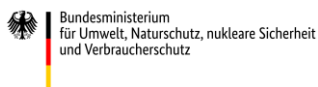




Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Klimaanpassung in Braunschweig Projektreport I:

Folgen und Risiken des Klimawandels

Titelbild: Die Warming Stripes (auch Klima- oder Erwärmungsstreifen) von Braunschweig für die Jahre 1891 bis 2023 verbildlichen den andauernden Erwärmungstrend und sind somit ein einfaches Kommunikationsmittel, um über den Klimawandel zu informieren. Die Farbe eines jeden Streifens repräsentiert die mittlere Temperatur des jeweiligen Kalenderjahres. Sie sind von links nach rechts nach den frühesten verfügbaren Daten bis heute geordnet. Die Temperaturveränderungen sind so einfach sichtbar (je wärmer, desto röter; je blauer, desto kälter; © Stadt Braunschweig, 2024).

Impressum

Herausgeberinnen:

Stadt Braunschweig, Fachbereich
Umwelt

Abteilung Klimaschutz und strategische
Umweltplanung

Willy-Brandt-Platz 13
38102 Braunschweig

Technische Universität Braunschweig

Institut für Geoökologie
Langer Kamp 19c

38106 Braunschweig

Technische Universität Braunschweig

Institute for Sustainable Urbanism
Pockelsstraße 3, Okerufer

38106 Braunschweig

Autorenschaft aus dem COABS-Projektteam:

Stadt Braunschweig - Fachbereich Umwelt:

Dr. Ines Bruchmann

Lotta Becker

Technische Universität Braunschweig - Institut für Geoökologie:

Prof. Dr. Stephan Weber

Dr. Lars Gerling

Paula Hainz

Dr. Anne-Kathrin Schneider

Dr. Michael Strohbach

Dr. Sascha Iden

Dr. Diana Goertzen

Werkstatt 35 qGmbH:

Dr.-Ing. Joseph Hölscher

Technische Universität Braunschweig - Institute for sustainable Urbanism:

Prof. Dr. Vanessa Miriam Carlow

Olaf Mumm

Dr. Katja Knecht

Chantal Karadag

Redaktion: Dr. Ines Bruchmann und Lotta Becker



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit
und Verbraucherschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

März 2024

© Stadt Braunschweig, Fachbereich Umwelt

Diese Veröffentlichung sowie weitergehende Informationen zur Klimaanpassung sind abrufbar unter: www.braunschweig.de/klimaanpassung

Vorwort

Dieser Projektreport 1 zu Folgen und Risiken des Klimawandels ist im Zuge des Verbundprojektes „Co-Adapted Braunschweig“ (COABS) im Jahr 2023/24 entstanden. Das Projekt COABS zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels gliedert sich bis September 2025 in drei Projektphasen: Aufbauend auf identifizierte Klimarisiken und Klimafolgen werden geeignete Anpassungsmaßnahmen für Braunschweig entwickelt. Deren Umsetzung wird in einer Praxisphase anhand von Klima-Pilotprojekten beispielhaft erprobt. So kann im Zuge des Projektes der Grundstein für die Braunschweiger Klimaanpassungsstrategie gelegt werden. Die Vernetzung von Verwaltung, Forschung und Stadtgesellschaft sowie der Co-Creation Ansatz stehen dabei im Fokus.

An der Bearbeitung des Projektreport 1 waren maßgeblich Mitarbeitende vom Institut für Geoökologie der Technischen Universität Braunschweig und aus der Abteilung Klimaschutz und strategische Umweltplanung der Stadt Braunschweig sowie das Fachbüro Werkstatt35 gGmbH und für die Partizipationsformate das Institut für nachhaltigen Städtebau beteiligt. Die Stadtöffentlichkeit hatte in zwei Beteiligungsformaten die Gelegenheit, Sichtweisen und Ideen einzubringen. Auch weitere Fachämter der Stadt wurden entsprechend Ihrer Expertise in den jeweiligen Handlungsfeldern einbezogen.


Ziel ist es, aufbauend auf der hier vorliegenden Klimarisikoaanalyse ein auf Braunschweig zugeschnittenes Maßnahmenportfolio zur Klimaanpassung zu erarbeiten. Mittelfristig wird aus diesen Bausteinen die Braunschweiger Klimaanpassungsstrategie entstehen, um die Herausforderungen im Zuge des Klimawandels planvoll und mit vereinten Kräften anzugehen. Ziel wird es sein, die Anpassungskapazität bzw. Widerstandsfähigkeit (Resilienz) vor Ort zu stärken, um für die Herausforderungen des Klimawandels gewappnet zu sein.

Der Projektreport 1 gibt eine Übersicht zu den Klimaänderungen, die in der Stadt Braunschweig zu erwarten sind und zeigt die entsprechenden Klimafolgen und Klimarisiken auf. Vor allem die Ausführungen zu den zu erwartenden klimatischen Änderungen, die Wirkungsketten sowie die Risikoeinschätzung der Klimafolgen spiegeln den Wissensstand im Jahr 2023 wider und sollten angesichts eines sich dynamisch wandelnden Klimasystems in regelmäßigen Abständen überprüft und neu bewertet werden. Nur so kann dynamisch und adäquat den Herausforderungen, die ein sich veränderndes Klimasystem mit sich bringt, begegnet werden. Die näher untersuchten Handlungsfelder „Wassermengenmanagement und Bodenwasserhaushalt“, „Mensch und Gesundheit“ sowie „Naturschutz und Biodiversität“ wurden aus bestehenden überregionalen Klimaanpassungsstrategien abgeleitet. Sie bilden die Handlungsschwerpunkte ab, in denen nach fachlichen Einschätzungen die bedeutendsten Klimafolgen zu erwarten sind und die zudem im Handlungs- und Vorsorgebereich einer Stadt liegen.



Es wurde eine gute Allgemeinverständlichkeit der Texte angestrebt. Kurze Erläuterungen zu einigen der Begriffen finden Sie im [Glossar](#). Die [verwendeten Abkürzungen](#) werden in einem Verzeichnis erläutert. Braunschweig-spezifische Informationen sind jeweils anhand eines Löwenlogos, seitlich des Textes, zu erkennen. Exkurse sind mit einem „Info-I“ (© Icon.verse) am Rand gekennzeichnet. Eine [Zusammenfassung zum Gesamtrisiko](#) befindet sich auf S. 28 f. Graphische Darstellungen zu den Ergebnissen der Klimarisikoaanalyse sind auf den Seiten 59, 82 und 95 zu finden. Ein besonderer Dank sei an dieser Stelle an alle Autor:innen und Kolleg:innen gerichtet, die an der Entstehung des Berichtes mitgewirkt und wertvolle Informationen beigetragen haben. Ebenso gilt unser Dank Britta Jänicke und Joseph Hölscher als Ideenstifter und Vordenker des Projektes, dem BMUV als Fördermittelgeber sowie dem NLWKN und dem Leichtweiß-Institut der TU Braunschweig für Ihre Unterstützung als assoziierte Projektpartnerinnen.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
1.1 Klimawandel als Herausforderung - global - regional und lokal in Braunschweig	1
1.2 Klimaschutz und Klimaanpassung als Lösung	3
1.3 Klimagerechtes Braunschweig	4
1.4 Chancen einer klimagerechten Stadt – die Vision und vermeidbare Kosten	6
2. Strategien zur Klimaanpassung	9
2.1 Strategien in Deutschland	10
2.2 Strategien in Niedersachsen	10
2.3 Strategien in der Region	11
3. Klimaänderungen in Braunschweig	12
3.1 Klimabeobachtungen und zukünftiger Klimawandel	12
3.2 Temperaturzunahmen und Hitze	13
3.3 Niederschlagsverschiebungen	18
3.4 Extreme Wetterereignisse: Starkregen, Dauerregen und Stürme	22
4. Beteiligungsprozess	25
4.1 Beteiligung-Partizipation-Co Creation: Wozu & Warum?	25
4.2 Ablauf der Beteiligung im COABS Projekt	26
4.3 Ergebnisse Umfrage Klimafolgen	27
4.4 Ergebnisse Beteiligung Auftaktforum	27
5. Klimafolgen und Klimarisiken in Braunschweig	28
5.1 Ablauf der Braunschweiger Klimarisikoanalyse	29
 5.2 Handlungsfeld Wassermengenmanagement & Bodenwasserhaushalt	33
5.2.1 Vorsorgeprinzip in Wassermengenmanagement und Bodenschutz	34
5.2.2 Hochwasserschutz	36

	5.2.3 Starkregen, Sturzfluten, Wassererosion	38
	5.2.4 Niedrigwasser	43
	5.2.5 Grundwasser	44
	5.2.6 Wasserversorgung	48
	5.2.7 Bodenwasserhaushalt	50
	5.2.8 Zusammenfassung Wassermengenmanagement & Bodenwasserhaushalt	56
	5.3 Handlungsfeld Mensch und Gesundheit	60
	5.3.1 Hitzeperioden	60
	5.3.2 Gesundheitliche Folgen durch Starkregen und Überschwemmung	67
	5.3.3 UV-Belastung	68
	5.3.4 Luftschadstoffe	69
	5.3.5 Allergien	73
	5.3.6 Vektorübertragene Krankheiten und Infektionen	74
	5.3.7 Lebensmittelbedingte und wasserbürtige Infektionen	77
	5.3.8 Auswirkungen auf die psychische Gesundheit	80
	5.3.9 Zusammenfassung Mensch und Gesundheit	81
	5.4 Handlungsfeld Naturschutz und Biodiversität	83
	5.4.1 Allgemeine Klimafolgen und -risiken	83
	5.4.2 Stadtgrün und Stadtwald	88
	5.4.3 Fließgewässer, stehende Gewässer und Feuchtgebiete	91
	5.4.4 Zusammenfassung Naturschutz und Biodiversität	93
	Ausblick	96
	Abkürzungsverzeichnis	98
	Glossar	100
	Referenzen	103
	Anhang I: Ergebnisse Umfrage Klimafolgen	115

Anhang II: Ergebnisse Beteiligung Auftaktforum

1. Einleitung

Ines Bruchmann und Lotta Becker

1.1 Klimawandel als Herausforderung - global - regional und lokal in Braunschweig

„Der vom Menschen verursachte Klimawandel, einschließlich häufigerer und intensiverer Extremereignisse, hat weitverbreitete negative Folgen und damit verbundene Verluste und Schäden für Natur und Menschen verursacht, die über die natürliche Klimavariabilität hinausgehen.“ Laut Weltklimarat sind vor allem diejenigen Menschen verwundbar und somit unverhältnismäßig stark von negativen Klimafolgen betroffen, die geringe Anpassungskapazitäten aufbringen können, z. B. weil sie ortsgebunden, sozioökonomisch benachteiligt oder gesundheitlich eingeschränkt sind. Entsprechend sind vulnerable Gruppen am stärksten vom Klimawandel betroffen (IPCC 2022, S. 7).

Der globale Temperaturanstieg schreitet voran. Er ist verursacht durch zusätzliche, menschengemachte Emissionen von Treibhausgasen (THG), die den natürlichen Treibhausgaseffekt verstärken. Die globale Oberflächentemperatur lag im Zeitraum von 2011 bis 2020 bereits um 1,1 °C höher als der Wert von 1850 bis 1900 (IPCC 2023, S. 1). Bei allen betrachteten Emissionsszenarien wird die globale Oberflächentemperatur bis mindestens Mitte des Jahrhunderts weiter ansteigen. Nur mit drastischen Reduktionen der Treibhausgasemissionen in den nächsten Jahrzehnten kann verhindert werden, dass eine globale Erwärmung von 1,5 °C bzw. 2 °C im 21. Jahrhundert überschritten wird (IPCC 2021, S. 14). Dabei wird jede noch so kleine Zunahme der globalen Erwärmung vielfältige und gleichzeitig auftretende Gefahren verstärken (IPCC 2023, S. 2).

Außerdem nehmen die Häufigkeit und Intensität von Wetterextremen, wie Hitzeextreme, Starkniederschlagsereignisse und Dürre als Folge des Klimawandels zu. Damit einher gehen weitverbreitete und tiefgreifende Folgen für Ökosysteme, Menschen, Siedlungen und Infrastrukturen (IPCC 2022).

Der menschengemachte Klimawandel findet bereits statt und betrifft auch Braunschweig. Es ist Zeit mehr für Klimaschutz und Klimaanpassung zu tun.

1. Einleitung

1.1 Klimawandel als Herausforderung - global - regional und lokal in Braunschweig

Die globale Temperaturzunahme erfolgt nicht überall gleichmäßig. Vor allem über Landflächen ist die Erwärmung stärker, aber nicht gleichmäßig, weswegen regionale Betrachtungen der Klimaänderungen notwendig sind (IPCC 2018). In Europa steigen die Durchschnittstemperaturen schneller an als in anderen Erdteilen (Copernicus 2023).

Auch für Deutschland, Niedersachsen und hier lokal vor Ort in Braunschweig können bereits langjährig höhere Jahresdurchschnittstemperaturen gemessen und klare Trends der zunehmenden Erwärmung (gegenüber der Klimareferenzperiode) nachgewiesen werden (ausführliche Erläuterungen s. [Kapitel 3](#)). Für die menschliche Wahrnehmung ist der Klimawandel im Sinne der langsam zunehmenden Erhöhung von Jahresdurchschnittstemperaturen eigentlich kaum wahrnehmbar. Unmittelbar lebensweltlich spürbar wird der Klimawandel jedoch durch gehäuft auftretende, zunehmend extreme Wetterereignisse wie z. B. lang anhaltende Hitzeperioden oder starke Regenfälle.



Die Braunschweiger Zeitung berichtete in den vergangenen Jahren in kurzer Folge über viele extrem ausgeprägte Wetterereignisse, von denen angenommen werden kann, dass ein Zusammenhang mit dem Klimawandel wahrscheinlich ist: „Starkregen in Braunschweig: Bis zu 90 Liter in wenigen Stunden“ (23.06.2023), „Hitzesommer setzte Birken und Buchen in Braunschweig zu“ (28.08.2020), „Tiefststände bei Schunter, Wabe und Mittelriede in Braunschweig“ (15.08.2022), „Hochwasser in Braunschweig: Das ist die neue Seenplatte“ (28.12.2023) oder „Sturm Antonia trifft auch die Region Braunschweig-Wolfsburg“ (21.02.2022). Global wie lokal nehmen in Folge des Klimawandels Extremwetterereignisse wie Hitzeextreme, Dürre und Starkregen in Häufigkeit und Intensität zu (vgl. (s. [Kapitel 3](#)).

In einer im Sommer 2023 im Zuge des Projektes COABS durchgeführten Online-Umfrage zu Klimafolgen gaben beinahe vier von fünf befragten Braunschweiger:innen an, in den letzten Jahren extreme Wetterereignisse oder anderen negative Klimawandelfolgen wahrgenommen zu haben (s. Abb. 1; ausführlich zu Hintergrund, Auswertung und Ergebnissen der Umfrage s. [Anhang I](#)).

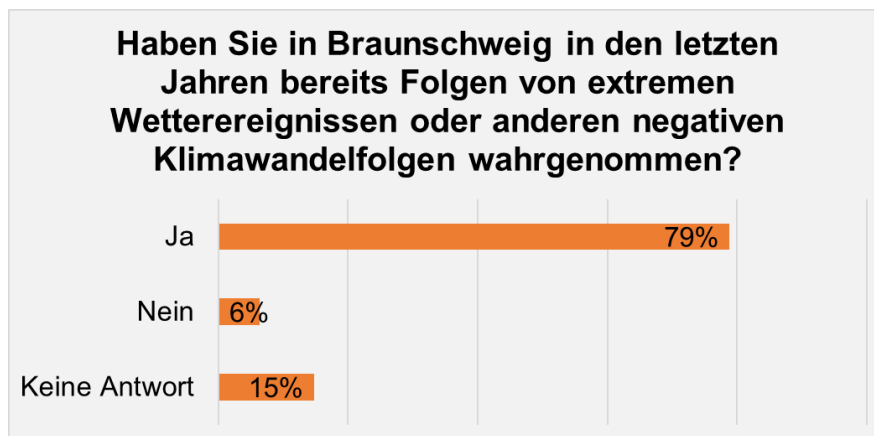


Abbildung 1: Umfrageergebnisse aus 2023 - Wahrnehmung von Extremwetterereignissen und Klimawandelfolgen (eigene Darstellung, s. auch Anhang I)

Welche konkreten Klimaänderungen sowie Klimafolgen und damit einhergehende Klimarisiken für Braunschweig zu erwarten sind, wird in den [Kapiteln 3](#) und [5](#) dieses Berichts zusammengefasst.

1.2 Klimaschutz und Klimaanpassung als Lösung

Der menschengemachte Klimawandel kann nur durch Maßnahmen des Klimaschutzes aufgehalten werden. Die bereits erfolgten und für die Zukunft erwarteten Klimaänderungen erfordern parallel die Umsetzung von Maßnahmen im Sinne der Klimaanpassung.

Sowohl Klimaanpassung als auch Klimaschutz sind in Braunschweig notwendig. Die Umsetzung der Klimaschutzmaßnahmen ist die Grundlage, um die Klimafolgen in einem handhabbaren Rahmen zu halten, in dem effektive Anpassung möglich bleibt.

Als **Klimaschutz** (Mitigation/Vermeidung) werden die Möglichkeiten zusammengefasst, die menschengemachten Klimaveränderungen zu reduzieren und die Folgen des Klimawandels so weit wie möglich einzugrenzen (IPCC 2018). Dabei wird der Ausstoß von Treibhausgasen durch Maßnahmen wie die Steigerung der Energieeffizienz, den Umstieg auf erneuerbare Energien und eine CO₂-reduzierten Lebensweise begrenzt.

Der zweite Baustein neben dem Klimaschutz ist die **Klimaanpassung** (Adaptation). Daher sind Maßnahmen der Klimaanpassung ebenso unerlässlich, um Menschen oder vom Menschen geprägte Infrastrukturen und Systeme wie z.B. Stadträume sowie Versorgungs- und Mobilitätsinfrastrukturen auf nicht mehr vermeidbaren Folgen des Klimawandels vorzubereiten und notwendige Anpassungskapazitäten zu erhöhen. Unter Klimaanpassung werden Maßnahmen verstanden, die die Verwundbarkeit und die Exposition (s. [Glossar](#)) gegenüber Folgen des Klimawandels reduzieren (IPCC 2018).

Auch der Gesetzgeber kommt dieser Erkenntnis schrittweise nach und verpflichtet Länder und Kommunen diesen Aufgaben nachzukommen.



Exkurs zur gesetzlichen Verankerung von Klimaschutz und Klimaanpassung

Seit 2022 ist der Klimaschutz gesetzlich als verankerte kommunale Pflichtaufgabe im niedersächsischen Landesrecht verankert. Ferner benennt das Niedersächsische Gesetz zur Förderung des Klimaschutzes und zur Minderung der Folgen des Klimawandels (Niedersächsisches Klimagesetz - NKlimaG) die „Minderung der Folgen des Klimawandels für die Bevölkerung und ihre Gesundheit, für die Wirtschaft, für die Infrastruktur, für die Natur, für die Ökosysteme und für die Biodiversität sowie für die Stärkung der Klimaresilienz“ (§3 (6) NKlimaG) als zentrales niedersächsisches Klimaziel. Voraussichtlich im Laufe des Jahres 2024 werden die Anforderungen des Bundesklimaanpassungsgesetzes (KanG) in die niedersächsische Landesgesetzgebung integriert. Das im KanG verpflichtende Berücksichtigungsgebot verpflichtet gemäß §8 die „Träger öffentlicher Aufgaben bei ihren Planungen und Entscheidungen das Ziel der Klimaanpassung [...] fachübergreifend und integriert zu berücksichtigen, [wobei] sowohl die bereits eingetretenen als auch die zukünftig zu erwartenden Auswirkungen des Klimawandels zu berücksichtigen [sind].“ Entsprechend wird auch der kommunale Handlungsbereich der Klimaanpassung zur gesetzlich verankerten Pflicht.

Ein wesentlicher Unterschied der beiden Handlungsbausteine Vermeidung (Klimaschutz) und Anpassung ist die räumliche Tragweite. Der Klimawandel ist eine globale Herausforderung und auch die Klimaschutzziele sind nur global zu erreichen (IPCC 2018). Die Folgen des Klimawandels werden aber lokal zu spüren und lokal unterschiedlich ausgeprägt sein. Im Zuge der kommunalen Daseinsvorsorge ist die Anpassung an den Klimawandel insbesondere eine lokal umzusetzende Aufgabe, bei der Städte und Kommunen die zentrale Rolle zukommt, die lokal identifizierten Risiken zu begrenzen (IPCC 2018). Bei der im Sommer 2023 im Rahmen des COABS-Projektes durchgeführten Online-Umfrage zu Klimafolgen hielten zwei Drittel der Teilnehmenden Klimaanpassung für extrem dringlich (s. Abb. 2 und [Anhang I](#)).

