualitative Bewertungsmethoden - Nutzwertanalyse*. https://www.organdbuch.de/OHB/DE/Organisationshandbuch/6_MethodenTechniken/65_Wirtschaftlichkeitsuntersuchung/652_Qualitative/qualitative-node.html
- Callegaro, M., Lozar Manfreda, K. & Vehovar, V. (Hrsg.). (2015). *Web survey methodology*. Sage.
- Carvalho, M. de, Ciarkowska, K. & Miechówk, A. (2023). Storage of persistent organic matter in temperate gypsum soils: Relevance of the parent material and vegetation cover. *Geoderma*, 435, Artikel 116522. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2023.116522>
- Chalmin, A. (2007). Microsoft Word - Agroforstsysteme in Deutschland- Landinfo.doc. In Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz (Hrsg.),

- Landinfo* (S. 1–7). <https://www.agroforst.uni-freiburg.de/download/Agroforstsysteme%20in%20Deutschland-%20Landinfo.pdf>
- Chaves, M. M. & Oliveira, M. M. (2004). Mechanisms underlying plant resilience to water deficits: prospects for water-saving agriculture. *Journal of experimental botany*, 55(407), 2365–2384. <https://doi.org/10.1093/jxb/erh269>
- Chen, R., Li, H., Wang, J. & Song, Z. (2023). Critical factors influencing soil runoff and erosion in sprinkler irrigation: Water application rate and droplet kinetic energy. *Agricultural Water Management*, 283, Artikel 108299. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108299>
- Chmielewski, F.-M. (2007). Folgen des Klimawandels für Land- und Forstwirtschaft. *Der Klimawandel. Einblicke, Rückblicke und Ausblicke*, 75–85. <https://edoc.hu-berlin.de/bitstream/handle/18452/2630/75.pdf>
- Chwolka, A. (2020). *Waldgärten als nachhaltige Landnutzungsform mit Fokus auf Wassereffizienz am Beispiel des Projektes „Wald&Wiese“* [Bachelorarbeit]. Universität Kassel, Kassel. https://urbane-gaerten.de/images/Bachelorarbeit_Waldg%C3%A4rten_Wassereffizienz.pdf
- Corlett, J. L., Dean, E. A. & Grivetti, L. E. (2003). Hmong Gardens: Botanical Diversity in an Urban Setting. *Economic Botany*, 57(3), 365–379. [https://doi.org/10.1663/0013-0001\(2003\)057\[0365:HGBDIA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1663/0013-0001(2003)057[0365:HGBDIA]2.0.CO;2)
- Croy, V. (2018, 6. Mai). *Richtiges Gießen und Bewässern im Gemeinschaftsgarten*. anstiftung e.V. Webinare anstiftung e.V., Online. <https://www.youtube.com/watch?v=SoC4lQ3zsJM>
- Curtis, C. (2020). *Wicking bed design The effects of different reservoir media on plant growth, water use and soil moisture in wicking beds using capillary watering* [Bachelorthesis, Charles Sturt University, Bathurst]. DataCite.
- Da Franca Ribeiro dos Anjos, N. (1998). Source Book of Alternative Technologies for Freshwater Augmentation in Latin America and the Caribbean. *International Journal of Water Resources Development*, 14(3), 365–398. <https://doi.org/10.1080/07900629849277>
- Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen - DGNB e.V. (Hrsg.). (2020). *DGNB System - Kriterienkatalog Quartiere: Wasserkreislaufsysteme*. https://static.dgnb.de/fileadmin/dgnb-system/de/quartiere/kriterien/DGNB-Kriterium-Quartiere_ENV2.2_Wasserkreislaufsysteme.pdf
- Deutscher Wetterdienst (Hrsg.). (2022). *Nationaler Klimareport: Klima - gestern, heute und in der Zukunft* (6. überarbeitete Auflage).
- Deutscher Wetterdienst (Hrsg.). (2022, 23. September). *Climate Data Center (CDC)*. <https://cdc.dwd.de/portal/202209231028/view1>
- Deutscher Wetterdienst (2023a). Starkniederschlagshöhen und -spenden gemäß KOSTRA-DWD-2020: Rasterfeld 141101. https://www.openko.de/wp-content/uploads/2023/01/KOSTRA_DWD_2020_141101_8f4ff72a.pdf

- Deutscher Wetterdienst (Hrsg.). (2023b). *Wetter und Klima - Deutscher Wetterdienst - Leistungen: Bodenfeuchte (Stationsgrafik)*. <https://www.dwd.de/DE/leistungen/bodenfeuchte/bodenfeuchte.html>
- Deutscher Wetterdienst (Hrsg.). (2023c). *Wetter und Klima - Leistungen: Erläuterungen zur Bodenfeuchte*. https://www.dwd.de/DE/fachnutzer/landwirtschaft/dokumentationen/allgemein/basis_bodenfeuchte_doku.html?nn=16102&lsbld=375416
- Deutscher Wetterdienst. (2023d, 20. Juli). *Glossar: Dürre*. <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?nn=103346&lv2=101334&lv3=733890>
- Deutscher Wetterdienst. (2023e, 20. Juli). *Glossar: Klimaresilienz*. <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?nn=103346&lv2=101334&lv3=733890>
- Deutsches Institut für Normung (DIN) (1994-10). *DIN 4049-3:1994-10: Hydrologie - Teil 3: Begriffe zur quantitativen Hydrologie*. Berlin. Beuth Verlag GmbH.
- Deutsches Institut für Normung (DIN) (2016). *DIN 1986-100: Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke_ - Teil_100: Bestimmungen in Verbindung mit DIN_EN_752 und DIN_EN_12056 (DIN 1986-100)*. Berlin. Beuth Verlag GmbH.
- Deutsches Institut für Normung (DIN) (2018-06). *DIN EN 16941-1:2018-06: Vor-Ort Anlagen für Nicht-Trinkwasser - Teil 1: Anlagen für die Verwendung von Regenwasser; Deutsche Fassung EN 16941-1:2018 (DIN EN 16941)*. Berlin. Beuth Verlag GmbH.
- Dresing, T. & Pehl, T. (Hrsg.). (2011). *Praxisbuch Transkription: Regelsysteme, Software und praktische Anleitungen für qualitative ForscherInnen (2. Auflage, Sept. 2011)*. Eigenverlag. <https://d-nb.info/1077320221/34>
- Ernährungsrat für Köln und Umgebung e.V. & Agora Köln (Hrsg.). (2018). *Aktionsplan: Essbare Stadt Köln*. Köln. <https://www.essbare-stadt.koeln/wp-content/uploads/2018/11/Aktionsplan-Essbare-Stadt-Ko%CC%88ln-2.0.pdf>
- Eslamian, S. (Hrsg.). (2016). *Urban water reuse handbook*. CRC Press; IWA Publishing.
- Eyink, H. & Heck, B. (2017). *Weißbuch Stadtgrün: Grün in der Stadt - Für eine lebenswerte Zukunft*. Berlin. Referat SW 17. https://www.bmwsb.bund.de/Shared-Docs/downloads/Webs/BMWSB/DE/publikationen/wohnen/weissbuch-stadtgruen.pdf;__blob=publicationFile&v=3
- Fangyue Li, Knut Wichmann & Ralf Otterpohl (2009). Review of the technological approaches for grey water treatment and reuses. *Science of The Total Environment*, 407(11), 3439–3449. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.02.004>
- faradgang e.V. (Hrsg.). (2023, 27. März). *Faradgang e.V.* <http://www.faradgang.de/>
- Feldmann, F., Bao, F., Bothe, S., Bücken, M., Jow, H., Krüger, N., Röther, S., Senftleben, C. & Südwold, M. (2023). Stadtgrünwissen partizipativ auf dem 1. Braunschweiger Stadtgrüntag: Wasser in Garten und Stadt. In Julius Kühn-Institut (JKI) - Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen (Hrsg.), *Journal für Kulturpflanzen* (Bd. 75, S. 60–65). Julius Kühn-Institut (JKI) - Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen. <https://doi.org/10.5073/JfK.2023.01-02.08>

- Field, A. P. (2018). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics* (Fifth edition). SAGE edge. SAGE Publications.
- Filali, H., Barsan, N., Souguir, D., Nedeff, V., Tomozei, C. & Hachicha, M. (2022). Greywater as an Alternative Solution for a Sustainable Management of Water Resources: A Review. *Sustainability*, 14(2), 1-0. https://econpapers.repec.org/article/gamjsusta/v_3a14_3ay_3a2022_3ai_3a2_3ap_3a665-_3ad_3a720094.htm
- Flessa, H., Don, A., Jacobs, A., Dechow, R., Tiemeyer, B. & Poeplau, C. (2019). *Humus in landwirtschaftlich genutzten Böden Deutschlands*. Bonn. Thünen-Institut für Agrarklimaschutz. https://www.thuenen.de/media/institute/ak/Allgemein/news/Bodenzustandserhebung_Landwirtschaft_Kurzfassung.pdf
- Flick, U., Kardoff, E., Keupp, H., Rosenstiel, L. & Wolff, S. (Hrsg.). (1995). *Qualitative Sozialforschung: Grundlagen Konzepte, Methoden und Anwendungen* (2. Aufl.). Beltz, Psychologie-Verl.-Union.
- Foos, E. & Born, W. (2019, 10. September). *Stadtgärtnern im Klimawandel*. anstiftung e.V. Webinare anstiftung e.V., Online. <https://www.youtube.com/watch?v=tFEh1fX4KI>
- Frentzel, F., Gruhler, K. & Obermeier, S. (2021). *how to... Grauwasserturm*. <https://freiraumsyndikat.de/2021/11/how-to-grauwasserturm/>
- Fulvio Boano, Alice Caruso, Elisa Costamagna, Luca Ridolfi, Silvia Fiore, Francesca Demichelis, Ana Galvão, Joana Pisoeiro, Anacleto Rizzo & Fabio Masi (2020). A review of nature-based solutions for greywater treatment: Applications, hydraulic design, and environmental benefits. *Science of The Total Environment*, 711, 134731. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134731>
- Geologischer Dienst NRW. (2016). *Geologie und Boden in Nordrhein-Westfalen* (1. Auflage). Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen - Landesbetrieb. https://www.gd.nrw.de/zip/pr_bs_geologie_und_boden.pdf
- Gläser, J. & Laudel, G. (2010). *Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse: Als Instrumente rekonstruierender Untersuchungen* (4. Aufl.). Lehrbuch.
- Gläser, J. & Laudel, G. (2012). *Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse als Instrumente rekonstruierender Untersuchungen* (4. Auflage). Lehrbuch. VS, Verl. für Sozialwiss. <http://d-nb.info/1002141753/04>
- Glunz, R. (2019). Systemisches Konsensieren. *Zeitschrift für Konfliktmanagement*, 22(1), 13–16. <https://doi.org/10.9785/zkm-2019-220105>
- Gould, C. M. (2015). *Compost increases the water holding capacity of droughty soils*. https://www.canr.msu.edu/news/compost_increases_the_water_holding_capacity_of_droughty_soils
- Grambow, M. & Mauser. (2013). *Nachhaltige Wasserbewirtschaftung*. Vieweg+Teubner Verlag.
- Grothmann, T., Michel, T. & Ediz, E. (2021). *Urbane Klimaresilienz partizipativ gestalten: Praxisleitfaden*. BREsilient – Klimaresiliente Zukunftsstadt Bremen. Berlin.