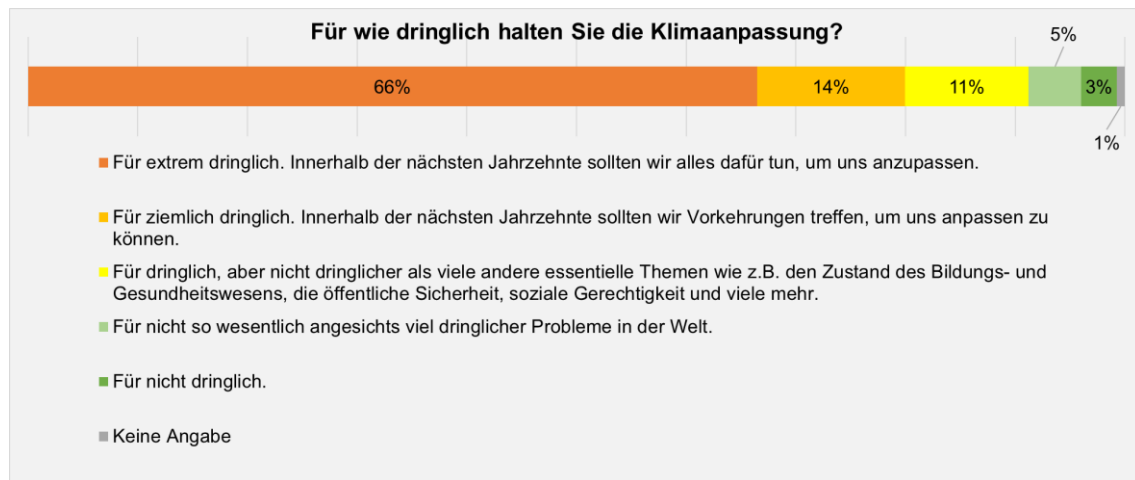


Abbildung 2: Umfrageergebnisse aus 2023 - Dringlichkeit von Klimaanpassung (eigene Darstellung, s. auch Anhang I)



1.3 Klimagerechtes Braunschweig

Das Integrierte Stadtentwicklungskonzept (ISEK) von 2018 wurde mit breiter Beteiligung der Einwohner:innen Braunschweigs entwickelt und legt das konkrete Ziel fest, Braunschweig zu einer umweltgerechten und gesunden Stadt zu gestalten. Dieses Ziel wurde in verschiedenen Arbeitsfeldern und in mehreren Rahmenprojekten konkreter ausgeschärft. Mit dem Rahmenprojekt 20 wurden konkrete Umsetzungsschritte für ein „**Klimagerechtes Braunschweig**“ beschlossen und die zuständige Verantwortlichkeit benannt. Im Fokus dieses Rahmenprojektes stehen eine Reihe von Themen zur Verbesserung der Umweltbedingungen in Braunschweig. Außerdem sollen Klimaschutz und Klimaanpassung gestärkt werden.

Ein klimagerechtes Braunschweig umfasst die Bausteine Stadtklima und Luftreinhaltung (vgl. [Stadtklimaanalyse 2018](#)), die sich auf die Gegenwart beziehen, sowie die auf die zukünftigen Veränderungen gerichteten Bausteine Klimaschutz und Klimafolgenanpassung. Zwischen diesen Bereichen gibt es sowohl viele Überschneidungen und Synergien (bspw. spart eine Wärmedämmung Energie und schützt vor Hitze), als auch einzelne Widersprüche und Zielkonflikte (z.B. Einsatz von Klimaanlagen zum Schutz vor Hitze erhöht Stromverbrauch). Die Synergien zwischen Klimaanpassung und Klimaschutz sollten genutzt werden. Dies kann z.B. durch die Verbesserung (qualitativ) und Verstärkung (quantitativ) von blau-grüner Infrastruktur im Stadtgebiet Braunschweigs geschehen ([Integriertes Klimaschutzkonzept \(IKSK\) 2.0](#), S. 95 f.).



Abbildung 3: Rahmenprojekt „Klimagerechtes Braunschweig“ und seine Bausteine

Mit der Fortschreibung des vorhandenen Braunschweiger Klimaschutzkonzepts zum Integrierten **Klimaschutzkonzept 2.0** (IKSK von 2022) hat sich Braunschweig das ambitionierte Ziel gesetzt, möglichst bis 2030 Treibhausgasneutralität zu erreichen. In einem breiten Beteiligungsprozess wurden für 6 Handlungsbereiche insgesamt 38 konkrete Klimaschutz-Maßnahmen ausgearbeitet, wovon 19 Maßnahmen wie z. B. eine klimagerechte Baulandentwicklung und die Stärkung des ÖPNV prioritär bearbeitet und umgesetzt werden sollen.

Mit dem ISEK wurde zudem die Erstellung einer Braunschweiger **Klimaanpassungsstrategie** beschlossen (Maßnahme R.20.2.1). Als wichtige strategisch-planerische Grundlagen zur Identifikation von Risiken können dabei die Stadtklimaanalyse (2018) und die [Starkregengefahrenkarten](#) (2021) herangezogen werden. Während die [Stadtklimaanalyse](#) (s. auch [Kap. 3.2](#)) wichtige Hinweise zu städtischen Hitzeinseln und Kaltluftentstehungsgebieten gibt, zeigen die Starkregengefahrenkarten (s. auch [Kap. 3.4](#) und [5.2.3](#)) gefährdete Bereiche auf und geben erste Einschätzungen zu Überflutungsrisiken durch Starkregenereignisse (pluviale Überflutungen). Das [Hochwasserschutzkonzept](#) der Stadt (2019) informiert zu den Gefahren sowie möglichen Schutzmaßnahmen bei Flusshochwässern (fluviale Überflutungen, s. auch [Kap. 5.2.2](#)). Auf dieser Basis können z. B. Eigentümer:innen bestehende Gefahren und Risiken besser einschätzen und notwendige Handlungsschritte zur Eigenvorsorge vornehmen.

Ein bereits vorhandenes, stadtplanerisch wichtiges Instrument zur vorausschauenden Berücksichtigung der Belange der Klimaanpassung stellt die „**Leitlinie klimagerechte Bauleitplanung**“ dar. Die Leitlinie definiert neben den Belangen des Klimaschutzes auch die Notwendigkeit der „Vorsorge gegenüber den Folgen des Klimawandels“ als grundlegendes Prinzip der Bauleitplanung in Braunschweig. Durch klimagerechte Planung sollen Beeinträchtigungen der Bevölkerung durch Hitze, Trockenheit und Starkregen reduziert werden. Dazu werden Empfehlungen zum Erhalt von Frisch- und Kaltluftentstehungsgebieten sowie Luftaustauschbahnen, zur Verbesserung des kleinräumigen Lokal- oder Mikroklimas, zur Schaffung von Klimakomforträumen bzw. Klimaoasen sowie zur Vorsorge vor Überflutungsereignissen gegeben (Stadt Braunschweig 2019a).

Ebenso finden Belange der Klimaanpassung zunehmend Eingang in die städtebaulichen Förderkriterien und werden bei städtischen Sanierungsvorhaben entsprechend planerisch berücksichtigt. Um unter der 1,5 °C-Grenze zu bleiben, sind wesentliche gesellschaftliche und wirtschaftli-

1. Einleitung

1.4 Chancen einer Klimagerechten Stadt – die Vision und vermeidbare Kosten

che Veränderungen notwendig. Damit die Kosten und Risiken des Klimawandels insgesamt verringert werden können, ist daher eine Mischung aus ehrgeizigen Klimaschutzzielen, wie sie in Braunschweig mit dem Klimaschutzkonzept 2.0 beschlossen wurden, und nachhaltigen Anpassungsmaßnahmen notwendig (Brasseur et al. 2017).

1.4 Chancen einer klimagerechten Stadt – die Vision und vermeidbare Kosten

Jeder Veränderungsprozess beginnt mit einer Vorstellung oder einer Vision von einem guten Zielzustand. Einige mögliche Aspekte eines klimagerechten Braunschweigs werden im Folgenden in Anlehnung an die Ergebnisse der durchgeführten Online-Umfrage (s. Anhang I) skizziert:

„Wie sieht ein resilientes, klimaangepasstes Braunschweig aus?“

Alle Bewohner:innen der klimagerechten Stadt finden in ihrem Wohnumfeld fußläufig gut erreichbare Grünflächen und urbane Gärten, die im Sommer tagsüber Schatten spenden und nachts die Umgebung kühlen. Die Grünflächen schaffen Freiräume für Erholung, soziales Miteinander sowie generationenübergreifende Begegnung und fördern so den gesellschaftlichen Zusammenhalt. Die stark versiegelten Straßenräume sind mit einer vielgestaltigen und artenreichen grünen Infrastruktur (Bäume, Sträucher, Fassadengrün) zur Beschattung und Kühlung ausgestattet. Die Pflanzen und Bäume können über unterirdische Speicher mit aufgefangenem Niederschlagswasser versorgt werden.

In der klimagerechten Stadt sind die Wege des Alltags in der Regel kurz und können angenehm und sicher zu Fuß, mit dem Rad den öffentlichen Verkehrsmitteln bewältigt werden. Durch Reduktion und Elektrifizierung des motorisierten Individualverkehrs sinken Lärm- und Luftbelastungen in der Stadt. Das fördert die Gesundheit der Menschen und erhöht die Sicherheit im Straßenraum. Grünflächen werden multifunktional genutzt, sodass dort überschüssiges Regenwasser zurückgehalten werden kann bzw. versickern oder verdunsten kann. Dies trägt in Hitzeperioden zur Kühlung sowie zur Verbesserung der stadtklimatischen Situation bei. Im Bereich stark frequentierter Plätze oder in Parks erhöhen Wasserspiele die Attraktivität und die Aufenthaltsqualität. Menschen jeden Alters können an diesen Orten verweilen und Abkühlung finden. Viele Dachflächen und Fassaden im Stadtraum sind begrünt sowie mit Photovoltaik-Anlagen zur Energieerzeugung ausgestattet. Auch Parkplätze und Radwege sind mit aufgeständerten PV-Anlagen überdacht wodurch eine Synergie zwischen Klimaschutz (Stromerzeugung) und Klimaanpassung (Beschattung und Witterungsschutz) im Stadtraum offensichtlich wird. Wärmegeämmte Gebäude sparen Energie ein und bewahren auch in extremen Wetterlagen ein angenehmes Innenraumklima. Die Stadt ist insgesamt grüner, blauer, schattiger und heller (u.a. BMUB 2017, UBA 2017).

The word cloud features the following terms in various colors and sizes:

- Hitze-/Kältekonzepte (blue)
- Wassermengenmanagement (green)
- Flächenentsiegelung (yellow)
- Mobilitätswende (red)
- Stadtgrün (blue)
- Energie-/Wärmewende (red)
- Nachhaltigkeitsmanagement (small blue text above 'Mobilitätswende')
- Renaturierung (small green text above 'Mobilitätswende')
- Information und Beteiligung (small orange text above 'Stadtgrün')

Abbildung 4: Umfrageergebnisse aus 2023: Ideen für ein klimaangepasstes Braunschweig im Jahr 2040 (je häufiger die Themenbereiche von den Befragten erwähnt wurden, desto größer der Schriftzug in der Abbildung z. B. „Stadtgrün“ mit ca. 1100 Nennungen; „Mobilitätswende“ mit ca. 940 Nennungen oder „Flächenentsiegelung“ mit ca. 530 Nennungen; eigene Darstellung, s. auch Anhang I)

„Aber ist das nicht alles unheimlich aufwendig und kostspielig?“

Diese oder ähnliche Fragen werden meist gestellt, wenn es an die konkretere Planung und Umsetzung von Maßnahmen geht, die einer klimagerechten Stadt entsprechen. Das Projekt „Kosten durch Klimawandelfolgen in Deutschland“ (2023 abgeschlossen) fragt aus einer anderen Perspektive:

„Was kostet es, wenn wir keine Anpassungsmaßnahmen an die Folgen des Klimawandels ergreifen?“

Das Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW), Prognos und die Gesellschaft für wirtschaftliche Strukturforchung (GWS) konnten im Projektkontext feststellen, dass in Deutschland im Zeitraum von 2000-2021 durch Wetterextreme mindestens 145 Mrd. Euro an Schäden entstanden sind. 80 Mrd. Euro fielen allein im Zeitraum 2018-2022 an. Mittels einer modellbasierten Szenario-Analyse wurden zudem die auf Deutschland zukommenden möglichen ökonomischen Folgen des Klimawandels dargestellt. Demnach ist für den Zeitraum von 2022 bis 2050 je nach unterstelltem Klimaszenario mit volkswirtschaftlichen Folgekosten zwischen 280 bis 900 Mrd. Euro zu rechnen. Bei diesen beträchtlichen Kosten sind Schäden, die schwer in Wert zu setzen sind, wie Verluste an Biodiversität (s. Glossar) oder wenig sichtbare Kosten, wie sie beispielsweise in Folge von Dürre und Hitze auftreten, noch gar nicht erfasst. Daher bleiben bei der Kalkulation der Schäden blinde Flecken bestehen, sodass die gesamte Schadenssumme noch wesentlich höher ausfallen dürfte. Insgesamt werden nach Wetterextremen vor allem die direkten Schäden wie zerstörte Häuser oder Todesfälle wahrgenommen. Dennoch sind auch indirekte materielle Schäden wie die Auswirkungen von Klimaeffekten auf Wertschöpfungsketten und Absatzmärkte zu beachten. Hinzu kommen weitere immaterielle Schäden, die zur Verringerung der gesellschaftlichen Wohlfahrt beitragen, wie die Beeinträchtigung von Gesundheit, Wohlbefinden, Lebensqualität oder Biodiversität durch Klimafolgen (s. Abb. 5; BMWK 2023).

1. Einleitung

1.4 Chancen einer klimagerechten Stadt – die Vision und vermeidbare Kosten

	MATERIELL	IMMATERIELL
DIREKT	 <ul style="list-style-type: none"> • Zerstörte Gebäude und Infrastrukturen • Produktionseinbußen wegen Ausfall von Arbeitnehmenden • Ernteaufschläge in der Landwirtschaft • Ertragseinbußen in der Forstwirtschaft • Gesundheitskosten 	 <ul style="list-style-type: none"> • Tote • Gesundheitliche Beeinträchtigungen • Beeinträchtigung des Wohlbefindens • Verlust der heimischen Artenvielfalt • Beeinträchtigung von Ökosystemen
INDIREKT	 <ul style="list-style-type: none"> • Produktionseinbußen wegen Problemen bei Zulieferern • Absatzeinbußen wegen Nachfragerückgang 	 <ul style="list-style-type: none"> • Verlust globaler Artenvielfalt • Beeinträchtigung des Landschaftsbilds • Psychische Belastungen durch Verlust oder Belastung von Angehörigen • Politische Instabilität

Abbildung 5: Kategorien von Klimafolgekosten und Dimensionen möglicher Schäden (BMWK 2023)

Um die Widerstandsfähigkeit von Gesellschaft, Wirtschaft und Ökosystemen zu erhöhen sowie Klimafolgeschäden auf ein Mindestmaß zu reduzieren, sind vorsorgende Anpassungsmaßnahmen im Sinne einer klimagerechten Stadt dringend erforderlich. Aufgrund der nicht exakt vorhersehbaren Auswirkungen des Klimawandels ist eine einfache Kosten-Nutzen-Rechnung in Bezug auf Klimaanpassungsmaßnahmen nicht möglich (BMWK 2023). Als Zukunftsinvestitionen erfüllen Anpassungsmaßnahmen jedoch viele weitere Funktionen. Zum Beispiel im Bereich der Gesundheit, der kommunalen Daseinsvorsorge sowie der Ökosystemdienstleistungen (z. B. Naherholung). Angesichts der sich weiter zuspitzenden Klimakrise und deren Folgen kommen Wettbewerbs- und Standortvorteile hinzu, die den regionalen Wohlstand in sowie die Vorreiterrolle der Stadt fördern. Klimaanpassung kommt den Schutzgütern Gesellschaft, Wirtschaft, Infrastruktur sowie Natur und Ökosystemen zugute.

Für die Umsetzung braucht es zudem eine zukunftsweisende Stadtplanung, die nach dem Prinzip der dreifachen Innenentwicklung Mobilität, Grün- und Freiflächen sowie die bauliche Innenverdichtung gemeinsam entwickelt. Die Versiegelung von Böden sollte dabei weitestgehend begrenzt werden, um Versickerungs- und Verdunstungsflächen bereitzustellen. Im Zuge der fortschreitenden Mobilitätswende besteht das Potenzial, über die Nutzung des bestehenden Straßenraum neu nachzudenken, Aspekte einer klimagerechten Stadt mitzudenken und die Verteilung im Sinne der Umweltgerechtigkeit für alle Nutzer:innengruppen gerecht auszugestalten. Denn Wandel gelingt nur durch gemeinsame Aushandlungsprozesse und setzt eine Gesellschaft voraus, die miteinander im Dialog steht (UBA 2022b, BMUB 2016).

Die Braunschweiger Stadtgesellschaft hat die Chance, sich und die städtischen Infrastrukturen vorausschauend und zielorientiert an veränderte Klima- und Lebensbedingungen (s. [Kap. 3](#)) anzupassen und langfristig ein lebenswertes sowie klimagerechtes Umfeld zu gestalten. Eine integrierte Anpassungsstrategie auf kommunaler Ebene ist ein erster richtungsweisender Schritt in Richtung klimaresilienter Stadtentwicklung. Welche Anpassungsmaßnahmen für Braunschweig am vielversprechendsten sind, wird in einem Maßnahmenportfolio zusammengefasst und Ergebnis der zweiten COABS-Projektphase sein.

2. Strategien zur Klimaanpassung

Ines Bruchmann und Lotta Becker

Strategien zur Klimaanpassung haben vielfältige Funktionen. Kommunen gelten als Schlüsselakteure bei der Entwicklung von Anpassungsmaßnahmen, da sie u.a. viele Aufgaben der Daseinsvorsorge tragen, Kontakt zu lokalen Akteuren und Initiativen haben sowie die Eigenvorsorge der Bürger:innen aktiv unterstützen können (UBA 2022a). Auf kommunaler Ebene dienen Strategien zur Klimaanpassung vor allem als Rahmen und roter Faden für eine strategische Anpassung. Sie bieten Orientierung für das Ableiten von maßgeschneiderten Maßnahmen, die der lokalen Betroffenheit etwas entgegensetzen können. Außerdem helfen sie, die Wirksamkeit einzelner Maßnahmen zu eruieren, sodass die wirksamsten Maßnahmen priorisiert werden können. Nicht zuletzt können in einer Strategie Ziele festgelegt und der Ergebnisfortschritt bzw. der Zielerreichungsgrad evaluiert werden. Dadurch können Maßnahmen und Umsetzungsinstrumente verbessert und justiert werden. In Anbetracht sich dynamisch verändernder Rahmenbedingungen müssen Strategien in regelmäßigen Abständen fortgeschrieben werden.

Kommunale Klimaanpassungsstrategien bieten Orientierung. Mit maßgeschneiderten Maßnahmen wird der lokalen Betroffenheit begegnet. Die Maßnahmenumsetzung wird evaluiert. Der Ergebnisfortschritt wird dokumentiert, wodurch eine zielgerichtete Nachsteuerung möglich ist.

Das Themenfeld der Klimaanpassung ist letztlich nicht neu und keine Kommune fängt ganz von vorne an. Viele klimaanpassungsrelevante Aspekte wie z.B. die kühlende und sozialfördernde Wirkung des Stadtgrüns, der Zusammenhang von städtischen Wärmeinseln und Hitzevorsorge oder die Überflutungsvorsorge werden von den Kommunen bereits seit Jahren erfolgreich und routiniert bearbeitet. Neu ist, dass all diese bisher sektoral veranlassten Anstrengungen nun in der gemeinsamen Perspektive der Klimaanpassung gebündelt werden können und so mittels integrierter, ressortübergreifender Zusammenarbeit eine umsetzungsfähige Strategie zur Anpassung an den Klimawandel entsteht.

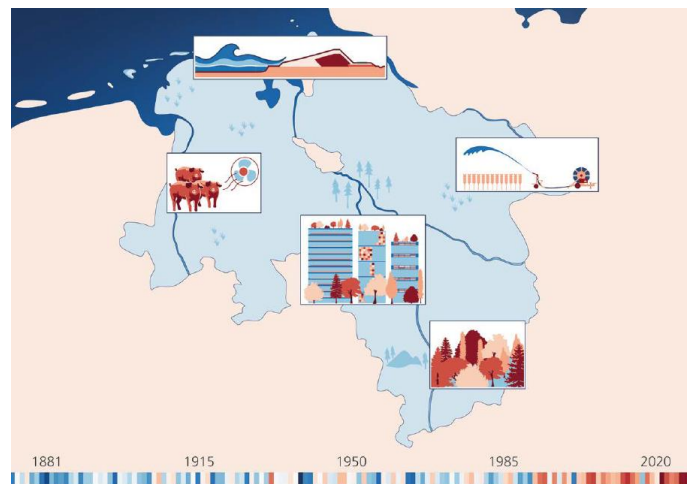
Auf Bundes- und Landesebene gibt es bereits verschiedene Strategien und Rahmenkonzepte, an denen sich der Braunschweiger Prozess zur Erstellung einer Anpassungsstrategie sinnvollerweise orientiert. Diese werden im Folgenden kurz vorgestellt.

2.1 Strategien in Deutschland

Im Dezember 2008 wurde die „Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel“, kurz DAS, durch die Bundesregierung beschlossen und veröffentlicht. Sie schafft einen Rahmen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels. Seitdem wurden zwei Fortschrittsberichte veröffentlicht, der letzte im Jahr 2020. In Aktionsplänen zur Anpassung (APA, zuletzt 2020) wird gezeigt, wie die in der Deutschen Anpassungsstrategie genannten Ziele und Handlungsoptionen mit spezifischen Maßnahmen auf Bundesebene umgesetzt werden sollen. Es erscheinen regelmäßig Monitoring-Berichte zur DAS (zuletzt 2023), die ein Gesamtbild der Folgen des Klimawandels abbilden. Eine weitere Fortschreibung der DAS ist vorgesehen (voraussichtlich bis 2025). Mit Hilfe von Klimawirkungs- und Risikoanalysen (zuletzt 2021) werden die Klimarisiken in Deutschland identifiziert und konkrete Handlungsfelder definiert (BMUV 2023). Seit 2021 gibt es eine Norm zur „Anpassung an den Klimawandel – Vulnerabilität, Auswirkungen und Risikobewertungen“ (DIN EN ISO 14091). Im Dezember 2023 wurde das erste Bundes-Klimaanpassungsgesetz (KANg) im Bundesgesetzblatt veröffentlicht, das Mitte 2024 in Kraft treten wird.