- https://bresilient.de/wp-content/uploads/2021/07/Praxisleitfaden_Urbane_Klimaresilienz_partizipativ_gestalten.pdf
- Grunwald, G. & Hempelmann, B. (2012). *Angewandte Marktforschung: Eine praxisorientierte Einführung*. Oldenbourg.
- Haide, E. von der, Halder, S., Mees, C. & Jahnke, J. (2012). Guerilla Gardening und andere politische Gartenbewegungen. Eine globale Perspektive. In C. Müller (Hrsg.), *Urban Gardening: Über die Rückkehr der Gärten in die Stadt* (4. Aufl., S. 266–279). oekom.
- Halder, S. (2014). *Wissen wuchern lassen: Ein Handbuch zum Lernen in urbanen Gärten* (1. Aufl.). AG Spak Bücher. http://www.agspak.de/wissenwuchernlassen/wissen_wuchern_lassen_neu_cc.pdf
- Heath, J. & Potter, A. (2005). *Konsumrebell: Der Mythos der Gegenkultur* (1. Aufl.). Rogner und Bernhard bei Zweitausendeins.
- Heinrichs, F.-J., Rickmann, B., Sondergeld, K.-D. & Störrlein, K.-H. (Hrsg.). (2016). *Beuth Kommentar. Gebäude- und Grundstücksentwässerung: Planung und Ausführung DIN 1986-100 und DIN EN 12056-4* (6., überarbeitete und erweiterte Auflage). Beuth Verlag GmbH. <https://ebookcentral.proquest.com/lib/kxp/detail.action?docID=4769930>
- Helfferrich, C. (2014). Leitfaden- und Experteninterviews. In N. Baur & J. Blasius (Hrsg.), *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung* (599-574). Springer VS.
- Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (Hrsg.). (2023). *Dürremonitor Deutschland*. <https://www.ufz.de/index.php?de=37937>
- Henninger, S. & Albert, L. (2021). Urbane Klimaresilienz hat viele Farben. In M. Schrenk, V. V. Popovich, P. Zeile, P. Elisei, J. Ryser, C. Beyer & G. Stöglehner (Hrsg.), *CITIES 20.50. Creating Habitats for the 3rd Millennium: Smart - Sustainable - Climate Neutral* (S. 1041–1048). CORP - Competence Center of Urban and Regional Planning. https://repository.corp.at/830/1/CORP2021_41.pdf
- Heuchel, C. & Ortner, M. (2018). *Köln Parkstadt Süd: Integrierte Planung*. Stadt Köln Amt 61. https://www.meinesuedstadt.de/wp-content/uploads/2018/05/koeln_parkstadt_sued.pdf
- Hirt, J. & Nordhausen, T. (2022). Systematische und transparente Entwicklung und Dokumentation einer umfassenden Literaturrecherche: Ein Vorschlag für ein Rechercheprotokoll. *GMS Medizin - Bibliothek - Information*, 22(2). <https://doi.org/10.3205/MBI000538>
- Hoffmann, K. A., Schröder, S., Nehls, T., Pitha, U., Pucher, B., Zluwa, I., Gantar, D., Erjavec, I. S. & Kozamernik, J. (2023). *Vertical Green 2.0: The Good, the Bad and the Science*. Universitätsverlag der Technischen Universität Berlin.
- Hou, J. (2020). Governing urban gardens for resilient cities: Examining the 'Garden City Initiative' in Taipei. *Urban Studies*, 57(7), 1398–1416. <https://doi.org/10.1177/0042098018778671>

- Houngla, E. J. H., Hinson, C. D. T., Gbankoto, A. & Anani, B. L. C. (2019). Characteristics of Urban Market Gardening in Porto-Novo, Republic of Benin, West Africa. *International Journal of Agricultural Science*(4), 66–76. [https://www.iasras.org/iasras/filedownloads/ijas/2019/014-0009\(2019\).pdf](https://www.iasras.org/iasras/filedownloads/ijas/2019/014-0009(2019).pdf)
- Hucht, D. & Hucht, F. (2021). *Alles auf Grün: Das handbuch für nachhaltiges gärtnern und klimafreundliche Gartengestaltung* (1. Auflage). Edition Michael Fischer.
- Interview 1 (1) (25. April 2023). Interview durch T. Bachmaier [Telefon].
- Interview 2 (2) (26. April 2023). Interview durch T. Bachmaier [Telefonisch].
- Interview 3 (3) (25. April 2023). Interview durch T. Bachmaier [Telefonisch].
- Interview 4 (4) (26. April 2023). Interview durch T. Bachmaier [Online].
- Interview 5 (5) (9. Mai 2023). Interview durch T. Bachmaier [Telefonisch].
- Interview 6 (6) (12. Mai 2023). Interview durch T. Bachmaier [Persönlich].
- Interview 7 (7) (16. Mai 2023). Interview durch T. Bachmaier [Telefonisch].
- Interview 8 (8) (22. Mai 2023). Interview durch T. Bachmaier [Online].
- Jacob, R., Heinz, A. & Décieux, J. P. (2013). *Umfrage: Einführung in die Methoden der Umfrageforschung* (3., überarb. Aufl.). Oldenbourg.
- Jaeger, J. & Scheringer, M. (1998). Transdisziplinarität: Problemorientierung ohne Methodenzwang. *GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society*, 7(1), 10–25. <https://doi.org/10.14512/gaia.7.1.4>
- Jahnke, J., Foos, E. & Aenis, T. (Hrsg.). *Klima-Bildungsgärten: Praxisleitfaden zur Kommunikation und Bildung für nachhaltige Entwicklung*. Berlin. <https://doi.org/10.18452/13630>
- Kåresdotter, E., Destouni, G., Ghajarnia, N., Lammers, R. B. & Kalantari, Z. (2022). Distinguishing Direct Human-Driven Effects on the Global Terrestrial Water Cycle. *Earth's future*, 10(8), e2022EF002848. <https://doi.org/10.1029/2022EF002848>
- Kelle, U. (2014). Mixed Methods. In N. Baur & J. Blasius (Hrsg.), *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung* (S. 153–166). Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-531-18939-0_8
- Kloepfer, M. (2012). *Umweltrecht in Deutschland*. Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin. https://www.kas.de/c/document_library/get_file?uuid=45c5f490-f212-96fb-8894-84c2fee510dd&groupId=252038.
- Kolb, W. (2010). *Wasser sparen im Garten: Regenwasser optimal nutzen - Kosten senken. Der Gartenprofi*. Ulmer.
- Kolbe, H. & Zimmer, J. (2015). *Leitfaden zur Humusversorgung: Informationen für Praxis, Beratung und Schulung*. Dresden. <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/25484/documents/35267>
- Kramer, A., Semmling, E. & Müller, A. (2021). *Abschlussbericht - Konferenz Klimawandel und Wasser*. Berlin. https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/For-schungsdatenbank/fkz_um20480010_klimawandelanpassung_eu-ratspraesidentschaft_bf.pdf