2.2 Strategien in Niedersachsen

Seit 2021 hat Niedersachsen eine bundeslandweite „Strategie zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels“ verabschiedet (s. Abb. 6). In dieser werden 17 Handlungsfelder identifiziert, Auswirkungen des Klimawandels auf diese erläutert sowie dargestellt, welche Anpassungsmaßnahmen notwendig sind. Die Strategie basiert auf der „Empfehlung für eine niedersächsische Strategie zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels“ aus dem Jahr 2012 und wird in Zukunft laut Niedersächsischem Gesetz zur Förderung des Klimaschutzes und zur Minderung der Folgen des Klimawandels (NKlimaG) alle fünf Jahre fortgeschrieben. Ein Monitoringbericht zu Klimafolgen wurde Ende 2023 veröffentlicht. Im NKlimaG ist festgeschrieben, dass eine bundeslandweite Anpassungsstrategie beschlossen wird, die die Auswirkungen sowie Folgen des Klimawandels beschreibt und Maßnahmen zur Anpassung darstellt (NKlimaG §6 Abs. 1 und 2). Außerdem wird die Einrichtung eines Klimakompetenzzentrums festgelegt. Dieses übt u.a. eine beratende Funktion aus, erstellt Klimaprojektionen für Niedersachsen und seine Teilräume, stellt klimatologische Daten zur Verfügung und unterhält Indikatoren- und Monitoringsysteme (NKlimaG §14). Seit 2021 ist das Niedersächsische Kompetenzzentrum Klimawandel (NIKO) mit Sitz in Hannover eingerichtet.



Niedersächsische Strategie zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels 2021

Abbildung 6: Niedersächsische Strategie zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels (MU 2022a)

2.3 Strategien in der Region



Auch der Regionalverband Großraum Braunschweig hat für sein Zuständigkeitsgebiet, welches die kreisfreien Städte Braunschweig, Salzgitter und Wolfsburg sowie die Landkreise Gifhorn, Goslar, Helmstedt, Peine und Wolfenbüttel umfasst, die wesentlichen Handlungsfelder zur Klimaanpassung im Gebiet beschrieben (RGB 2019, S.45). Für diese Handlungsfelder wurde im Projekt „REKLIBS - Regionale Klimaanalyse für den Großraum Braunschweig“ eine Betroffenheitsanalyse durchgeführt, um Klimawirkungen, die im regionalen Kontext besonders wichtig sind, zu identifizieren (RGB 2019, S.10). Insgesamt wurden 20 prioritäre Klimawirkungen in den sechs Handlungsfeldern identifiziert. Diese prioritären Klimawirkungen sind überwiegend deckungsgleich mit den in der Niedersächsischen Anpassungsstrategie identifizierten Handlungsfeldern (MU 2022a)

Basierend auf der Niedersächsischen Anpassungsstrategie und den REKLIBS-Projektergebnissen sowie der Bedeutung der Klimawirkungen in Braunschweig wurden für die Braunschweiger Klimaanpassungsstrategie drei Handlungsfelder abgeleitet. Diese bilden die Handlungsschwerpunkte ab, in denen nach fachlichen Einschätzungen die bedeutendsten Klimafolgen zu erwarten sind und die zudem im Handlungs- und Vorsorgebereich einer Stadt liegen. Bereiche mit hauptsächlicher Zuständigkeit und Verantwortlichkeit im Bereich der Wirtschaft, sowie anderen privaten Akteuren werden hierbei ausgeklammert, um die vorrangig kommunalen Aufgaben in ausreichender Tiefe analysieren zu können.

Die für die Stadt Braunschweig prioritär anzusehenden Klimafolgen und Klimarisiken werden in den Bereichen „Wassermengenmanagement & Bodenwasserhaushalt“, „Naturschutz & Biodiversität“, sowie „Mensch & Gesundheit“ erwartet. Bei der Konzeption der Anpassungsmaßnahmen sollten vulnerable Gruppen besondere Beachtung finden, um der sozialen Gerechtigkeit Sorge zu tragen.

3. Klimaänderungen in Braunschweig

Stephan Weber, Lars Gerling und Paula Hainz



In diesem Kapitel werden im Sinne einer Bestandsaufnahme bisherige Klimawandelauswirkungen sowie zukünftige Einflüsse des Klimawandels auf die Stadt Braunschweig näher betrachtet. Die untenstehende Box fasst die zu erwartenden Klimaänderungen für die Stadt Braunschweig in aller Kürze zusammen.



Die Lufttemperatur steigt, es treten häufigere und intensivere Hitzeereignisse auf. Gleichzeitig nehmen die Frost- und Eistage ab.



Der Jahresniederschlag nimmt ohne Klimaschutz leicht zu. Die Winter werden feuchter, die Sommer trockener. Die Verdunstung nimmt mit der Temperaturentwicklung zu. In der klimatischen Wasserbilanz übersteigt die Verdunstung den Jahresniederschlag.



Zu Extremereignissen wie Starkregen und Stürmen lässt sich bisher in Messung und Modellierung keine eindeutige Aussage treffen. Es ist aber anzunehmen, dass das Potenzial für diese Ereignisse steigen wird.

3.1 Klimabeobachtungen und zukünftiger Klimawandel

Bisherige Veränderungen des Klimawandels lassen sich mit Hilfe von langen Zeitreihen meteorologischer Messgrößen (z. B. der Lufttemperatur) nachvollziehen. Der Deutsche Wetterdienst (DWD) betreibt in Braunschweig eine Messstation, deren Messdaten und daraus abgeleitete Kennzahlen (z. B. Anzahl an Sommertagen) über das Climate Data Center (CDC) verfügbar sind (DWD, CDC 2023). Seit 1961 befindet sich die Station auf dem Gelände der Bundesforschungsanstalten zwischen Kanzlerfeld und Völkenrode (Stations-ID: 00662). Ältere Stationen befanden sich in Gliesmarode auf dem Gelände des Julius-Kühn-Instituts (1948-1960) und am heutigen botanischen Garten der TU Braunschweig (1881-1953).

Zukünftige Veränderungen des Klimas basieren auf den repräsentativen Konzentrationspfaden („representative concentration paths“, RCP) des IPCC. Hierbei handelt es sich um Szenarien über die Entwicklung der Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre. Sie dienen als Grundlage zur Vorhersage von mittel- und langfristigen Klimaveränderungen und deren weiteren Auswirkungen. In diesem Bericht werden die Szenarien für die nahe (2021-2050) sowie für die ferne Zukunft (2071-2100) betrachtet.

Für Niedersachsen gibt es über das Niedersächsische Klimainformationssystem (NIKLIS) räumlich aufgelöste (5 km x 5 km) Vorhersagen zu Veränderungen von Lufttemperatur, Niederschlag und Wasserhaushalt (MU 2023). Die Vorhersagen basieren auf den Szenarien RCP2.6 (starker Klimaschutz) und RCP8.5 (kein Klimaschutz). Außerdem werden deutschlandweite Vorhersagen im Deutschen Klimaatlas des DWD präsentiert (DWD o.J.).

3.2 Temperaturzunahmen und Hitze

Vor allem ab der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts konnte in Braunschweig eine Zunahme der Lufttemperatur beobachtet werden (s. Abb. 7). In Deutschland wurden die zehn wärmsten Jahre seit 1881 alle in den letzten 30 Jahren gemessen, sechs davon seit 2010 (DWD 2023). Während für die Klimareferenzperiode 1961-1990 an der DWD-Station in Braunschweig eine durchschnittliche Lufttemperatur von 8,9 °C gemessen wurde, lag diese im Zeitraum 1991-2020 bei 9,9 °C (d.h. ein Anstieg um 1,0 °C). Der Anstieg war dabei in den Herbstmonaten (September, Oktober, November) mit 0,6 °C geringer als während der übrigen Jahreszeiten (jeweils ein Anstieg um 1,3 °C).

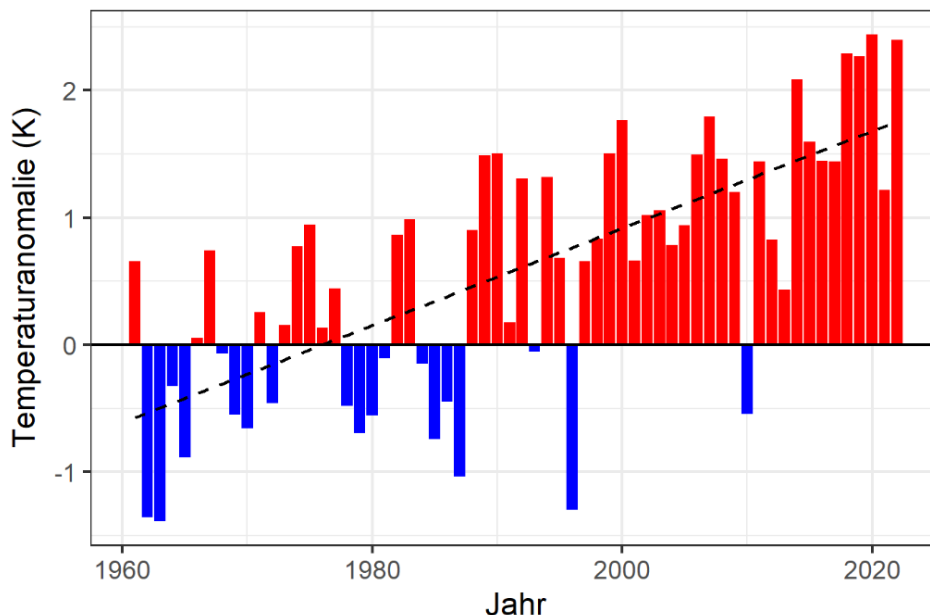


Abbildung 7: Jährliche Temperaturanomalie (1961-2022) zur mittleren Lufttemperatur der Klimareferenzperiode 1961-1990 (8,8 °C) an der DWD-Station in Braunschweig

3. Klimaänderungen in Braunschweig 3.2 Temperaturzunahmen und Hitze

Mit dem Anstieg der mittleren Lufttemperaturen stieg auch die Anzahl der meteorologischen Sommer- und heißen Tage (s. Tab. 1), während die Anzahl der Frost- und der Eistage abnahm (s. Abb. 8).

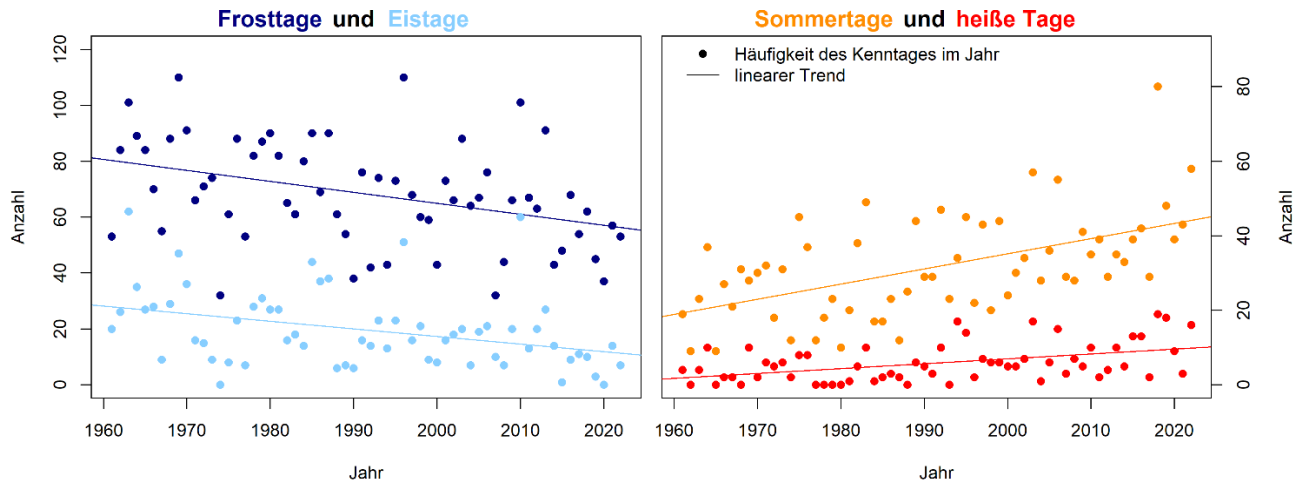


Abbildung 8: Anzahl der meteorologischen Kenntage an der DWD-Station in Braunschweig pro Jahr (a: Frosttage und Eistage; b: Sommertage und heiße Tage) für 1961-2022. Die eingezeichneten Geraden zeigen den linearen Trend über die Zeit an

Tabelle 1: Übersicht der meteorologischen Kenntage

Heißer Tag	Tag mit maximaler Temperatur $\geq 30\text{ °C}$
Sommertag	Tag mit maximaler Temperatur $\geq 25\text{ °C}$
Tropennacht	Nacht mit min. Temperatur $\geq 20\text{ °C}$
Frosttag	Tag mit Temperatur $< 0\text{ °C}$
Eistag	Tag mit maximaler Temperatur $< 0\text{ °C}$

Durch den städtischen Wärmeineffekt können die Lufttemperaturen in der Innenstadt gegenüber dem Umland erhöht sein (Henninger und Weber 2020), wodurch die Hitzebelastung für die Stadtbevölkerung größer ist als im Umland. Messungen des Instituts für Geoökologie der TU Braunschweig zeigen, dass die maximale Temperaturdifferenz zwischen Stadt und Umland in Braunschweig bis zu 7 °C sowie im Durchschnitt mehrerer Jahre bis zu 4 °C betragen kann (Kuttler und Weber 2023). Der Effekt ist besonders stark am späten Abend von Tagen mit besonders hoher Sonneneinstrahlung und geringer Windgeschwindigkeit ausgeprägt. Entsprechend kann eine höhere Anzahl an Sommertagen und heißen Tagen, sowie eine geringere Anzahl an Frost- und Eistagen in der Innenstadt festgestellt werden (s. Abb. 9).

3. Klimaänderungen in Braunschweig
3.2 Temperaturzunahmen und Hitze

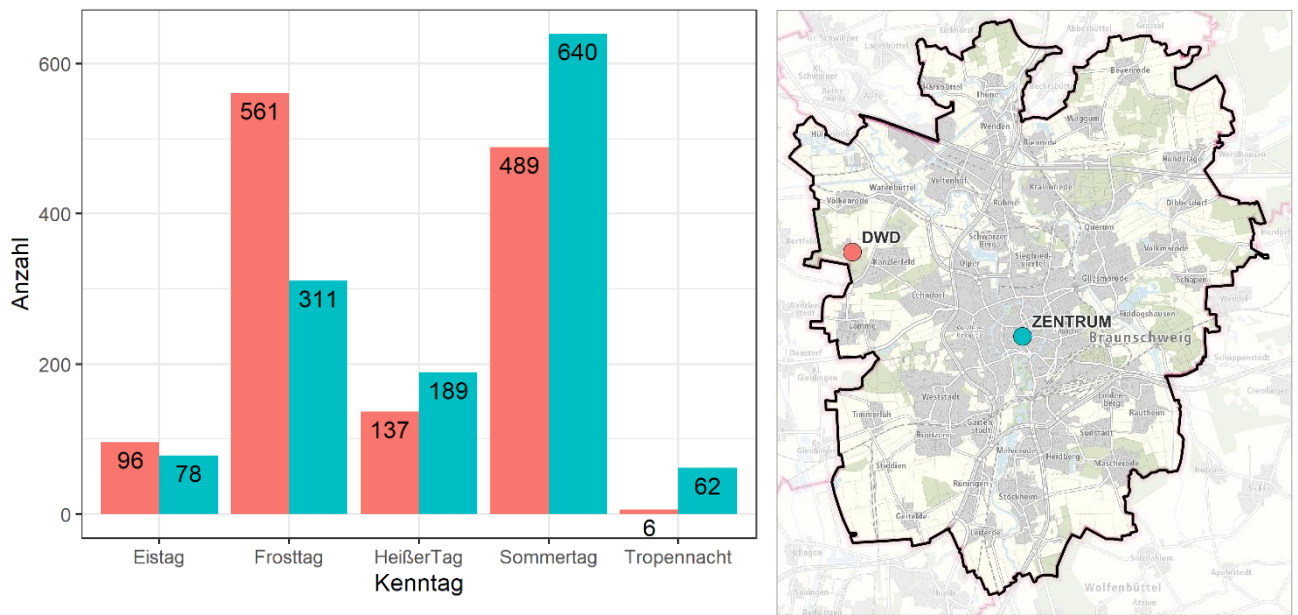


Abbildung 9: Anzahl der meteorologischen Kenntage an den Stationen DWD (an der offiziellen DWD-Messtation auf dem Gelände der Forschungsanstalten zwischen Kanzlerfeld und Völkenrode) und ZENTRUM (Münzstraße) des Lufttemperaturmessnetzes des Instituts für Geoökologie, AG Klimatologie und Umweltmeteorologie, für den Zeitraum 2012-2021

Für Braunschweig wird nach dem Niedersächsischen Klimainformationssystem (NIKLIS) von einer mittleren Temperaturzunahme bis zum Ende des Jahrhunderts von durchschnittlich 1,0 °C im Falle von einem starken Klimaschutz (RCP2.6-Szenario) bzw. 3,6 °C ohne Klimaschutz (RCP8.5-Szenario) ausgegangen (s. Tab. 2).

Tabelle 2: Projizierte Temperaturveränderung bis zur Mitte bzw. zum Ende des 21. Jahrhunderts für die beiden Szenarien RCP2.6 und RCP8.5 (Daten von NIKLIS). Min, Mittel und Max geben das Minimum, das arithmetische Mittel und das Maximum des Modellensembles AR5-NI v2.1 an.

Projizierte Temperaturveränderung (° C) Zeitraum	RCP2.6 („Klimaschutz“)			RCP8.5 („kein Klimaschutz“)		
	Min	Mittel	Max	Min	Mittel	Max
2021-2050 zu 1971-2000	0,7	1,0	1,4	0,7	1,4	2,3
2071-2100 zu 1971-2000	0,6	1,0	1,5	2,6	3,6	5,0

Auf Basis der angenommenen Temperaturzunahme können mit Hilfe der Stadtklimaanalyse für Braunschweig (GEO-NET 2018) Aussagen zur zukünftigen Wärmebelastung getroffen werden. Mit Hilfe des Stadtklimamodells FITNAH 3D wurde für das RCP8.5-Szenario ein Sommertag im Jahr 2050 modelliert und die thermische Belastung am Tag mit Hilfe der physiologischen Äquivalenttemperatur (PET) sowie die thermische Situation in der Nacht (anhand von Lufttemperatur, Kaltluftströmungsfeld und Kaltluftvolumenstrom) bestimmt (s. Abb. 10).

Die Analyse zeigt, dass im Zuge des Szenarios „kein Klimaschutz“ die Hitzebelastung in der ganzen Stadt zunehmen und in weiten Teilen der bebauten, stark versiegelten Stadtteile eine extreme Hitzebelastung vorherrschen wird. Um die Erkenntnisse aus der Analyse auch in Planungsprozessen berücksichtigen zu können, wurden zudem Planungshinweiskarten erstellt. Weitere Karten und vertiefende Informationen zur Stadtklimaanalyse sind hier zu finden: www.braunschweig.de/stadtklima.

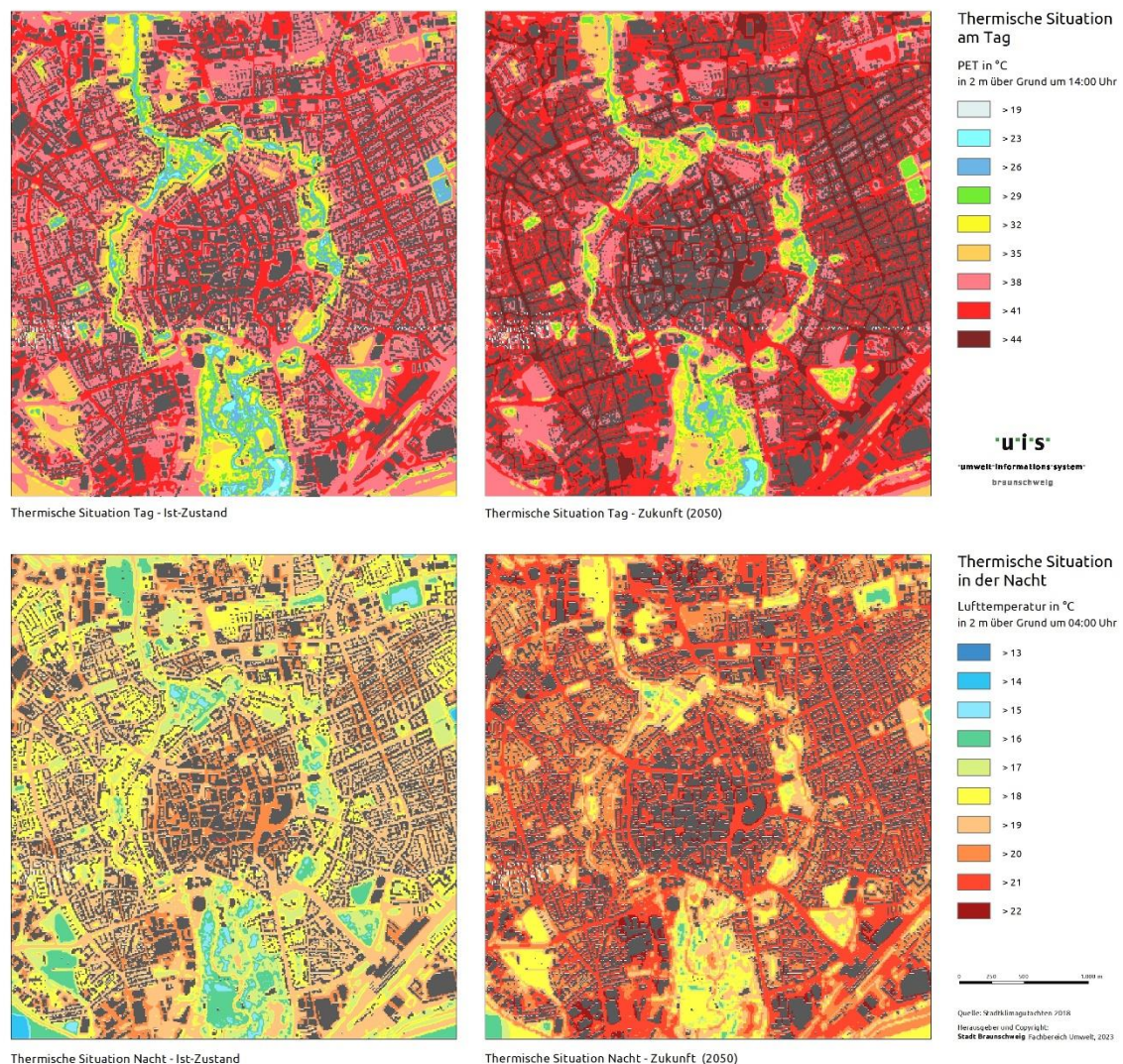


Abbildung 10: Thermische Situation: Ist-Zustand (2018) und Zukunft (2050) für Tag und Nacht (Zukunftsrechnung 2050 unter Annahme des RCP8.5-Szenarios „kein Klimaschutz“)



Die **Physiologische Äquivalenttemperatur (PET)** ist ein thermischer Index zur Kennzeichnung der Wärmebelastung des Menschen. Dieser wird u.a. aus Aussagen zu Lufttemperatur, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit sowie Strahlungseinflüssen abgeleitet. Eine optimale Behaglichkeit stellt sich für einen ruhig sitzenden Menschen bei 20 °C ein. PET-Werte > 35 °C werden als starke Hitzebelastung empfunden, PET-Werte > 41 °C als extreme Hitzebelastung (GEO-NET, 2018).

Verschärft wird die Hitzebelastung für Anwohner:innen durch das Auftreten von Hitzewellen. Zwar gibt es keine einheitliche wissenschaftliche Definition, im Allgemeinen wird darunter allerdings ein Zeitraum von mehreren Tagen verstanden, an denen die Lufttemperatur außergewöhnlich hoch ist (d.h. festgelegte statistische Kennwerte überschritten werden). Seit 2000 traten verstärkt Hitzewellen auf (Sulikowska und Wypych, 2021). Die exakte Vorhersage von Hitzewellen ist mit großen Unsicherheiten verbunden (Rousi et al. 2021), generell wird allerdings von einer Zunahme der Anzahl von Hitzewellen und deren Intensität ausgegangen (Guerreiro et al. 2018). Anhand der DWD-Daten ist nachvollziehbar, dass gerade seit dem Jahr 2000 häufiger

3. Klimaänderungen in Braunschweig
3.2 Temperaturzunahmen und Hitze

Hitzewellen (hier angegeben als mindestens vier aufeinander folgende Tage mit einer Höchsttemperatur von mindestens 30 °C) auftraten (s. Tab. 3, Abb. 11). Weiterhin können Hitzewellen mit Perioden, welche erhöhte UV-Einstrahlung und erhöhte bodennahe Ozonkonzentrationen (Hertig 2019) sowie hohe Feinstaubkonzentrationen aufweisen, zusammenfallen (Mues et al. 2012; vgl. [Kap. 5.3.3](#) und [5.3.4](#)).

Tabelle 3: Hitzewellen in Braunschweig mit mindestens vier aufeinanderfolgenden Tagen, deren Maximaltemperatur über 30 °C liegt, zwischen Januar 1961 und Dezember 2022 (Datengrundlage: CDC tägliche Stationsdaten der Station 00662)

Beginn Hitze- welle	Ende Hitze- welle	Dauer (Tage)	Maximaltempera- tur (°C)
18.07.1972	22.07.1972	5	30,9
06.08.1975	12.08.1975	7	33,2
25.06.1976	28.06.1976	4	32,5
02.06.1982	05.06.1982	4	31,6
22.07.1994	28.07.1994	7	34,6
01.08.2003	05.08.2003	5	31,4
07.08.2003	12.08.2003	6	36,3
18.07.2006	23.07.2006	6	36,5
26.07.2008	29.07.2008	4	33
08.07.2010	12.07.2010	5	35,4
02.07.2015	05.07.2015	4	36,8
24.08.2016	28.08.2016	5	34,6
24.07.2018	28.07.2018	5	34,3
06.08.2018	09.08.2018	4	36,4
23.07.2019	26.07.2019	4	36
25.08.2019	28.08.2019	4	33,2
06.08.2020	12.08.2020	7	34,4

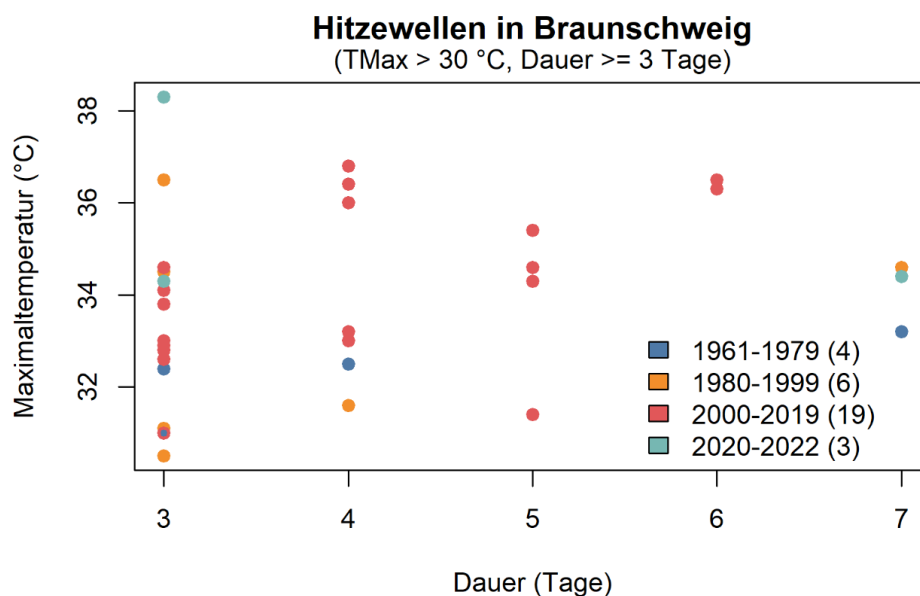


Abbildung 11: Hitzewellen in Braunschweig mit einer Länge von mindestens drei aufeinanderfolgenden Tagen, an denen die Maximaltemperatur mindestens 30 °C betrug. Die farbliche Abstufung grenzt ein, wann die Hitzewellen auftraten.

3.3 Niederschlagsverschiebungen

Im Vergleich zur Lufttemperatur unterliegt der Niederschlag einer stärkeren jährlichen Variabilität, sodass abgeleitete, langfristige Trends größeren Unsicherheiten unterliegen. Eine historische Betrachtung der Niederschlagsmengen in Niedersachsen zeigt eine leichte Zunahme der Niederschlagsmenge (DWD und NLWKN 2018), während der langfristige Trend für Braunschweig hierzu eine leichte Abnahme zeigt (s. Abb. 12). Dies ist vor allem auf eine Abnahme der Sommerniederschläge in Braunschweig zurückzuführen (1931-2022: -31 mm).

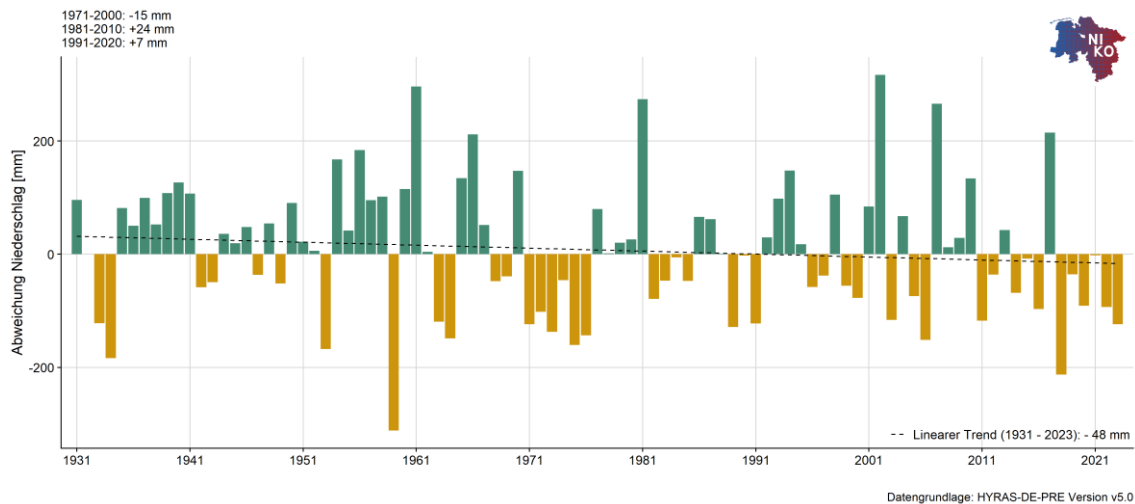


Abbildung 12: Abweichung des Niederschlags in den Kalenderjahren 1931-2022 im Vergleich zum durchschnittlichen Jahresniederschlag im Referenzzeitraum 1961-1990 (612mm) für die Stadt Braunschweig (Abbildung zur Verfügung gestellt vom NIKO)

Die Ergebnisse der Klimaprojektionen zu den mittleren Jahresniederschlagsmengen in Niedersachsen in der Abbildung 13 lassen eine nur geringe Erhöhung der mittleren Jahresniederschlagsmenge im Laufe des 21. Jahrhunderts erkennen, die weniger als 10 % beträgt und im Rahmen einer natürlichen Klimavariabilität bleibt. Besonders stark ausgeprägt sind hierbei die Zunahmen an der Küste und im Hügel- und Bergland (MU 2022a). Für Braunschweig werden in der Jahressumme nur geringe Veränderungen des Niederschlags mit einer Abnahme von < 1 % für das RCP2.6-Szenario bzw. einer Zunahme von etwa 6 % für das RCP8.5-Szenario prognostiziert (s. Tab. 4).

Ein deutlicheres Änderungssignal zeigen die Modellrechnungen hingegen bei der innerjährlichen Verschiebung der Niederschlagsmenge. Demnach werden für das RCP8.5 -Szenario höhere Niederschlagsmengen im Winter (+15,3 % für 2071-2100) prognostiziert. Im Sommer kann die Niederschlagsmenge geringfügig abnehmen (-7,9 %), wobei auch hier das Änderungssignal kleiner als 10 % ist und somit innerhalb der Größenordnung natürlicher Klimavariabilität liegt (MU 2022a). In Braunschweig werden für den Sommer nur geringe Veränderungen in den projizierten Niederschlagssummen angenommen, besonders für das RCP8.5-Szenario wird jedoch eine Zunahme der Niederschlagssumme im Winter vorhergesagt.

3. Klimaänderungen in Braunschweig
3.3 Niederschlagsverschiebungen

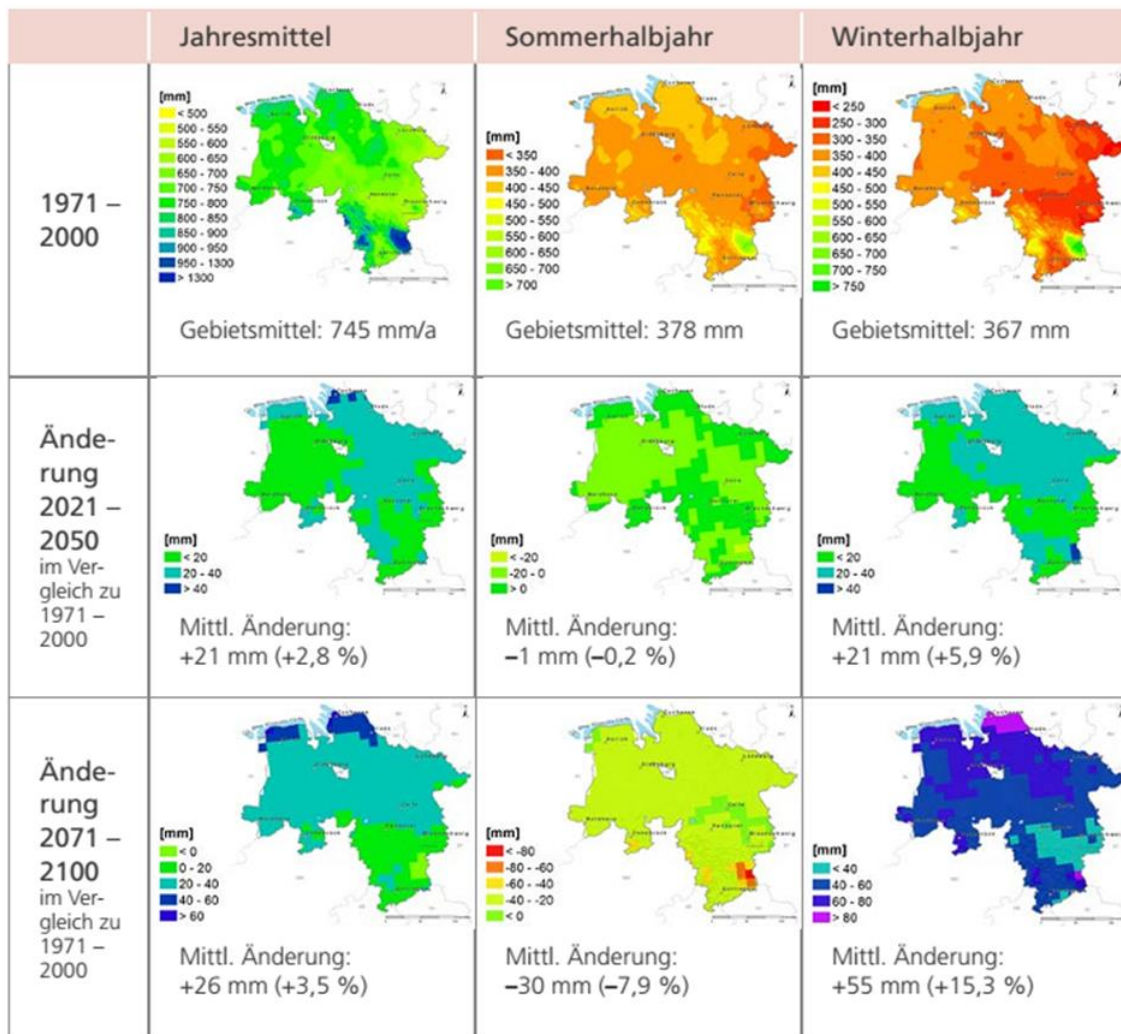


Abbildung 13: Mittlere Jahresniederschlagsmenge in Niedersachsen sowie mittlere Niederschlagssumme für Sommer- (April-September) und Winterhalbjahr (Oktober-März) für den Referenzzeitraum 1971 - 2000. Zudem sind die projizierten mittleren Änderungen der Niederschlagsmengen in der nahen Zukunft 2021 - 2050 und der fernen Zukunft 2071 - 2100 gegenüber dem Referenzzeitraum dargestellt. Die Ergebnisse der Klimaprojektionen basieren auf dem RCP8.5-Szenario des IPCC (Quelle: NLWKN/LBEG 2020; weitere Karten unter: <https://nibis.lbeg.de/cardomap3/?permalink=1pjL8MW9>); (MU 2022a)

Tabelle 4: Projizierte Niederschlagsveränderung für Braunschweig bis zum Ende des 21. Jahrhunderts für die beiden Szenarien RCP2.6 und RCP8.5 (Daten von NIKLIS). Min, Mittel und Max geben das Minimum, das arithmetische Mittel und das Maximum des Modellensembles AR5-NI v2.1 an.

Zeitraum	Ø Niederschlagssumme (mm)	Veränderung Niederschlag 2071-2100 zu 1971-2000 (mm)					
		RCP2.6 („Klimaschutz“)			RCP8.5 („kein Klimaschutz“)		
	Referenz: 1971-2000	Min	Mittel	Max	Min	Mittel	Max
Jahr	599	-46	-2	+47	-21	+33	+90
Winter	134	-16	+5	+18	-2	+19	+41
Sommer	184	-30	-8	+16	-47	-13	+27

3. Klimaänderungen in Braunschweig 3.3 Niederschlagsverschiebungen

Im Zusammenwirken der verringerten Niederschläge in den Sommermonaten und der prognostizierten Temperaturerhöhung, die zu einer stärkeren Verdunstung führt, ist eine weitere sommerliche Austrocknung von Böden und eine im Mittel verminderte Grundwasserbildungsrate, bezogen auf das Sommerhalbjahr, zu erwarten (MU 2019). Dies lässt sich gut im Jahresverlauf der klimatischen Wasserbilanz erkennen, in der vom gefallenen Niederschlag die potenzielle Verdunstung subtrahiert wird, um das „verfügbare Wasser“ zu erhalten (s. Abb. 14). Die Verdunstung ist im Allgemeinen von der Temperatur abhängig, d.h. bei höheren Temperaturen ist auch von einer stärkeren Verdunstung auszugehen.

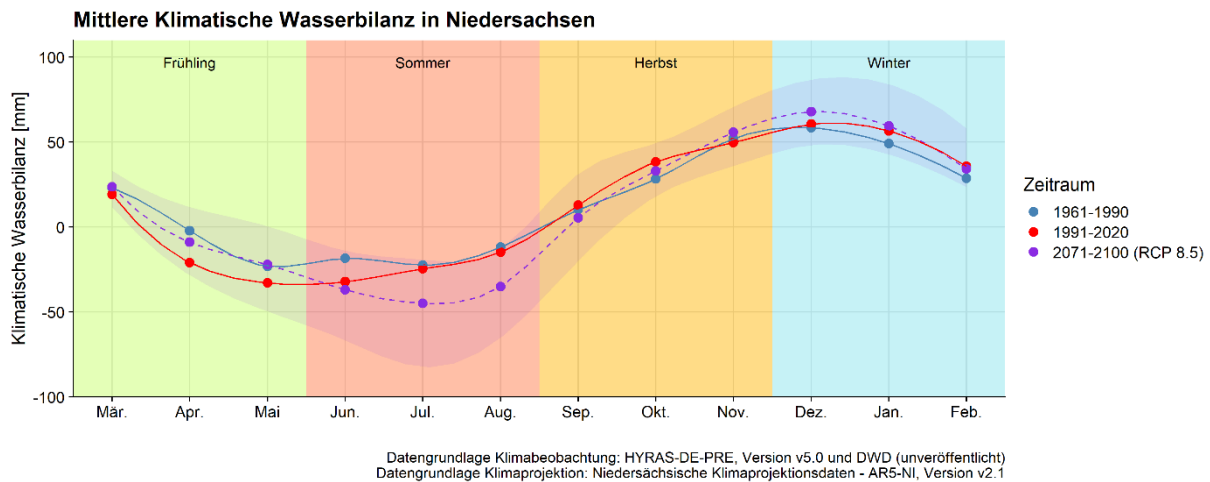


Abbildung 14: Mittlere Klimatische Wasserbilanz in Niedersachsen im Jahresverlauf für zwei Referenzzeiträume (1961-1990 und 1991-2020) und projiziert für 2071-2100 unter einem Szenario mit starkem Klimawandel (RCP 8.5). Negative Werte stehen für Zeiten, in denen die Verdunstung höher ist als der Niederschlag, während positive Werte für mehr Niederschlag als Verdunstung stehen (Abbildung zur Verfügung gestellt vom NIKO).

Bereits in den letzten zehn Jahren konnte eine deutschlandweit durchgängige und großflächige Austrocknung der Böden in der Vegetationsperiode von April bis Oktober beobachtet werden (s. Abb. 15). Die Prognosen der klimatischen Wasserbilanz für Braunschweig bis zum Ende des Jahrhunderts zeigen, dass sich das Potenzial zur Austrocknung der Böden langfristig weiter verstärkt (s. Tab. 5). Gleichzeitig wird unter dem RCP8.5-Szenario von einer Zunahme der Anzahl der Starkregenereignisse mit sechs zusätzlichen Tagen mit Niederschlägen > 10 mm bis zum Ende des Jahrhunderts ausgegangen (RGB 2019; vgl. [Kap. 3.4](#)).

Tabelle 5: Projizierte Veränderung der klimatischen Wasserbilanz (Differenz aus Niederschlag und Verdunstung) für Braunschweig bis zum Ende des 21. Jahrhunderts für die beiden Szenarien RCP2.6 und RCP8.5 (Daten von NIKLIS). Min, Mittel und Max geben das Minimum, das arithmetische Mittel und das Maximum des Modellensembles AR5-NI v2.1 an.