- Kropp, C. (2012). Gärtner(n) ohne Grenzen: Eine neue Politik des "sowohl-als-auch" urbaner Gärten? In C. Müller (Hrsg.), *Urban Gardening: Über die Rückkehr der Gärten in die Stadt* (4. Aufl., S. 76–87). oekom.
- Kruse, E. (2015). *Integriertes Regenwassermanagement für den wassersensiblen Umbau von Städten: Großräumige Gestaltungsstrategien, Planungsinstrumente und Arbeitsschritte für die Qualifizierung innerstädtischer Bestandsquartiere*. Fraunhofer IRB Verlag. <https://www.irbnet.de/daten/rswb/15069023649.pdf>
- Kühn, T. & Koschel, K.-V. (2018). *Gruppendiskussionen: Ein Praxis-Handbuch* (2. Auflage, 2018). Springer VS.
- Kumnig, S., Rosol, M. & Exner, A. (Hrsg.). (2017). *Urban Studies. Umkämpftes Grün: Zwischen neoliberaler Stadtentwicklung und Stadtgestaltung von unten*. transcript. <https://doi.org/10.1515/9783839435892>
- Kurfürst, S. (2019). Urban Gardening and Rural-Urban Supply Chains: Reassessing Images of the Urban and the Rural in Northern Vietnam. In J. Ehlert & N. K. Faltmann (Hrsg.), *Food Anxiety in Globalising Vietnam* (S. 205–232). Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-0743-0_7
- Lancaster, B. (2019). *Rainwater Harvesting for Drylands and Beyond: Guiding Principles to Welcome Rain Into Your Life and Landscape* (3rd Edition). *Water Harvesting: Volume 1*. Rainsource Press. <https://books.google.de/books?id=amY-REAAAQBAJ>
- Lancaster, B. & Lipkis, A. (2020). *Rainwater Harvesting for Drylands and Beyond: Water-Harvesting Earthworks* (First Printing 2nd edition revised and expanded in color). *Rainwater harvesting for drylands and beyond / Brad Lancaster: Volume 2*. Rainsource Press.
- Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (Hrsg.). (2013). *Klimawandelgerechte Metropole Köln: Abschlussbericht*. Recklinghausen. https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuvpubl/3_fachberichte/30050.pdf
- Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (Hrsg.). (2019a). *Fachbeitrag des Naturschutzes und der Landschaftspflege: für die Planungsregion des Regierungsbezirks Köln*. Recklinghausen. https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuvpubl/6_sonderreihen/Fachbeitrag_N_L_Köln_gesichert.pdf
- Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (Hrsg.). (2019b). *Fachbeitrag des Naturschutzes und der Landschaftspflege: für die Planungsregion des Regierungsbezirks Köln*. Recklinghausen. https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuvpubl/6_sonderreihen/Fachbeitrag_N_L_Köln_gesichert.pdf
- Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (Hrsg.). (2021a). *Daten und Fakten zum Klimawandel: Niederrheinische Bucht*. Recklinghausen. <https://www.lanuv.nrw.de/klima/service/veroeffentlichungen>
- Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (Hrsg.). (2021b). *Klimabericht NRW 2021: Klimawandel und seine Folgen - Ergebnisse*

- aus dem Klimafolgen- und Anpassungsmonitoring (LANUV Fachbericht Nr. 120). Recklinghausen. <https://www.lanuv.nrw.de/klima/service/veroeffentlichungen>
- Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen (Hrsg.). (2017). *Düngeempfehlungen für den Hausgarten*. <https://www.landwirtschaftskammer.de/verbraucher/garten/gartentipp040.htm>
- Leppert, S. (2009). *Paradies mit Laube: Das Buch über Deutschlands Schrebergärten* (1. Aufl.). Dt. Verl.-anst.
- Leser, H. & Egner, H. (2014). *Diercke Wörterbuch Geographie: Raum - Wirtschaft und Gesellschaft - Umwelt* (15., völlig überarb. Aufl., Neubearb., 2. Dr). Westermann.
- Ludwig, F., Well, F., Moseler, E.-M., Eisenberg, B., Deffner, J., Drautz, S., Elnagdy, M. T., Friedrich, R., Jaworski, T., Meyer, S., Minke, R., Morandi, C., Müller, H., Narvaéz Vallejo, A., Richter, P., Schwarz-von Raumer, H.-G., Steger, L., Steinmetz, H., Wasielewski, S. & Winker, M. (2021). *Integrierte Planung blaugrüner Infrastrukturen: Ein Leitfaden*. München. <https://doi.org/10.14459/2021MD1638459>
- Mäder, S. (2013). Die Gruppendiskussion als Evaluationsmethode ? Entwicklungsgeschichte, Potenziale und Formen. *Zeitschrift Fur Evaluation*, 12(1), 23–51. <https://elibrary.utb.de/doi/reader/10.31244/zfe.2013.01.03>
- Maiwald, J. (2016). *Smart entscheiden! Systemisches Konsensieren für Führungskräfte*. A-BiS Gesellschaft für Unternehmensentwicklung mbH.
- Mathews, J. (2011). *Anpassung an den Klimawandel: Boden*. Dessau-Roßlau. Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung (KomPass). https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/364/publikationen/kompass_themenblatt_boden_net.pdf
- Mattisek, A., Pfaffenbach, C. & Reuber, P. (2013). *Methode der empirischen Human-geographie* (2. Auflage, Neubearbeitung). *Das Geographische Seminar: Bd. 20*. Westermann Schulbuchverlag.
- Mayer, J. (2023, 10. Juni). *Bodenaufbau und -pflege in Hochbeeten*. Ernährungsrat für Köln und Umgebung e.V., Köln.
- Mittelstraß, J. (2005). Methodische Transdisziplinarität. *TATuP - Zeitschrift für Technikfolgenabschätzung in Theorie und Praxis*, 14(2), 18–23. <https://doi.org/10.14512/tatup.14.2.18>
- Moon, T. A., Overeem, I., Druckenmiller, M., Holland, M., Huntington, H., Kling, G., Lovcraft, A. L., Miller, G., Scambos, T., Schädel, C., Schuur, E. A. G., Trochim, E., Wiese, F., Williams, D. & Wong, G. (2019). The Expanding Footprint of Rapid Arctic Change. *Earth's future*, 7(3), 212–218. <https://doi.org/10.1029/2018EF001088>
- Morel, K., Léger, F. & Ferguson, R. S. (2019). Permaculture. In B. D. Fath (Hrsg.), *Encyclopedia of ecology* (Second edition, S. 559–567). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.10598-6>