Zeitraum	Ø Wasserbilanz (mm)	Veränderung Wasserbilanz 2071-2100 zu 1971-2000 (mm)					
		RCP2.6 („Klimaschutz“)			RCP8.5 („kein Klimaschutz“)		
	Referenz: 1971-2000	Min	Mittel	Max	Min	Mittel	Max
Jahr	-27	-86	-25	+44	-203	-56	+27
Winter	87	-21	+3	+17	-15	+8	+28
Sommer	-109	-47	-21	+3	-151	-52	-4

3. Klimaänderungen in Braunschweig
3.3 Niederschlagsverschiebungen

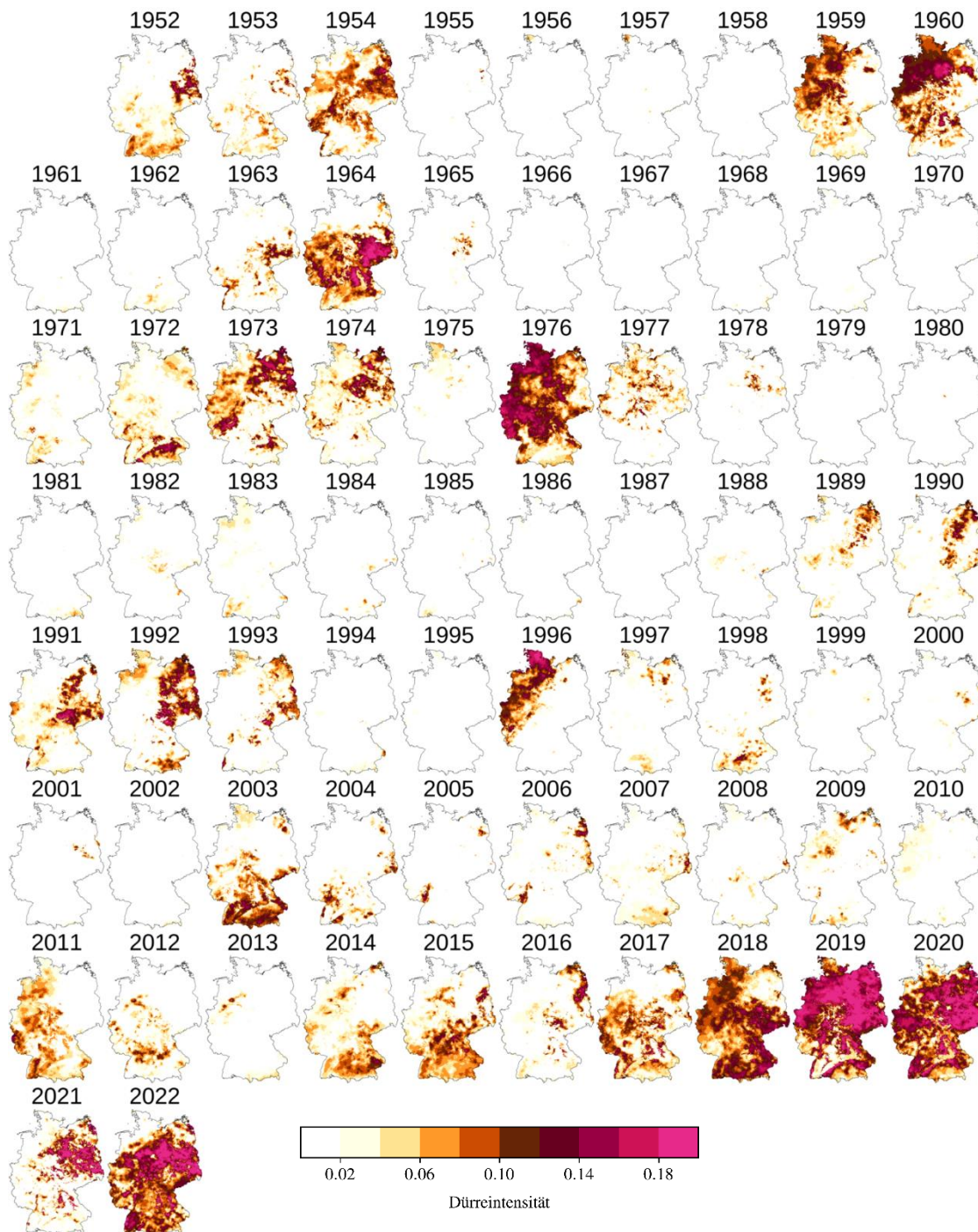


Abbildung 15: Dürreintensitätsindex für den Gesamtboden (0 bis max. 2 m Tiefe) für Deutschland seit 1952 für die Vegetationsperiode von April bis Oktober. Die Zeitreihe basiert auf dem hydrologischen Modell mHM des Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH - UFZ 2023).

3.4 Extreme Wetterereignisse: Starkregen, Dauerregen und Stürme

Bei extremen Starkregenereignissen handelt es sich meistens um kleinräumige und kurzfristig auftretende Niederschläge, die durch das lokale und schnelle Aufsteigen von warmer, feuchter Luft und dem anschließend schnellen Abkühlen im Zuge der Kondensation des in der Luft enthaltenen Wasserdampfes entstehen (Brasseur et al. 2017). Für diesen Prozess ist entscheidend, dass warme Luft viel Wasser in Form von Dampf aufnehmen kann. Bei einer Temperaturerhöhung kann der Wasserdampfgehalt in der Atmosphäre um ca. 7 % ansteigen. Kühlt die Luft ab, kann sie weniger Wasser in Form von Dampf halten, sodass es zur Kondensation des Wassers, zur Bildung von Wolken und zu Niederschlag kommt.



Der Deutsche Wetterdienst unterscheidet zwischen Starkregen (< 6 Stunden) und Dauerregen (12-72 Stunden) zur Meldung von Unwetterwarnungen (s. Tab. 6). Ein Beispiel für ein Dauerregenereignis trat im Dezember 2023 v.a. im Norden von Deutschland auf. Auf bereits stark gesättigte Böden fielen in Niedersachsen (inkl. Bremen und Hamburg) zwischen dem 19.12.23 und dem 05.01.24 im Mittel 154 mm Niederschlag. Das vieljährige Monatsmittel für Dezember und Januar (von 1991 bis 2020) liegt dort hingegen bei lediglich 71 mm Niederschlag (DWD 2024). Auch Braunschweig war von dem erwähnten Dauerregenereignis betroffen, bei dem Niederschlagsmengen von über 130 mm registriert wurden und Überschwemmungen auftraten (Regenschreiberdaten der SE|BS; s. Abb. 16).



Abbildung 16: Überschwemmungen nach Dauerregen im Dezember 2023 in Leiferde an der Fischerbrücke (Malteser Braunschweig 2023)



In Bezug auf Starkregen gab es zwischen 1985 und 2020 in Braunschweig mindestens zehn Ereignisse. Nur eines dieser Ereignisse lag bei einem Starkregenindex (SRI, Erläuterung s. auch [Kap. 5.2.3](#)) von 6 (ca. 56 mm/60min). Als jüngstes Beispiel sei auf das Starkregenereignis am 22.06.2023 in Braunschweig verwiesen, das lokal als extremes Starkregenereignis (SRI 10) eingestuft wurde (s. Kap. 5.2.3). Im Auftrag der Stadtentwässerung Braunschweig wurde das Starkregenereignis durch das Institut für technisch-wissenschaftliche Hydrologie GmbH (itwh) radar-hydrometeorologisch rekonstruiert. Dabei wurde auf Basis von Radar- und Messdaten die Niederschlagsmengen für den Zeitraum zwischen 14 und 21 Uhr, also einen siebenstündigen Zeitraum dargestellt (s. Abb. 17).

3. Klimaänderungen in Braunschweig
 3.4 Extreme Wetterereignisse: Starkregen, Dauerregen und Stürme

Tabelle 6: Warnstufen und Schwellenwerte für Starkregen und Dauerregen des Deutschen Wetterdiensts (Stand 2023)

Warnstufe	Starkregen		Dauerregen	
	Bezeichnung	Schwellenwert	Bezeichnung	Schwellenwert
2	Starkregen	15-25 L m ⁻² in 1 h 20-35 L m ⁻² in 6 h	Dauerregen	25-40 L m ⁻² in 12 h 30-50 L m ⁻² in 24 h 40-60 L m ⁻² in 48 h 60-90 L m ⁻² in 72 h
3	Heftiger Starkregen	25-40 L m ⁻² in 1 h 35-60 L m ⁻² in 6 h	Ergiebiger Dauerregen	40-70 L m ⁻² in 12 h 50-80 L m ⁻² in 24 h 60-90 L m ⁻² in 48 h 90-120 L m ⁻² in 72 h
4	Extrem heftiger Starkregen	> 40 L m ⁻² in 1 h > 60 L m ⁻² in 6 h	Extrem ergiebiger Dauerregen	> 70 L m ⁻² in 12 h > 80 L m ⁻² in 24 h > 90 L m ⁻² in 48 h > 120 L m ⁻² in 72 h

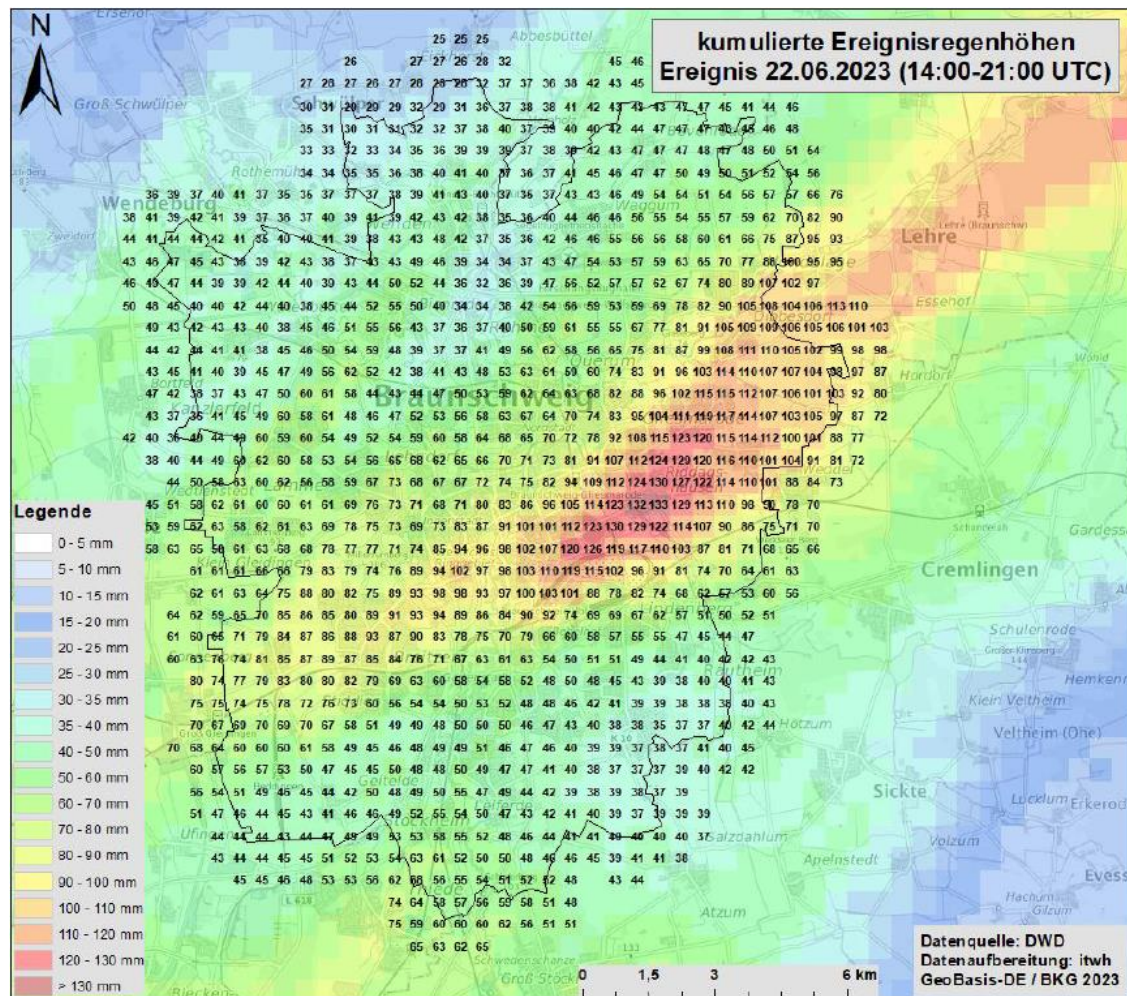


Abbildung 17: Kumulierte Radar-Regenhöhen zwischen 14 und 21 Uhr in [mm] inkl. Werte für das Starkregenereignis am 22.06.2023 (© SE|BS und itwh)

3. Klimaänderungen in Braunschweig

3.4 Extreme Wetterereignisse: Starkregen, Dauerregen und Stürme

Durch den Umstand, dass Starkregenereignisse lokal und kurzfristig auftreten, ist ihre Vorhersage (räumliche Ausdehnung und Niederschlagsintensität) nur schwierig möglich. Denn Starkregenereignisse werden von punktuell vorliegenden Niederschlagsstationen mit Messreihen über viele Jahrzehnte räumlich nur unvollständig beschrieben. Flächenhafte Niederschlagsauswertungen mit Hilfe von Radarmessungen, mit denen eine detaillierte Auswertung von diesen Ereignissen möglich ist, sind erst seit 20 Jahren verfügbar (Lengfeld et al. 2021). Aktuell lassen sich aus dem Datensatz keine klaren Trends in der Anzahl und Intensität von extremen Starkregenereignissen ableiten. Insgesamt weisen die vorliegenden überregionalen Beobachtungsdaten bisher jedoch auf eine tendenzielle Zunahme dieser Ereignisse hin. Durch die Zunahme der Lufttemperatur (seit Beginn der Aufzeichnungen 1881 um etwa +1,7 °C) und damit dem höheren Potenzial der Luft, Wasserdampf aufzunehmen, werden eine Zunahme der Starkregenereignisse und sechs zusätzliche Tage mit starken Niederschlägen von mehr als 10 mm bis zum Ende des Jahrhunderts für das RCP8.5-Szenario prognostiziert (RGB 2019). Für die mit Starkregen einhergehenden Klimafolgen und -risiken in Braunschweig siehe [Kapitel 5.2.3](#) und [5.3.2](#).

Auch die Zukunftsprognosen zum Auftreten von Stürmen sind mit erheblichen Unsicherheiten verbunden, da es hier eine Abhängigkeit von großräumigen atmosphärischen Zirkulationen über dem Atlantik gibt, die mit einer starken jährlichen Variabilität verbunden sind (Brasseur et al. 2017). Generell wird an der Küste von einer zunehmenden Häufigkeit von Winterstürmen ausgegangen, für das Binnenland hingegen sind die Vorhersagen generell unsicher (Brasseur et al. 2017). Für Braunschweig konnte kein eindeutiger Trend hinsichtlich der Sturmaktivität festgestellt werden (RGB 2019).

4. Beteiligungsprozess

Ines Bruchmann und Lotta Becker

Klimaanpassung betrifft eine Vielzahl von Akteuren und Handlungsfeldern. Diese weisen unterschiedliche Kompetenzen und Interessen auf. Um Zielkonflikten vorzubeugen, relevante Ideen zusammenzutragen, Synergien zu identifizieren und Eigeninitiative anzustoßen, empfiehlt die [Deutsche Anpassungsstrategie](#) bei der Erstellung von kommunalen Strategien zur Klimaanpassung eine weitreichende Beteiligung interner und externer Akteure sowie die Einbindung diverser gesellschaftlicher Gruppen (Bundesregierung 2008).

4.1 Beteiligung-Partizipation-Co Creation: Wozu & Warum?

Kern des COABS-Projektes zur Vorbereitung einer möglichst umfassenden, integrierten Anpassungsstrategie für die Stadt Braunschweig bildet der Co-Creation Ansatz. Das heißt der Fokus des Projektes liegt neben der Generierung von Wissen und der Analyse von Risiken sowie möglichen Handlungsoptionen auf Aspekten der Partizipation, auf Kommunikation, Wissenstransfer sowie auf wirksamer Öffentlichkeitsarbeit zur Sensibilisierung von Akteuren innerhalb der Stadtgesellschaft. Co-Creation beschreibt dabei eine Form der kollaborativen Zusammenarbeit, bei der verschiedene Akteure (Verwaltung, Forschende, Stadtgesellschaft (inkl. Vereine, Verbände, Initiativen, Bürger:innen, Schulen, Unternehmen)) aktiv an der Konzeption, Gestaltung und Organisation von Projekten teilnehmen (Osborne et al. 2016). Co-Creation stellt so eine Möglichkeit der effektiven Beteiligung dar, bei der die Lösung gesellschaftlicher Herausforderungen besser auf die Bedürfnisse der Akteure zugeschnitten werden kann als ohne deren aktive Mitarbeit. So können durch die Einbindung von transdisziplinärem Wissen qualitativ hochwertige Ergebnisse für eine integrative und nachhaltige Klimaanpassungsstrategie erzielt werden. Lern- und Kommunikationsprozesse sowie eine Sensibilisierung für die Klimarisiken und die Anpassungsmaßnahmen können initiiert und befördert werden.

Im Ergebnis soll das partizipative Beteiligungsverfahren die Entscheidungsqualität, den Identifikationsgrad mit und die Akzeptanz von Maßnahmen in der Region deutlich erhöhen. Zudem kann der Prozess eine Basis für einen dauerhaften regionalen Austausch zu klimapolitischen Fragestellungen kreieren, z. B. im Netzwerk oder ggf. bei anschließenden Projekten oder Maßnahmenumsetzungen.

Das COABS-Projekt orientiert sich zudem an den **Braunschweiger „Leitlinien zur Mitwirkung von Bürgerinnen und Bürgern“** die im Mai 2023 verabschiedet wurden. Gemäß dieser Leitlinie soll Beteiligung dialogorientiert sein und innerhalb des gesetzten Gestaltungsspielraums eine ergebnisoffene Gesprächskultur auf Augenhöhe gestaltet werden. Alle mitwirkenden Akteure sollen gleichberechtigt, respektvoll, offen und transparent im Umgang miteinander sein. Ziel von kommunaler Beteiligung in Braunschweig ist es, Verständnis für Vorhaben und die zu findenden Lösungen zu wecken. Transparenz ist dabei in Bezug auf Strukturen, Vorhaben, Prozesse und die Verwendung der Ergebnisse bedeutsam. Die Erwartungen sowie der Rahmen, in dem Bürger:innen sich beteiligen können, müssen klar benannt werden.

4.2 Ablauf der Beteiligung im COABS Projekt

Im Projektverlauf achtet das COABS-Projekt auf die Adressierung möglichst breiter Bevölkerungsgruppen. Entsprechend werden im Projekt verschiedene Kommunikationsformate und -kanäle genutzt (s. Abb. 18). Sowohl zur bereits stattgefundenen Online-Umfrage als auch zum öffentlichen Auftaktforum wurden über die Tagespresse (Pressemitteilung via Printmedien und online) sowie über die Social-Media-Kanäle der Stadt informiert und zur Teilnahme aufgerufen. Zudem wurde durch Stände im öffentlichen Raum z. B. auf dem Nachhaltigkeitsmarkt im Bürgerpark und bei der Konferenz „Stadt der Zukunft“ auf dem Campus der TU-Braunschweig zu Fragen der Klimaanpassung informiert. Außerdem erfolgten mehrere öffentliche Vorträge zur Sensibilisierung für spezifische Aspekte der Klimaanpassung z. B. im Zuge einer Veranstaltungsreihe der Gesundheitsregion Braunschweig zu „Klimawandel und Gesundheit“ unter dem Titel „Ich - Du - Wir - Jetzt! Die Stadt gemeinsam an die Folgen des Klimawandels anpassen“ oder zu zunehmenden Starkregengefahren im Stadtraum Braunschweigs in Kooperation mit der Öffentlichen Versicherung Braunschweig.

Starkregengefahrenkarten sowie Informationen zur Überflutungsvorsorge können Bürger:innen online über das städtische Geoportal und 3D über die virtualcityMAP abrufen. Über das richtige Verhalten im Risikofall informieren zudem Printmedien wie der Starkregenflyer der Stadt Braunschweig und das [Homepageangebot des Bevölkerungsschutzes](#) der Stadt Braunschweig. Die kohärente Zusammenstellung und Berücksichtigung dieser Informationen erfolgt in enger Kooperation der zuständigen Organisationseinheiten der Stadtverwaltung. Weitere Partizipations- und Informationsmöglichkeiten werden über das [Online-Beteiligungsportal Mitreden](#) eröffnet.



Quelle: Verändert nach 4K, 2021

Abbildung 18: Ablauf der Beteiligung im Projektverlauf (stattgefunden und „in Planung“)

Im weiteren Projektverlauf werden zahlreiche Akteure sowohl in die Bearbeitung des Projektes als auch in der exemplarischen Umsetzung von Klima-Pilotprojekten eingebunden. Um sicherzustellen, dass nicht nur die Perspektive der Expert:innen, sondern auch die der Bürger:innen einbezogen wird, ist auf die Beteiligung der Bürger:innen im Netzwerk besonderer Wert zu legen. Die Co-Creation-Formate werden hinsichtlich der Teilnahmeform, dem Zeitumfang und der Veranstaltungszeit so gestaltet, dass möglichst vielen Bürger:innen die Möglichkeit zur Beteiligung eröffnet wird. Dabei sollen Perspektiven und Bedürfnisse vulnerabler Gruppen wie z. B. von älteren und vorerkrankten Menschen, Kindern und Schwangeren, nach Möglichkeit besonders in den Blick genommen werden (s. auch Exkurs in [Kap. 5.3.1](#)).

4.3 Ergebnisse Umfrage Klimafolgen

Die Ergebnisse der im Juni und Juli 2023 durchgeführten Online-Umfrage zu Klimafolgen in Braunschweig, deren Wahrnehmung durch die Bürgerinnen und Bürger sowie die Betroffenheit der Bevölkerung sind gebündelt im [Anhang I](#) ab Seite 115 sowie an ausgewählten Stellen im Fließtext zu finden.

4.4 Ergebnisse Beteiligung Auftaktforum

Die Ergebnisse aus dem Auftaktforum am 21.09.2023 sind im [Anhang II](#) zu finden. Es wurde eine Priorisierung der Klimarisiken vorgenommen sowie erste Maßnahmenideen in den Handlungsfeldern zusammengetragen.

5. Klimafolgen und Klimarisiken in Braunschweig

Ines Bruchmann und Lotta Becker

In diesem Kapitel werden die Klimafolgen und Klimarisiken, die sich aus den Klimaänderungen (s. [Kap. 3](#)) ergeben, in den drei identifizierten Handlungsfeldern „Wassermengenmanagement & Bodenwasserhaushalt“, „Mensch & Gesundheit“ sowie „Naturschutz & Biodiversität“ für die Stadt Braunschweig betrachtet. Zur Orientierung werden vorab Zusammenfassungen gegeben sowie der Ablauf der Braunschweiger Klimarisikooanalyse erläutert.

Wassermengenmanagement & Bodenwasserhaushalt

Wasser ist ein zentrales Element in der Klimaanpassung. Es ist Teil des Problems und zugleich auch ein Teil der Problemlösung. Basierend auf den in [Kapitel 3](#) ausgeführten Klimaänderungen und -folgen muss damit gerechnet werden, dass es zu einer stärkeren Häufung und Intensität von phasenweisem Wasserüberschuss und sommerlichem Wassermangel kommen kann und die damit einhergehenden Problematiken in Braunschweig zukünftig weiter zunehmen. Gleichzeitig kann Wasser - richtig „gemanagt“ - Klimarisiken im urbanen Raum abmildern, z. B. gemäß des Schwammstadt-Prinzips durch ortsnahe Versickerung von Niederschlagswasser in Bereichen unversiegelter Böden, durch den Rückhalt und die verzögerte Abgabe zur Reduktion des Oberflächenabflusses oder durch die Bevorratung in Zwischenspeichern in Phasen des Überschusses. So kann in Phasen des Wassermangels bzw. der Dürre länger bevorratetes Wasser zur Verfügung stehen z. B. für die Bewässerung der grünen Infrastruktur oder zur Kühlung der Umgebung. Nutzungskonflikte um die wertvolle Ressource Wasser (Trink- und Brauchwasser) sollten frühzeitig thematisiert und gemeinsam tragfähige Strategien entwickelt werden. Über den natürlichen Wasserkreislauf besteht ein enger Zusammenhang zum Boden, der ein wichtiger Wasserspeicher ist und vielfältige Funktionen erfüllt, die zum Wohlergehen von Menschen und Ökosystemen beitragen. Intakte Böden bieten die Chance, funktionierende naturbasierte Lösungen für einen Teil der drängenden Herausforderungen des Klimawandels umzusetzen. Versiegelung und Verdichtung beeinträchtigen die Bodenfunktionen mitunter jedoch massiv. Die zu erwartenden Klimafolgen und Klimarisiken im Handlungsfeld „Wassermengenmanagement & Bodenwasserhaushalt“ werden in den [Kapiteln 5.2.1](#) bis 5.2.7 näher beschrieben. Das Unterkapitel [5.2.8](#) gibt eine Zusammenfassung und zeigt Handlungsempfehlungen auf. Auf Seite 59 ist eine grafische Übersicht der Klimafolgen und -risiken sowie eine Risikoeinschätzung zu finden.

Mensch und Gesundheit

Sowohl Fragen der Klimaanpassung als auch Fragen der Gesundheit sind Querschnittsthemen, die einer integrierten Bearbeitung bedürfen (Bsp.: „Health in all policies“; s. Glossar). In beiden Bereichen gibt es in Braunschweig Menschen, die besonders schutz-

bedürftig sind. Die Chance, diese Bevölkerungsgruppen in den Fokus von Schutzmaßnahmen zu nehmen, sollte entschieden ergriffen werden. Es ist festzustellen, dass die menschliche Gesundheit vor allem bei extremen Ereignissen in Mitleidenschaft gezogen wird und dort das Klimarisiko besonders hoch ist. So stellt Hitzebelastung große Bevölkerungsschichten vor eine Herausforderung und auch weitere Klimarisiken, wie das Potenzial, durch UV-Strahlung gesundheitliche Beeinträchtigungen zu erleiden oder die Belastung durch bodennahes Ozon könnten zukünftig beim Eintritt von Extremereignissen zunehmen. Aber auch schleichende Prozesse wie der klimatisch bedingte Anstieg der mittleren Temperatur tragen dazu bei, dass bspw. das Risiko für Allergien sowie vektorübertragene Krankheiten und Infektionen ansteigt. Um die Anpassungskapazitäten (s. Glossar) in diesem Handlungsfeld zu erhöhen, können sowohl stadtplanerische als auch Präventionsmaßnahmen ergriffen werden. Die zu erwartenden Klimafolgen und Klimarisiken im Handlungsfeld „Mensch und Gesundheit“ sowie Handlungsoptionen werden in den [Kapiteln 5.3.1](#) bis 5.3.8 näher beschrieben. Das Unterkapitel [5.3.9](#) gibt eine Zusammenfassung und zeigt Handlungsempfehlungen auf. Auf Seite 82 ist eine grafische Übersicht der Klimafolgen & -risiken sowie eine Risikoeinschätzung zu finden.

Naturschutz und Biodiversität

Ökosysteme übernehmen zahlreiche Funktionen für menschliches Leben. Einige Funktionen wie z. B. die Kühlung durch Stadtgrün und Wasserflächen oder die Versickerungsfähigkeit von Böden sind in besonderer Weise relevant für die Klimaanpassung. Der Schutz, die Erhaltung und Wiederherstellung von intakten, vielfältigen Ökosystemen ist daher eine große Chance, denn Biodiversität ist Schlüssel zu einer hohen Anpassungskapazität gegenüber dem Klimawandel. Durch sich ändernde Klimabedingungen und Verschiebungen der jahreszeitlichen Ausprägungen sind intakte Ökosysteme mit zunehmenden Herausforderungen konfrontiert. Unter anderem die wassergeprägten Lebensräume, das Stadtgrün sowie der Stadtwald leiden unter Hitze- und Dürreperioden. Die Verbreitungsgebiete von Arten verschieben sich und die Bedeutung eines funktionierenden Biotopverbundsystems, das Wander- und Ausweichbewegungen ermöglicht, nimmt weiter zu. Braunschweig, dessen Stadtgebiet etwa zu einem Drittel von Grünflächen eingenommen wird, hat gute Ausgangsbedingungen, um die Potenziale des Stadtgrüns, des Naturschutzes und der Biodiversität im Zuge des Klimawandels zu mobilisieren. Die zu erwartenden Klimafolgen und Klimarisiken im Handlungsfeld „Naturschutz und Biodiversität“ werden in den [Kapiteln 5.4.1](#) bis 5.4.3 näher beschrieben. Das Unterkapitel [5.4.4](#) gibt eine Zusammenfassung und zeigt erste Handlungsempfehlungen auf. Auf Seite 95 ist eine grafische Übersicht der Klimafolgen & -risiken sowie eine Risikoeinschätzung zu finden.

5.1 Ablauf der Braunschweiger Klimarisikoanalyse

Lotta Becker und Ines Bruchmann

Bei der Identifizierung der für Braunschweig relevanten Klimafolgen und der Einschätzung der spezifischen Klimarisiken orientierte sich der COABS-Prozess an den Handlungsempfehlungen zur Umsetzung der ISO 14091 „Klimarisikoanalysen auf kommunaler Ebene“ des Umweltbundesamtes (UBA). Entsprechend wird im Folgenden auf die dort verwendeten Begrifflichkeiten zurückgegriffen (s. Tabelle 7), die in Ihrer Definition auch im [Glossar](#) (auf Seite 100) nachgelesen werden können.

Ziel der Klimarisikoanalyse war es, die durch den Klimawandel verursachten standortabhängigen und übergreifenden Risiken in Braunschweig zu identifizieren, zu bewerten und nach Dringlichkeit zu priorisieren. Durch Ableitung von Handlungserfordernissen können in einem zweiten, daran anknüpfenden (Projekt-) Schritt möglichst wirkungsvolle Anpassungsmaßnahmen erarbeitet werden, welche die Anpassungskapazität zu erhöhen.

Im Zuge der Klimarisikoanalyse hat sich das multidisziplinäre Team des COABS-Projekts mit der Frage auseinandergesetzt, wie sich die zu erwartenden Klimaänderungen (wie bspw. Zunahme der heißen Tage) lokal in Braunschweig auswirken werden und welche Risiken für die Stadt hieraus in verschiedenen kommunalen Handlungsfeldern (s. [Kap. 2.3](#)) und ihren Schnittmengen entstehen. Im Zuge der Befassungen in den einzelnen Handlungsfeldern wurden neben vielen wichtigen Erkenntnissen und zusammenfassenden Analysen aber auch bestehende Wissenslücken z.B. durch mangelnde Datenverfügbarkeit sichtbar und werden entsprechend im Report benannt.

Tabelle 7: Zentrale Begriffe der Klimarisikoanalyse nach UBA 2022c, basierend auf KWRA 2021, IPCC AR 5 sowie ISO 14091

Begriff	Definition
Klimatischer Einfluss (synonym: Klimaänderungen)	Ein sich ändernder Aspekt des Klimasystems, der eine Komponente eines menschengemachten oder natürlichen Systems beeinflusst.
Klimarisiko	Das Potenzial für nachteilige Folgen für menschengemachte oder natürliche Systeme, unter Berücksichtigung der Vielfalt der Werte und Ziele, die mit solchen Systemen verbunden sind. Im Kontext der KWRA 2021 wurde der Begriff Klimarisiko angelehnt an die Definition des IPCC ab dem Zeitpunkt verwendet, ab dem eine Bewertung erfolgt (ist).
Klimawirkung (synonym: Klimafolge)	Die potenziellen oder realisierten Folgen von Klimarisiken auf natürliche und menschengemachte Systeme. Klimawirkungen beziehen sich im Allgemeinen auf Auswirkungen auf Leben, Lebensgrundlagen, Gesundheit und Wohlbefinden, Ökosysteme und Arten, wirtschaftliche, soziale und kulturelle Werte, Dienstleistungen (einschließlich Ökosystemdienstleistungen) und Infrastruktur. Sie können als Folgen oder Ergebnisse bezeichnet werden und nachteilig oder vorteilhaft sein.
Räumliche Exposition	Vorhandensein von Systemen wie Menschen, Existenzgrundlagen, Arten bzw. Ökosystemen, Umweltfunktionen, -leistungen und -ressourcen, Infrastruktur oder ökonomischem, sozialem oder kulturellem Vermögen in Gegenden und Umständen, die von Klimafolgen betroffen sein könnten.
Sensitivität	Ausmaß, zu dem ein System durch Schwankungen oder Änderungen des Klimas vor- oder nachteilig beeinflusst wird.
Anpassungskapazität	Fähigkeit von Systemen, Institutionen, Menschen und anderen Lebewesen, sich auf potenzielle Schäden einzustellen, Vorteile zu nutzen oder auf Auswirkungen zu reagieren.

Das Klimarisiko für die betrachteten Klimafolgen wird jeweils durch den klimatischen Einfluss (s. [Kap. 3](#)), die Sensitivität sowie die räumliche Exposition beeinflusst (s. Abb. 19/Glossar).

Ein Beispiel illustriert den Begriffskomplex: Die **Sensitivität**, bspw. von Kindergartenkindern gegenüber einer auftretenden Hitzebelastung (= **Klimafolge**) am stark versiegelten Aufenthaltsort (= **räumliche Exposition**) als Folge von klimawandelbedingten intensiveren Hitzewellen (= **klimatischer Einfluss**) kann z. B. durch Verhaltensänderungen oder durch Maßnahmen der Küh-

lung und Verschattung verringert werden (Erhöhung **Anpassungskapazität**). Auch die **räumliche Exposition** kann durch Anpassung beeinflusst werden, indem verwundbare Bevölkerungsgruppen mit hoher Sensitivität gegenüber Hitzebelastung in kühleren Gebieten untergebracht werden (z. B. über die Standortplanung von Pflegeeinrichtungen).

Bei der Betrachtung der verschiedenen Komponenten wird deutlich, dass einige klimatische Einflüsse zu keinem erhöhten Klimarisiko in Braunschweig führen, wenn die Sensitivität oder die räumliche Exposition gegenüber dieser Änderung gering ist. Auch andersherum können geringe Änderungen in den klimatischen Einflüssen bei einer hohen Sensitivität und räumlichen Exposition zu einem hohen Risiko führen.

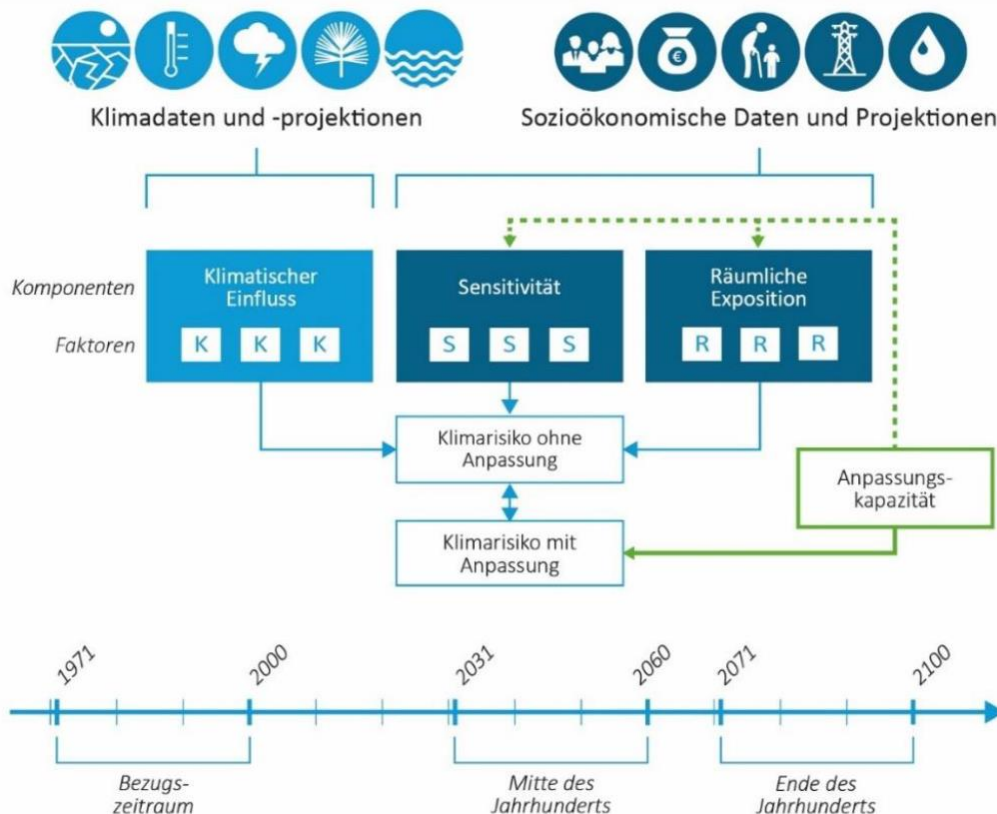


Abbildung 19: Überblick über den methodischen Rahmen zur Analyse und Bewertung des Klimarisikos nach KWRA 2021 (Kahlenborn et al. 2021)

Zum Beispiel sind insbesondere ältere Personen vom klimatischen Einfluss Hitze betroffen. In Braunschweig sind ca. 21 % der Braunschweiger Bevölkerung über 65 Jahre alt (Stand 2022, Stadt Braunschweig 2023). Wie gut sich diese besonders sensiblen Personen an die Hitze anpassen können ist allerdings unterschiedlich. Je nach verfügbaren Mitteln kann z. B. die Wohnung passiv wärmedämmend, die sonnenexponierte Fassadenseite beschattet oder die Wohn- und Aufenthaltsräume aktiv gekühlt (Klimaanlage) werden. Je nach Fähigkeit und Gesundheitszustand könnte eine kühlere Umgebung zur Abkühlung aufgesucht, hitzeangepasst gelüftet oder für Verdunstungskühle durch feuchte Wickel oder Wassersprüher gesorgt werden. Eine Exposition ist in allen Fällen gegeben, doch die individuelle **Anpassungskapazität** unterscheidet sich mitunter sehr.

Um die Klimarisiken zu mindern, sollte es daher das langfristige Ziel sein, die Anpassungskapazität in der Stadt (sowohl die der Stadtbevölkerung als auch die der kommunalen Infra- und Servicestrukturen) zu erhöhen und so die Sensitivität sowie die räumliche Exposition gegenüber

den klimatischen Einflüssen abzuschwächen. Wirksame Klimaschutzmaßnahmen sind außerdem unverzichtbar, um einen Beitrag dahingehend zu leisten, dass die klimatischen Einflüsse im beherrschbaren Rahmen bleiben.

Die folgenden Schritte wurden im Projekt vollzogen:

1. Screening der Auswirkungen in Anlehnung an KWRA 2021, Niedersächsische Anpassungsstrategie und REKLIBS-Bericht (s. auch [Kap. 2.3](#))
2. Erstellung von Wirkungsketten (s. Kap. 5.2 bis 5.4)
3. Daten-Zusammenstellung und Analyse (s. Kap. 5.2 bis 5.4)
4. Bewertung und Priorisierung der Klimarisiken* (und des Handlungsbedarfs) (siehe Seiten 59, 82 und 96)

**Die Risikoeinschätzung soll als erste Grundlage dienen. Innerhalb der COABS-Projektarbeitsgruppe wurde sie in Bezug auf eine räumlich übergeordnete, gesamtstädtische Ebene angefertigt. In Anbetracht sich ändernder klimatischer Rahmenbedingungen sind erneute Einschätzungen in regelmäßigen Abständen unerlässlich. Es wurde eine Einschätzung für eine Zukunft ohne Klimaanpassung vorgenommen; unter Annahme des RCP8.5-Szenarios („Weiter-so-wie-bisher“). Außerdem wurde die mittlere Veränderung für die ferne Zukunft (2071-2100) betrachtet. Mit mittlerer Veränderung ist gemeint, dass für die Einschätzung die Mittelwerte des verwendeten Modellensembles für das jeweilige Szenario betrachtet werden. Zusätzlich wurde eine Betrachtung der Extremereignisse für die Risikoeinschätzung vorgenommen, da die betrachteten Klimawirkungen zum Teil gerade bei Eintritt von Extremereignissen ein erhöhtes Risikopotenzial aufweisen. Außerdem wird die von verschiedenen Akteuren beim Auftaktforum am 21.09.23 abgegebene Einschätzung zur Relevanz der Klimafolgen & -risiken dargestellt (s. dazu auch gesonderte Auswertung zum Auftaktforum in Anhang II).*



5.2 Handlungsfeld Wassermengenmanagement & Bodenwasserhaushalt

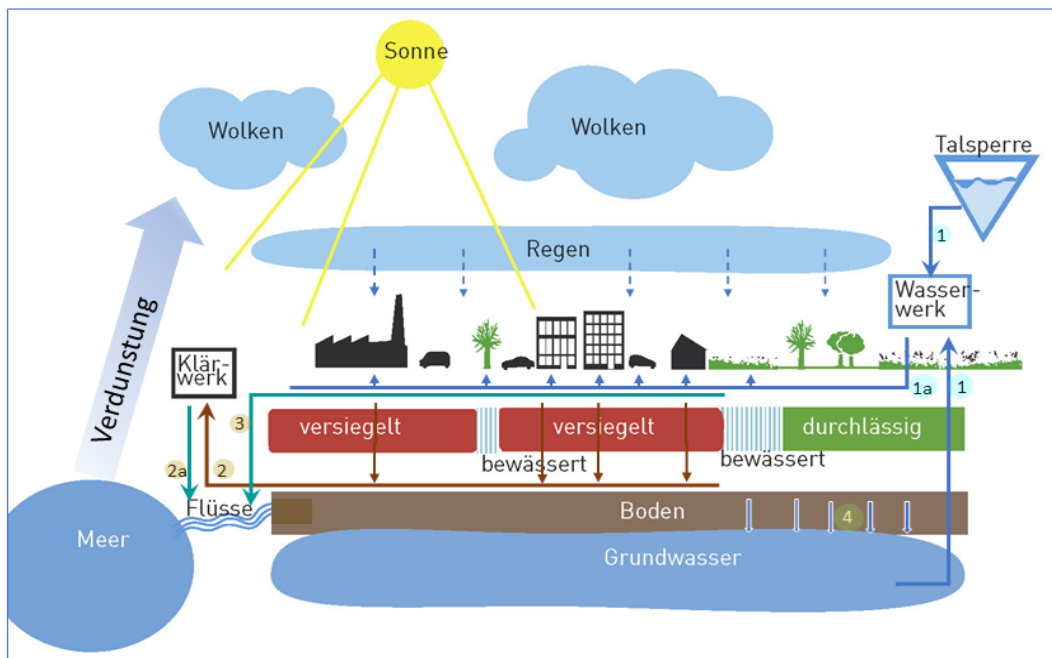
Joseph Hölscher und Sascha Iden

Da der Wasserhaushalt eng mit den Böden und dem Bodenschutz verbunden ist, werden Wassermengenmanagement und Bodenwasserhaushalt als ein Handlungsfeld betrachtet. Wasser ist eng mit allen Lebensbereichen verknüpft, bestimmt direkt und indirekt die natürlichen Lebensbedingungen in allen ländlichen und urbanen Räumen und hat besondere Bedeutung für das Wohlergehen des Menschen in seinem Umfeld. Global betrachtet sind - neben den extremen Hitzeperioden - Veränderungen im Wasserhaushalt wie z. B. andauernde Dürren, Starkregen- und Hochwasserereignisse deutliche und unmittelbar spürbare Indikatoren des Klimawandels. Durch den Klimawandel bedingte Veränderungen im Wasserhaushalt können die Lebensgrundlagen erheblich beeinträchtigen. Gleichzeitig bieten ausreichende Wasserreserven die Chance, negative Folgen des Klimawandels zu lindern, indem z. B. durch Bewässerung in Dürreperioden eine Kühlung erreicht werden kann.