- Müllegger, E., Langergraber, G. & Lechner, M. (2010). The Rosa Project. In EcoSan Club (Hrsg.), *Sustainable Sanitation Practice (SSP)* (Bd. 4, S. 1–36). EcoSan Club. <http://www.ecosan.at/ssp/issue-04-the-rosa-project/issue-04>
- Müller, C. (Hrsg.). (2012a). *Urban Gardening: Über die Rückkehr der Gärten in die Stadt* (4. Aufl.). oekom. http://www.content-select.com/index.php?id=bib_view&ean=9783865816139
- Müller, C. (2012b). Urban Gardening. Grüne Signaturen neuer urbaner Zivilisation. In C. Müller (Hrsg.), *Urban Gardening: Über die Rückkehr der Gärten in die Stadt* (4. Aufl., S. 22–53). oekom.
- Müller, R. (2021, 9. Februar). *Wassermanagement und Bodenaufbau in Gemeinschaftsgärten im Zeichen des Klimawandel(n)s: Webinar*. Permakultur Dreisamtal e.V. anstiftung e.V. Webinare anstiftung e.V., Online. https://www.youtube.com/watch?v=gGGlw70_wwg
- National Forest Gardening Scheme (Hrsg.). *Key benefits of forest gardens*. <https://nationalforestgardening.org/benefits-of-forest-gardens/key-benefits/>
- Satzung des Vereins NeuLand e.V. (2020).
- Neuland e.V. (2022). *NeuLand.de: Die NeuLand-Geschichte*. <https://www.neuland-koeln.de/ueber-uns/die-neuland-geschichte/>
- Neuroth, H. (2021). *Praxishandbuch Forschungsdatenmanagement*. De Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783110657807>
- Nielsen, S. & Stefanakis, A. I. (2020). Sustainable Dewatering of Industrial Sludges in Sludge Treatment Reed Beds: Experiences from Pilot and Full-Scale Studies under Different Climates. *Applied Sciences*, 10(21), 7446. <https://doi.org/10.3390/app10217446>
- Obermeier, M. (2011). *Erstellung eines Konzepts zur Regenwassernutzung am Beispiel Erneuerbare-Energie-Schule in Kamerun* [Bachelorthesis]. Technische Universität München, München. <https://knowledgeexchange.org/pdf/regenwassernutzung.pdf>
- Opielka, M. & Peter, S. (2021). *Soziale Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft: Vergleichende Nachhaltigkeitsbewertung landwirtschaftlicher systeme* (2. Auflage). *ISÖ-Text: 2018, 2*. BoD – Books on Demand. <https://www.iso.org/wp-content/uploads/2021-1-4-iso-text-2018-2-soziale-nachhaltigkeit-in-der-landwirtschaft-2-aufl.pdf>
- Orlina, M. M. & Schaldach, R. (2018). Literature Review on Water Efficiency in Agriculture: Sustainable Irrigation Methods. *RUVIVAL Publication Series*(vol. 3), 30–49. <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:gbv:830-88218207>
- Pacheco, G. C. R. & Alves, C. d. M. A. (2023). The Influence of Deep Uncertainties in the Design and Performance of Residential Rainwater Harvesting Systems. *Water Resources Management*, 37(4), 1499–1517. <https://doi.org/10.1007/s11269-023-03436-w>