Exkurs: Urbaner Wasserkreislauf

Der urbane Wasserkreislauf ist beispielhaft für die Stadt Braunschweig in Abbildung 20 schematisch dargestellt. Der natürliche Wasserhaushalt wird geprägt vom Niederschlag, dem ober- und unterirdischen Abfluss sowie der Verdunstung aus dem Gebiet. Die Verdunstung (Evapotranspiration; s. Glossar) setzt sich zusammen aus der Transpirationsleistung der Vegetation sowie der Evaporation aus Gewässern und unbewachsenen Böden. Hinzu kommt ein Wasserverlust durch Interzeption (s. Glossar) von Niederschlagswasser auf bebauten Oberflächen und der Vegetation. Ein Teil des Niederschlagswassers infiltriert in den Boden und wird dort temporär gespeichert. Das Bodenwasser dient der Versorgung der Pflanzen und speist nach Tiefenversickerung die Grundwasserneubildung. Dies führt zu einer langfristigen Speicherung des Wassers im Grundwasserleiter.



- Legende:
- 1 Trinkwassergewinnung
 - 1a Trinkwasserverteilung
 - 2 Abwasserableitung / -kanalisation
 - 2a Abwassereinleitung
 - 3 Regenwasserableitung bzw. Direktabfluss
 - 4 Bodenwasser / Infiltration / Grundwasserneubildung

Abbildung 20: Wasserkreislauf in der Stadt, schematische Darstellung für Braunschweig (Bild: Hölscher/Necker)

In Städten wird regelmäßig in den Wasserkreislauf eingegriffen (s. Abb. 20), z. B. durch die:

- Versorgung der Stadt mit und den Verbrauch von Trink- und Brauchwasser,
- Ableitung und Behandlung von Abwasser,
- Versiegelung des Bodens auf Gewerbe-, Verkehrs- und Siedlungsflächen, in deren Folge die Infiltration des Wassers (s. Glossar) in den Boden verringert und der direkte oberirdische Abfluss und der Abfluss über die Regenwasserkanalisation beschleunigt und intensiviert wird,
- Bodenverdichtung bei intensiv genutzten aber nicht versiegelten Freiflächen,
- Regenwasserentwässerung (Oberflächenabfluss und Regenkanalisation),
- Retentions- (s. Glossar) und Regulierungsmaßnahmen zum Hochwasserschutz,
- Anlage und Nutzung von Wasserflächen zur Freiraumgestaltung und Freizeitnutzung.

Auf Grundlage der identifizierten Klimaänderungen für Braunschweig (s. [Kap. 3](#)) werden in diesem Kapitel die Folgen des Klimawandels für das Handlungsfeld „Wassermengenmanagement und Bodenwasserhaushalt“ gemeinsam betrachtet.

Der Teil Wassermengenmanagement konzentriert sich auf die unmittelbaren hydrologischen Folgen des Klimawandels (und den sich daraus ergebenden Risiken). Dies sind:

- räumliche und zeitliche Niederschlagsverteilung (Starkregen und Dürren),
- Niedrigwasserabflüsse (Wassermangel, Gewässergüte, Ökologie (s. auch [Kap. 5.4.3](#))),
- Hochwasserabflüsse (Überschwemmungen und Flutgefahren),
- Schwankungen des Grundwasserstandes (Wassermangel, Vernässung von Böden).

Im Teil „Bodenwasserhaushalt“ werden die Folgen des Klimawandels (und die sich daraus ergebenden Risiken) behandelt, die das Bodenwasser und die hiermit verknüpften Bodenfunktionen berühren:

- Bodenwassergehalt (Trockenheit, Wasserspeichervermögen, Beregnungs- und Bewässerungsbedarf),
- Verdunstung / Evapotranspiration und Kühlungsfunktion,
- Gefährdungen der Bodenfunktionen durch Wassererosion,
- Auswirkungen von Verdichtung und Versiegelung auf den Wasserhaushalt und die Bodenfunktionen.

5.2.1 Vorsorgeprinzip in Wassermengenmanagement und Bodenschutz

In der Wasserwirtschaft gilt das Vorsorgeprinzip. Danach müssen Belastungen und Schäden für die Umwelt und die menschliche Gesundheit im Voraus vermieden oder weitestgehend verringert werden. Es dient damit einer Risiko- und Gefahrenvorsorge, und auf diese Weise der Daseinsvorsorge, die auch die Nutzung von Wasser einschließt (MU 2022a).

Wasserwirtschaft wird wesentlich von aktuellen meteorologischen und langfristigen klimatischen Faktoren geprägt. Temperatur, Niederschlagsintensität oder die Dauer von Regen- und Trockenperioden bestimmen zusammen mit weiteren Eigenschaften der Einzugsgebiete (s. Glossar) und der Gewässer die ökonomischen und ökologischen Entwicklungsmöglichkeiten einer Region und setzen vielfach der Nutzung der Ressource Wasser enge Grenzen.

In Niedersachsen wird es voraussichtlich auch künftig über das Jahr gesehen genügend Wasser geben, jedoch wird sich die Verteilung zeitlich und räumlich verschieben (MU 2022a, vgl. dazu [Kap. 3.3](#)). Infolge der verringerten Niederschlagsmengen im Sommerhalbjahr während der Vegetationszeit ist zu erwarten, dass in diesem Zeitraum fast keine Grundwasserneubildung mehr stattfindet und der Grundwasserspiegel wegen der hitzebedingt verstärkten Wasseraufnahme

und Transpiration durch die Vegetation teilweise absinkt (vgl. [Kap. 5.2.5 Grundwasser](#)). Verstärkt wird dieser Effekt dadurch, dass im Sommer die Wassermengen aus örtlichen Starkregen insbesondere in urbanen Gebieten als Oberflächenabfluss und/oder über die Kanalisationen direkt abgeführt werden und zur Grundwasserneubildung kaum beitragen. Diese defizitären Grundwasserneubildungen können nur noch in niederschlagsreichen Wintermonaten ausgeglichen werden.

Die Niederschlagsverschiebungen können temporäre und/oder örtliche Defizite im Wasserdargebot bewirken. Um die bisher nahezu unbeschränkte Nutzbarkeit der Wasserressourcen auch in Zukunft ermöglichen zu können, erscheinen steuernde Maßnahmen im Rahmen eines zukünftigen Wassermengenmanagements zunehmend notwendig. Der Nutzungsbedarf sollte nachhaltig erfüllt werden, damit auch künftigen Generationen Gestaltungsmöglichkeiten bleiben. Dazu ist das Wasserdargebot zu erfassen und den Bedarfen gegenüberzustellen, die in den verschiedenen wasserabhängigen Sektoren zu erwarten sind. Hier sind neben der Trinkwassernutzung im engeren Sinne insbesondere auch die Natur, die landwirtschaftliche Nutzung, die gewerbliche und die industrielle Nutzung, die Bauplanung oder der Tourismus zu betrachten. Der Vergleich von Dargebot und Bedarf auf lokaler und regionaler Ebene ergibt, wann es einen Überschuss und wann eine Unterversorgung gibt. Aus dieser Bilanz können verschiedenste Lösungen entwickelt werden, z. B. wassersparende Produktionen, Anhebung des Grundwasserstands, Entwicklung anderer Wasserrückhaltesysteme oder Nutzung von Brauchwasser (MU 2022a).

Bisher sind die Wasserressourcen nahezu unbeschränkt verfügbar. Um in der Zukunft den Wasserbedarf in vollem Umfang decken zu können und Nutzungskonflikte zu vermeiden, erscheinen steuernde Maßnahmen im Rahmen eines Wassermengenmanagements zunehmend notwendig.

Um die Nutzungskonflikte einschließlich des Aspekts der Gefahrenabwehr zu bewältigen, müssen alle Verantwortlichen einen Beitrag leisten. Die verschiedenen lokalen Nutzenden müssen ihre Bedarfe formulieren. Wichtig ist, das Wissen und die Vorstellung der Möglichkeiten auf allen Verantwortungsebenen auszutauschen und letztlich konkrete Maßnahmen zu entwickeln, die resilient für die Zukunft machen (MU 2022a).

Die Folgen des Klimawandels können für die Wasserwirtschaft über die festgestellte Veränderung wasserwirtschaftlicher Parameter wie die Häufigkeiten und Intensitäten von Niederschlag, Hochwasser- und Niedrigwasserabfluss, Grundwasserstand und dessen Schwankungen oder die Grundwasserneubildung festgestellt und quantifiziert werden. Auf dieser Grundlage sind dann erforderliche Anpassungsstrategien zu entwickeln.

Auch bei Böden greift primär das Vorsorge-Prinzip, da diese nicht vermehrbar und kaum erneuerbar sind. So soll eine sparsame Nutzung und der Schutz von Böden sichergestellt werden (MU 2019). Denn Böden haben vielfältige schützenswerte Funktionen, die in Deutschland im Bodenschutzrecht verankert sind und in der EU in der thematischen Bodenstrategie definiert sind (Krebs et al. 2017; Lange et al. 2017):

1. Produktionsfunktion (Nahrungsmittel, Futtermittel, Biomasse, Fasern),
2. Lebensraumfunktion (Lebensgrundlage für Organismen, Erhalt von Ökosystemen, Erholungsflächen),
3. Archivfunktion (Lagerstätte für Rohstoffe, Natur- und Kulturgeschichte),
4. Regulierungsfunktion (Kreisläufe von Wasser, Energie und Stoffen, Filter, Puffer, Speicher).

Die Gefährdungen von Böden sind vielfältig und werden durch den Klimawandel teilweise verstärkt. Im urbanen Umfeld werden Böden häufig versiegelt. Dies hat zur Folge, dass sie lediglich ihre Trägerfunktion für Siedlungs- und Verkehrsflächen erfüllen können und insbesondere nicht mehr als Wasserspeicher und Puffer oder als Standort für die Vegetation fungieren können. Die Verdichtung von Böden führt zu geringerer Wasserleitfähigkeit, was die Infiltration reduziert und den Oberflächenabfluss erhöht. Hierdurch kommt es zu reduzierter Bodenfeuchte, einer verschlechterten Wasserversorgung der Vegetation, und einem erhöhten Risiko von Bodenabtrag durch Wasser (Wassererosion).

Böden sind nicht vermehrbar und kaum erneuerbar. Sie erfüllen vielfältige schützenswerte Funktionen und dienen z. B. als Wasserspeicher, Puffer und Standort für die Vegetation. Versiegelung und Verdichtung gefährden diese Funktionen. Eine sparsame Nutzung und der Schutz von Böden soll sichergestellt werden.

5.2.2 Hochwasserschutz

Hochwasser sind Abflussereignisse, bei denen eine ungewöhnlich hohe Abflussmenge in einem Gewässer abfließt und die statistisch gesehen selten auftreten. Sie werden durch extreme Wetterereignisse hervorgerufen, wie z. B. durch langanhaltende, flächenhafte Dauerregen oder kurzzeitige, lokal begrenzte Starkregen. Dauerregen können auch an größeren Flussläufen zu Hochwasser führen.

Hochwasserereignisse wirken sich überdies oft negativ auf die Wasserqualität aus, etwa durch Umlagerung kontaminierter Sedimente oder die Überflutung von Industrie- und Kläranlagen und privaten Heizöltanks. Darüber hinaus beeinflussen Hochwasser auch Böden und schutzwürdige Bodenfunktionen. Durch Überschwemmungen kann es zum Abtrag von Bodenmaterial (Wassererosion), zur Ablagerung von Stoffen bzw. Substrat oder auch zu Verschlammungen kommen (MU 2019, vgl. Kap 5.2.7).



Hochwassergefahren für die Stadt Braunschweig können von den Flusssystemen der Oker ausgehen, die im Oberharz entspringt und bis zur Stadt Braunschweig ein Einzugsgebiet von 1.125 km² aufweist, sowie von Schunter und Wabe, die im Elm entspringen und deren Einzugsgebiet zusammengenommen eine Fläche von 597 km² umfasst. Die bereits bestehenden Hochwasserrisiken für das Stadtgebiet sind für die HQ₁₀₀- und die HQ_{extrem}-Abflüsse (s. Glossar) im Hochwasserschutzkonzept (HWSK) für die Stadt Braunschweig und dem Hochwasserschutzkonzept für das Gebiet von Schunter und Wabe (Stadt Braunschweig 2019b, WV-WL 2021) sowie in den Hochwasserrisikomanagementplänen für das Flussgebiet Weser beschrieben und bewertet (FGG Weser 2021). Auf Basis des HWSK werden zurzeit erste Maßnahmen für die identifizierten Risikobereiche geplant. Überschwemmungsgebiete sind durch die Stadt an Oker, Schunter, Wabe und Mittelriede ausgewiesen.

Klimafolgen

Zur Beschreibung der Intensität von Hochwasser dient dem MU (2019) die Abflussmenge während der Hochwasserverhältnisse. Diese wird als Abflussscheitel mit einer statistischen Wiederkehrzeit von 100 Jahren (HQ 100) angegeben (MU 2019). Beim Hochwasser wird in naher und in ferner Zukunft in der Region Braunschweig für das RCP 8.5 Szenario nur mit einer leichten Zunahme der Intensität zu rechnen sein (MU 2019, NLWKN 2017).

Neben der Intensität ist auch die Häufigkeit von Flusshochwassern zu betrachten. Bezüglich der Häufigkeit müssen auch kleinere als 100-jährliche Ereignisse betrachtet werden, da insbesondere in dieser Kategorie eine Zunahme der Anzahl zu beobachten ist (MU 2019). Als Indikator zur Beschreibung der Häufigkeit von Hochwasserereignissen dient die Anzahl der Tage mit einem Abflusswert größer als das 99%-Quantil der mittleren Tagesabflüsse im Referenzzeitraum (MU 2019). Es wird erwartet, dass die Häufigkeiten von Flusshochwasser sowohl in der nahen wie auch in der fernen Zukunft in der Region zunehmen, sowohl im Winter als auch im Sommer. Die Zunahme ist insbesondere in ferner Zukunft mit einer möglichen Verdopplung der Ereignisse besonders deutlich (MU 2019). Die Studie des NLWKN (2017) geht für das Szenario RCP 8.5 ebenfalls von einer deutlichen Zunahme von Hochwasserereignissen, besonders in der fernen Zukunft (2071-2100), aus.

Trendanalysen von historischen Klima- und Abflussdaten belegen, dass der Klimawandel bereits das Hochwassergeschehen in niedersächsischen Gewässern beeinflusst. So haben seit Mitte des 20. Jahrhunderts die (extremen) Niederschläge vor allem während der Herbst- und Wintermonate zugenommen. Dies führte seit Mitte der 1980er Jahre zu einer fast landesweiten Zunahme der Hochwasserscheitelabflüsse sowie der Häufigkeit von großen Abflussereignissen im Sommerhalbjahr (Mai bis Oktober). Im Winterhalbjahr (November bis April) verschärfte sich die Hochwasserverhältnisse im gleichen Zeitraum im nördlichen Niedersachsen. Im Süden kam es dagegen zu einer Entspannung der Hochwassersituation, u. a. aufgrund von weniger Rücklagen in Form von Schnee in den Mittelgebirgslagen und der damit verbundenen verringerten Schneeschmelze bei steigenden Temperaturen (NLWKN 2017; NLWKN 2018).

Für die zukünftige Entwicklung der Hochwasserverhältnisse in Niedersachsen wird bis zum Ende des 21. Jahrhunderts eine weitere Zunahme der (extremen) Niederschläge, vor allem im Frühjahr, aber auch in Winter und Herbst erwartet (vgl. [Kap. 3.3](#)). Voraussichtlich ergeben sich vor allem im Sommerhalbjahr an vielen Pegeln in Niedersachsen Zunahmen der Hochwasserscheitelabflüsse in der Größenordnung von ca. 20 % (s. Abbildung 21). Auch die Häufigkeit von Hochwasserereignissen wird demnach zunehmen (MU 2019).

Klimarisiken

Der Rückblick auf extreme Hochwasserereignisse der letzten Jahre, z. B. Elbe (2002, 2013), Innerste (2017), Ahrtal (2021) sowie Ems, Weser, Elbe (2023), deren Intensität und Häufigkeit des Auftretens vermutlich auch auf die Folgen des Klimawandels zurückzuführen sind, gibt Anlass, dem Thema gebührend Aufmerksamkeit zukommen zu lassen. Zu den Auswirkungen auf die städtische Abwasserableitung s. [Kap. 5.2.3](#).



Schon heute stellen Flusshochwasser beachtliche Risiken in Braunschweig dar. Dies zeigen die letzten Hochwasserereignisse in den Jahren 2013, 2017 und 2023. Mit der zukünftig erhöhten Häufigkeit von Flusshochwasser und der zunehmenden Wahrscheinlichkeit von Flusshochwasser mit extremer Intensität steigt das Risiko weiter an. Dadurch werden insbesondere in den bekannten Risikogebieten deutlich steigende Schadenspotenziale für Einwohnerinnen und Einwohner sowie Sach- und Kulturgüter wahrscheinlicher (FGG Weser 2021, Stadt Braunschweig 2019b).

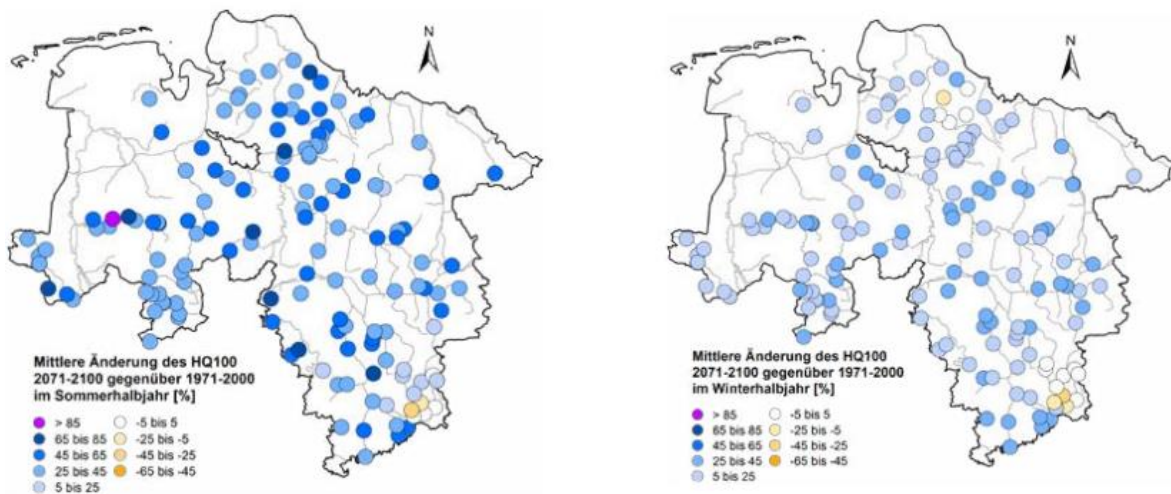


Abbildung 21: Mittlere Änderung des 100-jährlichen Hochwasserabflusses (HQ100) unter dem „Weiter-wie-bisher“-Szenario (RCP8.5) in der fernen Zukunft (2071-2100) gegenüber dem Referenzzeitraum (1971 – 2000); links: Sommerhalbjahr (Mai – Okt), rechts: Winterhalbjahr (Nov – Apr) (MU 2022a)

5.2.3 Starkregen, Sturzfluten, Wassererosion

Starkregen bewirken lokal begrenzte Hochwasser an kleineren Fließgewässern, entsprechende Ereignisse werden dann häufig auch als **Sturzflut** bezeichnet. Starkregen können zusätzlich Überflutungen auf lokal begrenzter Fläche hervorrufen, wenn die Niederschlagsintensität die Wasseraufnahmefähigkeit des Bodens oder die Leistungsfähigkeit von Entwässerungssystemen deutlich übersteigt. Dies gilt besonders für Tallagen sowie verdichtete bzw. versiegelte Flächen, z. B. in Siedlungsbereichen. Hier ist oftmals auch die Kanalisation mit der Abführung derart großer Wassermengen in sehr kurzer Zeit überlastet. Grundsätzlich weisen Starkregen ein erhebliches Potenzial von Schäden und Gefahren auf (RGB 2019). In der Literatur gibt es verschiedene Schwellenwerte für Starkregen. Die Klimaforschung nutzt hierbei tägliche Niederschlagssummen zur Klassifizierung. Zur Klassifizierung und Abgrenzung einzelner Niederschlagsereignisse siehe Tabelle 6. Obwohl Klimaszenarien keinen eindeutigen Trend für die Häufigkeit von Starkregen ergeben, wird vor allem für die Sommermonate erwartet, dass die in ihrer Gesamtmenge voraussichtlich abnehmenden Niederschläge verstärkt als Starkregenereignisse eintreten. Diese Niederschlagsmengen wirken vor dem Hintergrund zunehmender Bodentrockenheit im Sommer kaum auf den Bodenwasserhaushalt, da sie infolge der mangelnden Aufnahmekapazität trockener oder versiegelter Böden unmittelbar zu einem verstärkten Oberflächenabfluss führen (MU 2022a).