- Palla, A. & Gnecco, I. (2022). On the Effectiveness of Domestic Rainwater Harvesting Systems to Support Urban Flood Resilience. *Water Resources Management*, 36(15), 5897–5914. <https://doi.org/10.1007/s11269-022-03327-6>
- Paulus, G., Schrotta, S. & Visotschnig, E. (2022). *Systemisches konsensieren: Der Schlüssel zum gemeinsamen Erfolg* (6., überarbeitete Auflage). DANKE-Verlag.
- Pickel, S., Jahn, D., Lauth, H.-J. & Pickel, G. (Hrsg.). (2009). *SpringerLink Bücher. Methoden der vergleichenden Politik- und Sozialwissenschaft: Neue Entwicklungen und Anwendungen*. VS Verlag für Sozialwissenschaften / GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-531-91826-6>
- Pitha, U., Scharf, B., Wultsch, T. & Stangl, R. (2023). Grünes Regenwassermanagement – natur-basierte Lösungen und nachhaltige Landschaftsbautechniken im Vormarsch? *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft*, 75(1-2), 28–35. <https://doi.org/10.1007/s00506-022-00914-0>
- Poemmer, T. (2023). *Der Klimawandel aus der Sicht der LandwirtInnen und Landwirte im Waldviertel* [Masterarbeit]. Universität Graz, Graz. <https://unipub.uni-graz.at/obvugr/hs/content/titleinfo/8546180/full.pdf>
- Pörtner, H.-O., Roberts, D. C., Tignor, M., Poloczanska, E. S., Mintenbeck, K., Alegría, A., Craig, M., Langsdorf, S., Lösschke, S., Möller, Okem,VA. & Rama, B. (Hrsg.). (2023a). *Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability: Working Group II Contribution to the IPCC Sixth Assessment Report*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844>
- Pörtner, H.-O., Roberts, D. C., Tignor, M., Poloczanska, E. S., Mintenbeck, K., Alegría, A., Craig, M., Langsdorf, S., Lösschke, S., Möller, Okem,VA. & Rama, B. (2023b). Summary for Policymakers. In H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, M. Tignor, E. S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösschke, Möller, Okem,VA. & B. Rama (Hrsg.), *Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability: Working Group II Contribution to the IPCC Sixth Assessment Report* (S. 3–34). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844.001>
- Prenner, F., Kretschmer, F. & Pucher, B. (2023). Nutzungsorientierte Verwendung urbaner Wasserressourcen – Visionen, Potenziale und Herausforderungen. *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft*, 75(3-4), 178–188. <https://doi.org/10.1007/s00506-023-00932-6>
- Prüfer, P. & Rexroth, M. (1996). Verfahren zur Evaluation von Survey-Fragen: ein Überblick. *ZUMA Nachrichten*, 20(39), 95–116. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-208799>
- Puskeiler, M. (2013). *Radarbasierte Analyse der Hagelgefährdung in Deutschland*. KIT Scientific Publishing. <https://directory.doabooks.org/handle/20.500.12854/57566>
- Quandt, A., Neufeldt, H. & Gorman, K. (2023). Climate change adaptation through agroforestry: opportunities and gaps. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 60(101244). <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2022.101244>

- R. Kulabako, N. (2011). Greywater Characteristics and Reuse in Tower Gardens in Peri-Urban Areas: Experiences of Kawaala, Kampala, Uganda. *The Open Environmental Engineering Journal*, 4(1), 147–154.
<https://doi.org/10.2174/1874829501104010147>
- Regner, J. (2014). *Möglichkeiten, Auswirkungen von Dürren auf die Landwirtschaft zu verringern* [Seminararbeit]. Universität Augsburg, Augsburg.
- Riechel, R. & Wiemer, K. (2022). *Hitze, Trockenheit und Starkregen: Klimaresilienz in der Stadt der Zukunft* (Dokumentation N° 166). Berlin. DStGB Dienstleistungs GmbH. <https://repository.difu.de/jspui/handle/difu/583391>
- RMP Stephan Lenzen. *Das Planungsgebiet der Parkstadt Süd und des Inneren Grüngürtels*. RMP Stephan Lenzen Landschaftsarchitekten. <https://www.parkstadt-sued.de/2022-oeffentlichkeitsbeteiligung-gruenguertel>
- Rösel, L., Hildmann, C., Walko, M. & Heinkele, T. (2020). *Anwendungsgrundsätze für Geringfügigkeitsschwellen zum Schutz des Grundwassers (GFS-Werte) am Beispiel der Niederschlagswasserversickerung: Abschlussbericht* (Texte für Mensch & Umwelt Nr. 151). Dessau-Roßlau. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte_151-2020_anwendungsgrundsaeetze_fuer_geringfuegigkeitsschwellen_zum_schutz_des_grundwassers_gfs-werte_am_beispiel_der_niederschlagswasserversickerung.pdf
- Rosol, M. (2017). Gemeinschaftlich gärtner in der neoliberalen Stadt? In S. Kumnig, M. Rosol & A. Exner (Hrsg.), *Urban Studies. Umkämpftes Grün: Zwischen neoliberaler Stadtentwicklung und Stadtgestaltung von unten* (S. 11–32). transcript. <https://doi.org/10.1515/9783839435892-001>
- Rößler, S. (2015). Klimawandelgerechte Stadtentwicklung durch grüne Infrastruktur. *Raumforschung und Raumordnung | Spatial Research and Planning*, 73(2), 123–132. <https://doi.org/10.1007/s13147-014-0310-y>
- Ruschkowski, E. von, Dieckmann, A., Lamkowsky, G., Eilers, S. & Blumenroth, N. (2022). Sensibilisierung junger Menschen für Natur- und Artenschutz:: Potenziale zukunftsorientierter Ansätze im Kontext der Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE). *Natur und Landschaft*, 97(4), 176–184.
<https://doi.org/10.19217/NuL2022-04-03>
- Sartor, J. (2018). Erfahrungen und Ergebnisse aus 15 Jahren naturnaher Regenwasserbewirtschaftung. *Korrespondenz Abwasser, Abfall*(65), Artikel 9, 776–784. https://www.hochschule-trier.de/fileadmin/Hauptcampus/Fachbereich_BL/BI/Personen/Sartor/Veroeffentlichungen/Fachzeitschriften/Sartor_RWB-KA-9-18.pdf
- Schädler, A. (2023, 15. Juni). *Wasser - ein kostbares Gut: Pflanzgefäße mit eingebauten Wassertanks*. anstiftung e.V. Webinare anstiftung e.V., Online.
<https://www.youtube.com/watch?v=QNmno2Z9b6E>
- Schielke, H. J., Fishman, J. L., Osatuke, K. & Stiles, W. B. (2009). Creative consensus on interpretations of qualitative data: the Ward method. *Psychotherapy*

- research : journal of the Society for Psychotherapy Research*, 19(4-5), 558–565.
<https://doi.org/10.1080/10503300802621180>
- Schilli, C., Schrey, H. P. & Schulte-Kellinghaus, S. (2021). *Dürre-Empfindlichkeit landwirtschaftlicher Standorte: Projektbericht*.
https://www.gd.nrw.de/zip/bo_bk_standortkarte_d%C3%BCrreempfindlichkeit-landwirtschaft-projektbericht-2021.pdf
- Schmelzkopf, K. (2002). Incommensurability, Land Use, and the Right to Space: Community Gardens in New York City. *Urban Geography*, 23(4), 323–343.
<https://doi.org/10.2747/0272-3638.23.4.323>
- Schramm, E., Trapp, J. H., Stein, C. & Rauchecker, M. A. (2023). *Aufbau und Erhalt blau-grün-grauer Infrastrukturen für die kommunale Klimaanpassung: Fallbeispiele, Konstellationen und Kooperationsmanagement*. netWORKS-Papers: Heft 39. Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH. <https://repository.difu.de/handle/difu/583721>
- Schreiner, J. (2014). Naturschutzerziehung und -bildung in Deutschland. In U. Hampicke, R. Böcker & W. Konold (Hrsg.), *Wiley online library. Handbuch Naturschutz und Landschaftspflege* (S. 1–12). Wiley-VCH.
<https://doi.org/10.1002/9783527678471.hbnl2003008>
- Semananda, N., Ward, J. & Myers, B. (2016). Evaluating the Efficiency of Wicking Bed Irrigation Systems for Small-Scale Urban Agriculture. *Horticulturae*, 2(4), 13.
<https://doi.org/10.3390/horticulturae2040013>
- Sijimol, M. R. & Joseph, S. (2021). Constructed wetland systems for greywater treatment and reuse: a review. *International Journal of Energy and Water Resources*, 5(3), 357–369. <https://doi.org/10.1007/s42108-021-00129-1>
- Simlat, W. (2018). *Effiziente Wassernutzung im urbanen Raum* [Masterarbeit, Brandenburgische Technische Universität, Cottbus-Senftenberg]. BibTeX.
https://www.researchgate.net/publication/326586804_Effiziente_Wassernutzung_im_urbanen_Raum
- Simone, M. de, Pradhan, P., Kropp, J. P. & Rybski, D. (2023). A large share of Berlin's vegetable consumption can be produced within the city. *Sustainable Cities and Society*, 91, 104362. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104362>
- Singh, D. S., Trivedi, D. H. & Singh, D. V. (2022). *Current Approaches for Smart Agriculture*. AkiNik Publications. <https://doi.org/10.22271/ed.book.1833>
- Solawi Heckengäu eG. (2023). *Wassernutzungskonzept*. Rutesheim. https://solawiheckengaeu.de/wp/wp-content/uploads/Wassernutzungskonzept_Solawi-Heckengaeu.pdf
- Souto, S. L., Reis, R. P. A. & Campos, M. A. S. (2023). Impact of Installing Rainwater Harvesting System on Urban Water Management. *Water Resources Management*, 37(2), 583–600. <https://doi.org/10.1007/s11269-022-03374-z>
- Speed, R., Lei, G., Sayers, P., Wei Yu, Li, Y., Moncrieff, C., Tickner, D., Pegram, G., Jianqiang, L., Xu, X., Li, A. & Qiu, B. (2016). *Drought risk management: A*

- strategic approach* (strategic water management). <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000245633>
- Srinivasarao, C., Kumar, G. R., Manasa, R., Pilli, K., Sahoo, S., Rakesh, S., Kundu, S., Nataraj, K. C., Rao, K. V., Prasad, J. & Malleswari, S. (2023). Dryland farming: Technological and management options for sustainable agriculture and food system. In *Earth Systems and Environmental Sciences*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822974-3.00219-6>
- Stadt Köln. (2023). *Welches Klima prägt die Kölner Bucht?* https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuvpubl/6_sonderreihen/Fachbeitrag_N_L_K%C3%B6ln_gesichert.pdf
- Stadtentwässerungsbetriebe Köln (Hrsg.). (2018). *Leitfaden für eine wassersensible Stadt- und Freiraumgestaltung in Köln: Empfehlungen und Hinweise für eine zukunftsfähige Regenwasserbewirtschaftung und für die Überflutungsvorsorge bei extremen Niederschlagsereignissen* (032018-2500). Köln. https://www.steb-koeln.de/Redaktionell/ABLAGE/Downloads/Brosch%C3%BCren-Ver%C3%B6ffentlichungen/Geb%C3%A4udeschutz/FirstSpirit_1489560439762LeitfadenPlanung_ES_140217_web.pdf
- Stadtentwässerungsbetriebe Köln (Hrsg.). (2021). *FAQ_ Starkregengefahrenkarte*. Köln. https://steb-koeln.de/Redaktionell/ABLAGE/Downloads/Brosch%C3%BCren-Ver%C3%B6ffentlichungen/Hochwasserver%C3%B6ffentlichungen/FAQ_Starkregengefahrenkarte.pdf
- Stadtentwässerungsbetriebe Köln (Hrsg.). (2023). *Überflutungsgefahrenkarten*. <https://steb-koeln.de/hochwasser-und-ueberflutungsschutz/akutes-hochwasser/ueberflutungsgefahrenkarten/ueberflutungsgefahrenkarten.jsp>
- Stadtentwässerungsbetriebe Köln, AöR (Hrsg.). (2022). *Merkblatt Gartenbewässerung und Schmutzwassergebühren*. Köln. <https://steb-koeln.de/Redaktionell/ABLAGE/Downloads/Merkbl%C3%A4tter/Merkblatt-Gartenbew%C3%A4sserung-und-Schmutzwassergeb%C3%BChren-2.pdf>
- Stadtentwässerungsbetriebe Köln, AöR (Hrsg.). (2023). *Regenwasserversickerung*. <https://steb-koeln.de/abwasser-und-entwaesserung/grundstuecksentwaesserung/regenwasserversickerung/Inhaltsseite.jsp>
- Stevanović, A. (29. November 2022). Irrigation with ollas. *The Permaculture Research Institute*. <https://www.permaculturenews.org/2022/11/29/irrigation-with-ollas/>
- Stiftung Entwicklung und Frieden (Hrsg.) (2023). *Kommunale Lösungen für globale Risiken: Katastrophenvorsorge für nachhaltige Entwicklung*. https://www.sef-bonn.org/fileadmin/SEF-Dateiliste/03_Veranstaltungen/BoSy/2022/2022_bosy_report_de.pdf
- Strassberg, V. & Lancaster, B. (2011). Fighting water with water: Behavioral change versus climate change. *Journal - American Water Works Association*, 103(6), 54–60. <https://doi.org/10.1002/j.1551-8833.2011.tb11472.x>
- Thakur, M. & Kumar, R [Rakesh] (2021). Mulching: Boosting crop productivity and improving soil environment in herbal plants. *Journal of Applied Research on*

- Medicinal and Aromatic Plants*, 20, 100287.
<https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2020.100287>
- Thober, S., Marx, A. & Boeing, F. (2018). *Auswirkungen der globalen Erwärmung auf hydrologische und agrarische Dürren und Hochwasser in Deutschland: Ergebnisse aus dem Projekt HOKLIM: Hochaufgelöste Klimaindikatoren bei einer Erderwärmung von 1.5 Grad*. Leipzig. https://www.ufz.de/export/data/2/207531_HOKLIM_Brosch%C3%BCre_final.pdf
- Transition Town Freiburg e.V. (Hrsg.). (2015). *Tomatendach im Freibohngarten*. <http://ttfreiburg.de/2015/09/tomatendach-im-freibohngarten/>
- United Nations. (2020). *The United Nations world water development report 2020: Water and climate change*. Paris. <https://www.unwater.org/publications/un-world-water-development-report-2020>
- United Nations (Hrsg.) (2023). *Summary of proceedings by the president of the General Assembly: United Nations Conference on the midterm comprehensive review of the implementation of the objectives of the international decade for action "Water for sustainable development" 2018-2028*. <https://www.un.org/pga/77/wp-content/uploads/sites/105/2023/05/PGA77-Summary-for-Water-Conference-2023.pdf>
- United States Department of Agriculture. (2019). *Agroforestry Strategic Framework: Fiscal Years 2019-2024*. <https://www.usda.gov/sites/default/files/documents/usda-agroforestry-strategic-framework.pdf>
- Védère, C., Lebrun, M., Honvault, N., Aubertin, M.-L., Girardin, C., Garnier, P., Dignac, M.-F., Houben, D. & Rumpel, C. (2022). How does soil water status influence the fate of soil organic matter? A review of processes across scales. *Earth-Science Reviews*, 234, 104214.
<https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2022.104214>
- Viehoff, V. & Follmann, A. (2017). Das Politische eines Gemeinschaftsgartens – Neuland in Köln als Experimentierort für urban commoning? In S. Kumnig, M. Rosol & A. Exner (Hrsg.), *Urban Studies. Umkämpftes Grün: Zwischen neoliberaler Stadtentwicklung und Stadtgestaltung von unten* (S. 233–262). transcript. <https://doi.org/10.1515/9783839435892-010>
- Vilsmaier, U. (2021). Transdisziplinarität. In T. Schmohl & T. Philipp (Hrsg.), *Hochschulbildung: Lehre und Forschung: Bd. 1. Handbuch Transdisziplinäre Didaktik* (1. Auflage, S. 333–346). transcript Verlag. <https://doi.org/10.1515/9783839455654-031>
- Vohland, K [Katrin] & Barry, B. (2009). A review of in situ rainwater harvesting (RWH) practices modifying landscape functions in African drylands. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 131(3), 119–127. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2009.01.010>
- Wang, S., Zhang, Y., Ju, W., Chen, J. M., Ciais, P., Cescatti, A., Sardans, J., Janssens, I. A., Wu, M., Berry, J. A., Campbell, E., Fernández-Martínez, M., Alkama, R., Sitch, S., Friedlingstein, P., Smith, W. K., Yuan, W., He, W.,

- Lombardozi, D., . . . Peñuelas, J. (2020). Recent global decline of CO₂ fertilization effects on vegetation photosynthesis. *Science (New York, N.Y.)*, 370(6522), 1295–1300. <https://doi.org/10.1126/science.abb7772>
- Wesselow, M. & Mashele, N.-J. (2019). “Who Needs Money if You Got Hands, if You Got Plants” Forming Community Resilience in Two Urban Gardening Networks in South Africa. *Human Ecology*, 47(6), 855–864. <https://doi.org/10.1007/s10745-019-00116-5>
- Wingender, J. (2015). *Pflanzenkläranlage* (F. Böckler, B. Dill, G. Eisenbrand, F. Faupel, B. Fugmann, T. Gamse, R. Matissek, G. Pohnert, A. Rühling, S. Schmidt & G. Sprenger, Hg.). Thieme Gruppe.
- Wollner, H. (2019). *Klimaresiliente integrale urbane Gehölz- und Regenwasserwirtschaft: Kommunale Aufgabe für die Großstadt Berlin*. Leipzig. https://www.bikietzerfeld.de/pdf/WOLLNER_integrale_urbane_Gehoelz_Regenwasserwirtschaft.pdf
- Yactayo, W., Ramírez, D. A., Gutiérrez, R., Mares, V., Posadas, A. & Quiroz, R. (2013). Effect of partial root-zone drying irrigation timing on potato tuber yield and water use efficiency. *Agricultural Water Management*, 123, 65–70. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2013.03.009>

Anhang

Poster

Umfrage

Vor- und Nachteile Beetsysteme

Vor- und Nachteile Bewässerungssysteme

Höhenprofil

Interviewleitfaden

Kategoriesystem Expert:inneninterviews

Ausführung zu Kapitel 6 (nicht öffentlich)