In Folge von Starkregen muss mit **Bodenerosion** gerechnet werden. Diese ist weltweit das größte und auch das älteste Bodenschutzproblem (Krebs et al. 2017). Unter Erosion versteht man die Ablösung und Verlagerung von Bodenmaterial durch Wasser oder Wind. Bodenerosion ist primär auf offenen Ackerflächen ein Problem (MU 2019) und im städtischen Umfeld weniger häufig. Durch Starkregen ist durch Wasser ausgelöste Bodenerosion jedoch auch in der Stadt möglich. Die Stärke der Bodenerosion durch Wasser hängt u.a. von der Niederschlagsintensität, dem Infiltrationsvermögen des Bodens, der Hangneigung und der Hanglänge sowie der Oberflächenrauigkeit (Fließwiderstände) ab. Durch den Klimawandel wird es im Winter in manchen Böden voraussichtlich zu längeren Phasen der Wassersättigung kommen, sodass es zu Sätti-

gungsflächenabfluss („saturation excess runoff“) kommt. Die Zunahme von Starkregenereignissen im Sommer führt zu vermehrtem „infiltration excess runoff“ (Hortonscher Landoberflächenabfluss). Dieser tritt auf, wenn die Niederschlagsintensität die Infiltrationskapazität des Bodens überschreitet, dieser aber noch nicht tiefgründig mit Wasser gesättigt ist. Der vermehrte Oberflächenabfluss führt in beiden Fällen zu einem erhöhten Risiko für Bodenerosion.

Klimafolgen

Klimaprojektionen für Niedersachsen gehen bis zum Ende des Jahrhunderts von einer Zunahme der Starkregenereignisse aus (MU 2022a). Die in den Sommermonaten in ihrer Gesamtmenge zwar abnehmenden Niederschläge werden verstärkt als Starkregenereignisse eintreten (DWD 2018). Somit gewinnt dieses Thema in Zeiten des Klimawandels für Städte und Gemeinden zunehmend an Bedeutung. Ein kommunales Starkregenrisikomanagement hat das Ziel, sich der Gefahr und des Schadenspotenzials durch ein Starkregenereignis bewusst zu werden. Um Starkregenereignisse besser bewältigen zu können, sind durch Städte und Gemeinde vorsorgende Maßnahmen zu treffen, um mögliche Schäden zu reduzieren. Zur Unterstützung und Beratung der Gemeinden hat das Niedersächsische Ministeriums für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz die Kommunale Umwelt AktioN e. V. (UAN) Anfang des Jahres 2020 mit der Durchführung eines Pilotprojektes zur „Kommunalen Starkregenvorsorge in Niedersachsen“ beauftragt. Die Projektergebnisse werden in einem Leitfaden als praktische Hilfestellung für Städte und Gemeinden zur Verfügung gestellt.

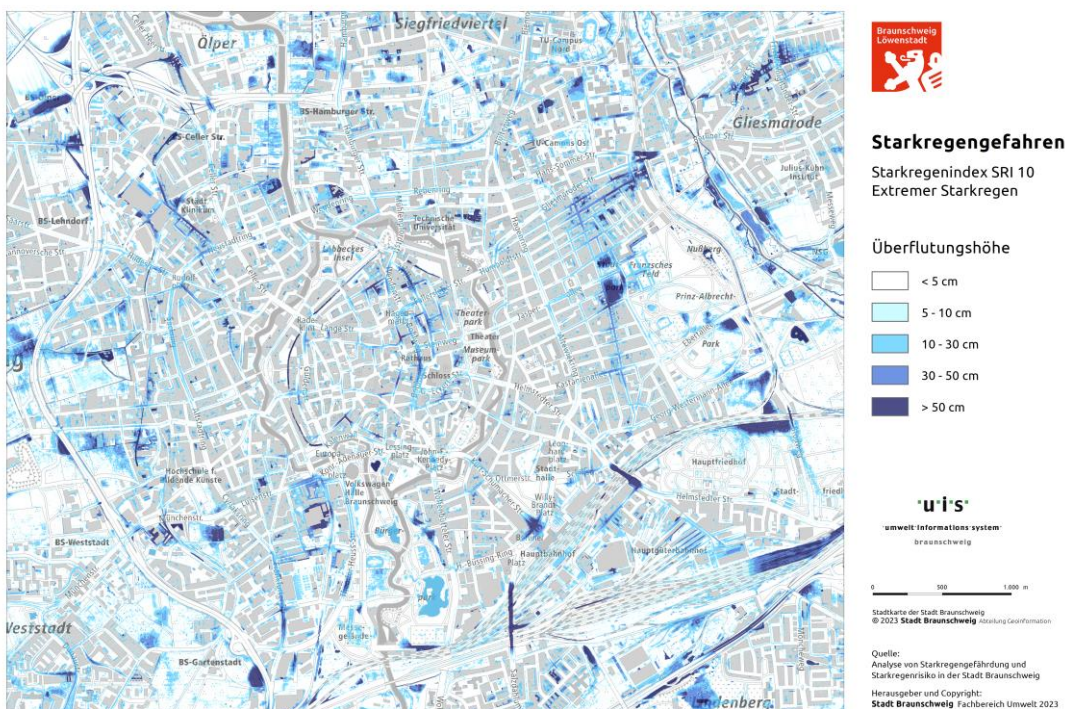


Abbildung 22: Starkregenkarte des Braunschweiger Stadtzentrums mit Überflutungshöhen für den Starkregenindex 10; extremer Starkregen (Stadt Braunschweig 2022)

Die Stadt Braunschweig hat im Jahr 2022 die Ergebnisse der [Starkregenanalyse](#) mit dem Ziel veröffentlicht, die besonders gefährdeten Bereiche in der Stadt zu identifizieren und Überflutungsrisiken im Falle eines Starkregens einschätzen zu können (Stadt Braunschweig, HGN Beratungsgesellschaft mbH 2021). Eine Einstufung der Starkregenintensität erfolgt nach einem Index (SRI), der Werte von 1-12 annehmen kann. Mit Hilfe einer Modellierung wurden für das

Stadtgebiet die Lastfälle SRI 4-5, 7 und 10 untersucht und in Karten die potenziellen Überflutungshöhen für diese Ereignisse dargestellt. Die Starkregengefahrenkarte für das Ereignis mit dem SRI 10 „extremer Starkregen“ zeigt Abbildung 22. Für die untersuchten Lastfälle wurden die in Tabelle 8 aufgeführten Eingangsdaten verwendet. Es lässt sich ableiten, dass bei einem extremen Starkregen (hier 75 l m^{-2} in 1 h) lokale Überschwemmungen von mehr als 50 cm möglich sind. Dies ist vor allem an Bachläufen und Gräben, sowie in Unterführungen oder in Landschaftsmulden der Fall.

Tabelle 8: Gliederung von Starkregenereignissen zur Lastbewertung (Stadt Braunschweig und HGN Beratungsgesellschaft mbH 2021)

Starkregenindex (SRI)	Bezeichnung des Starkregens	Regendauer [min]	Intensität [mm/h]
4-5	intensiv	60	41
7	außergewöhnlich	60	51
10	extrem	60	75

Die Modellrechnungen konnten durch das Starkregenereignis vom 22.06.2023, das in der Stadt Braunschweig lokal mit Niederschlägen $>120 \text{ mm}$ einherging (vgl. Abb. 17), weitgehend verifiziert werden. Im Auftrag der Stadtentwässerung Braunschweig wurde dieses Starkregenereignis (s. auch [Kap. 3.4](#)) außerdem durch das Institut für technisch-wissenschaftliche Hydrologie GmbH (itwh) radarhydrometeorologisch rekonstruiert. Dabei wurden auf Basis von Radardaten und Messdaten die SRI für den Zeitraum zwischen 14 und 21 Uhr, also einen siebenstündigen Zeitraum dargestellt (s. Abb. 23; vgl. auch Abb. 17).

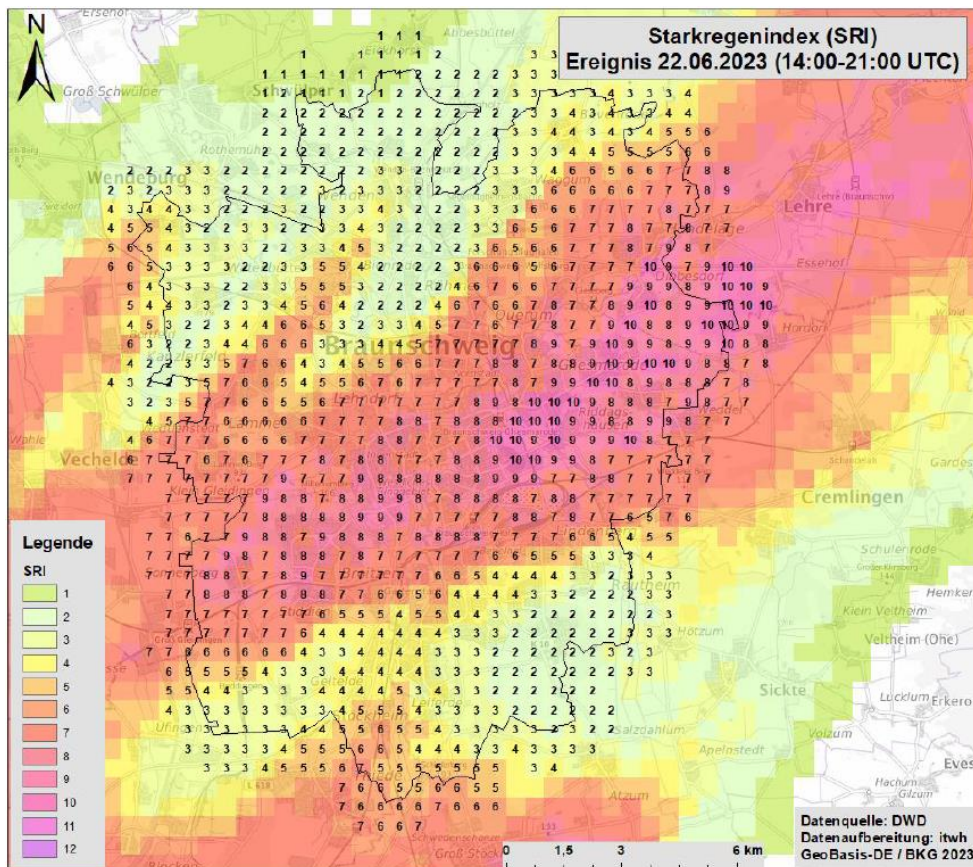


Abbildung 23: Einordnung des Starkregenereignisses am 22.06.2023 gemäß Starkregenindex (SRI) (© SE/BS und itwh)

Auf Grundlage der veröffentlichten Karten und den weiteren vorhandenen Informationen (z. B. dem [Leitfaden zum Schutz und Vorsorge vor Starkregen](#) in Form eines Flyers) können auch Grundstückseigentümer:innen unmittelbare Handlungserfordernisse ableiten und Eigenvorsorge betreiben. Weitere [Informationen zu Starkregen](#) und der Analyse sind auf der Website der Stadt Braunschweig zu finden.

Eine Zunahme der Häufigkeit und Intensität von Starkregenereignissen wird eine stärkere hydraulische Belastung aber auch Überlastung der vorhandenen Kanalnetze und der Anlagen zur Regenwasserbehandlung und -rückhaltung bewirken. Überstau- und Überflutungsereignisse werden in bestehenden Kanalnetzen zunehmen. Der bislang nicht durchgängig geübten Praxis, geordnete Überflutungswege für das auf die Oberfläche austretende Wasser nachzuweisen, wird daher erhebliche Bedeutung zukommen. Neben bereits bekannten an der Grenze der Leistungsfähigkeit befindlichen Teilen des Kanalnetzes werden sich neue Schwachpunkte einstellen.



Exkurs: Bemessung von Entwässerungsnetzen

Die Bemessung von Entwässerungsnetzen erfolgt nach DIN EN 752 „Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden – Kanalmanagement“. Demnach sollen Kanalnetze bspw. in Stadtzentren, Industrie- und Gewerbegebieten so bemessen werden, dass es bei einem festgelegten Bemessungsregen nur einmal in 30 Jahren zu einer Überflutung kommt. Daneben werden für die Überstauhäufigkeit Empfehlungen für Neubau oder Sanierung gegeben. So soll es bspw. in Stadtzentren, Industrie- und Gewerbegebieten seltener als einmal in fünf Jahren zu einem Überstauereignis kommen. Bei einem Überstau wird ein bestimmtes Bezugsniveau überschritten, sodass es zu Austritt von Wasser auf die Straßenfläche kommt.

Bei der Ableitung von Abwässern wird nach Misch- und Trennsystem unterschieden. In der Mischwasserkanalisation fließen Schmutz- und Regenwasser gemeinsam ab, im Trennsystem werden häusliches Schmutzwasser und gesammeltes Niederschlagswasser in getrennten Kanälen abgeleitet. Die Ableitung von häuslichen Abwässern erfolgt in Niedersachsen überwiegend im Trennsystem. In Braunschweig sind in Teilen der Stadt Mischsysteme vorhanden. Um bei Starkregenereignissen die Funktionsfähigkeit der öffentlichen Abwasseranlagen erhalten zu können, müssen im Mischsystem bei extremer Abwassermenge auch Anteile von ungeklärtem Schmutzwasser in die Fließgewässer abgeschlagen werden. Bei zunehmender Häufigkeit von Starkniederschlägen würden entsprechend häufigere Abschlüge aus dem Mischsystem erforderlich. Dies würde höhere bzw. häufigere Schmutzwasserfrachten für die Fließgewässer nach sich ziehen. Auch die Zunahme der Niederschlagssummen im Winter, ggf. auch im Frühjahr und Herbst, kann zu einer höheren hydraulischen Belastung der Kläranlagen führen. Die Abbauleistung der biologischen Stufe kann infolge geringerer Konzentrationen und niedrigerer Abwassertemperaturen reduziert werden.

Durch die intensiveren Regenereignisse können die Abflussmengen im Trennsystem phasenweise stark zunehmen und bei Ableitung in die städtischen Fließgewässer zu einer höheren hydraulischen Gewässerbelastung („hydraulischer Stress“) führen. Dieser kann u.a. negative Folgen für die gewässertypische Lebensgemeinschaft haben. Gerade kleinere, siedlungsgeprägte Fließgewässer mit Einleitungen aus Kanalisationen können bei lokalem Starkregen sehr schnelle Überflutungen entwickeln, die nennenswerten Schadenssummen verursachen können. Eine Zunahme dieser Ereignisse ist wahrscheinlich.

Weiterhin führen Starkregenereignisse auch fernab von Flüssen oft zu spontanen Überflutungen. Die in kurzer Zeit anfallenden großen Regenmengen können nicht sofort vollständig von der Kanalisation aufgenommen werden und treten infolge von Überdruck in den Kanalrohren

an Geländetiefpunkten teilweise wieder aus. Zusätzlich sammelt sich dort das oberflächlich abfließende Regenwasser und es kommt zu Schäden an Gebäuden und Infrastruktur infolge dieser Überflutungen.

Bodenerosion wird vom niedersächsischen Umweltministerium (MU 2019) mit Hilfe der potenziellen Erosionsgefährdung ermittelt. Für die Berechnung der Erosionsgefährdung wird in Deutschland die allgemeine Bodenabtragungsgleichung (ABAG, s. Glossar) verwendet (Krebs et al. 2017, S. 217). Insgesamt ist die Erosionsgefährdung in der Stadt Braunschweig aufgrund des flachen Reliefs gering und sie wird sich aller Voraussicht nach auch in naher und ferner Zukunft nicht deutlich erhöhen. Bei der Betrachtung der potenziellen Erosion ist allerdings der Einfluss der Starkregenereignisse methodisch nicht abgebildet, weshalb tendenziell mit einer etwas höheren Gefährdung zu rechnen ist (MU 2019).



Klimarisiken

Bereits heute stellt Starkregen aufgrund der Empfindlichkeit und der Schadenspotenziale im Siedlungsraum sowie durch kurze Vorwarnzeiten ein erhebliches Risiko für Stadtgebiete dar (siehe MU 2019). Im Gegensatz zum Flusshochwasser sind die Vorwarnzeiten bei Starkregenereignissen sehr kurz und auch die verursachten Überflutungen treten spontan, nahezu ohne Vorwarnung auf. Daher sind temporäre und kurzfristige Schutzmaßnahmen wie Sandsäcke oder mobile Dämme kaum erfolgsversprechend.

Starkregen stellt aufgrund der Empfindlichkeit und der Schadenspotenziale im hoch versiegelten und dicht bewohnten Siedlungsraum sowie durch kurze Vorwarnzeiten ein erhebliches Risiko für Stadtgebiete dar. Da zukünftig voraussichtlich mit häufigeren und intensiveren Starkregenereignissen gerechnet werden muss, sind Schutzmaßnahmen unumgänglich.

Da zukünftig voraussichtlich mit häufigeren und intensiveren Starkregenereignissen gerechnet werden muss, wird sich das Klimarisiko weiter erhöhen. Durch die Zunahme der Starkregenereignisse wird das Kanalnetz zukünftig noch mehr gefordert sein und eine Überlastung des Netzes und die damit verbundenen Überstau- und Überflutungsereignisse werden häufiger auftreten.

Durch Bodenerosion treten sowohl On-Site- als auch Off-Site-Schäden auf. Als On-Site-Schäden werden die Verminderung der Bodenfruchtbarkeit und Wasserspeicherfähigkeit durch Abtragung der fruchtbaren/wertvollen oberen Bodenkrume bezeichnet. Off-Site-Schäden entstehen durch die Ablagerung von erodiertem Bodenmaterial z. B. auf angrenzenden Siedlungsflächen oder Gewässern. Neben den Kosten für die Beseitigung des Materials kann es zu einem Eintrag von Nährstoffen, Pflanzenschutzmitteln und Schwermetallen in Gewässer kommen (MU 2022a).

5.2.4 Niedrigwasser

Niedrigwasser beschreibt eine niedrige Abflussmenge eines Fließgewässers. Niedrigwasser wird durch über einen längeren Zeitraum andauernde extreme Trockenheit (geringe Niederschlagsmenge) sowie hohe Temperaturen und damit verbundener hoher Verdunstung hervorgerufen (vgl. [Kap. 5.2.7](#)).

Niedrigwasser tritt im Gegensatz zu Hochwasser nicht plötzlich oder kurzzeitig auf, sondern entwickelt sich über einen längeren Zeitraum von Wochen bis hin zu Monaten. Bei Niedrigwasser wird der Abfluss nahezu alleine durch das Grundwasser gespeist, da Oberflächenabfluss und Zwischenabfluss aus dem Boden bei solchen extremen Bedingungen kaum noch stattfinden. Bei Niedrigwasser sind somit die Wechselwirkungen zwischen Grundwasser und Abfluss des Gewässers enger. Dies betrifft die Wassermenge, die Wasserqualität und die Wassertemperatur (MU 2019).

Niedrigwasser kann verstärkt werden durch:

- Erhöhten Wasserbedarf und Transpiration der Vegetation,
- Die gestörte bzw. fehlende Versickerung des Niederschlagswassers durch versiegelte oder verdichtete Flächen (oberflächlich abfließendes Niederschlagswasser, reduzierte Grundwasserneubildung),
- Eine zu hohe Entnahme von Grundwasser oder Brauchwasser aus den Gewässern und
- Aufstau und Speichermaßnahmen sowie Wasserentnahmen im Oberlauf des Gewässers (MU 2019).

Klimafolgen

Die Betrachtung des Phänomens Niedrigwasser basiert auf den Pegel­daten des NLWKN von 1966 bis 2017 und den Kenngrößen der maximalen Niedrigwasserdauer und des maximalen Abflussvolumen­defizits (NLWKN 2019a). Daraus ergibt sich, dass sich die Niedrigwassersituationen in Niedersachsen insbesondere seit 1988 kontinuierlich verschärft hat (NLWKN 2019a). Dies betrifft insbesondere auch den Südosten Niedersachsens, in dem sich Braunschweig befindet.

Die Niedrigwassersituation in Niedersachsen hat sich seit 1988 kontinuierlich verschärft. In den Jahren 2018 bis 2022 kam es zu ausgeprägten Niedrigwasserphasen mit Auswirkungen auf Wasserwirtschaft, Schifffahrt, Kühlwasserentnahmen und Ökologie. Aufgrund des Klimawandels ist mit häufigeren und längeren Niedrigwasserperioden der Binnengewässer zu rechnen.

Das Sommerhalbjahr 2018 war in Niedersachsen eines der wärmsten und trockensten seit Beginn der Wetteraufzeichnungen Ende des 19. Jahrhunderts (NLWKN 2019a). Im Winter 2017/18 fielen zwar noch durchschnittliche Niederschlagsmengen, im Frühling lagen die Werte leicht unter dem Durchschnitt und im Sommer fiel deutlich zu wenig Niederschlag (NLWKN 2019a). Auch in den Jahren 2019, 2020 und 2022 bot sich ein sehr ähnliches Bild (MU 2019, NLWKN 2019b und 2023 mdl. Mitteilung). Es kam in diesen Jahren zu ausgeprägten Niedrigwasserphasen mit Auswirkungen auf Wasserwirtschaft, Schifffahrt, Kühlwasserentnahmen und Ökologie. Ähnliche Niedrigwasserphasen wie 2018/19 werden in Zukunft als Folge der Klimaänderungen häufiger

erwartet (MU 2022a). Zu den Folgen von Niedrigwasser in kleinen städtischen Gewässern s. auch [Kapitel 5.4.3](#) „Fließgewässer, stehende Gewässer und Feuchtgebiete“.

Klimarisiken

Extreme Niedrigwasser bedeuten eine erhöhte Stressbelastung von Organismen im und am Wasser z. B. durch höhere Wassertemperaturen, geringere Sauerstoffkonzentrationen und erhöhte Stoffkonzentrationen (s. auch Kap. 5.4.3; MU 2019, NLWKN 2019b).

Durch den einsetzenden Klimawandel ist mit häufigeren und längeren Niedrigwasserperioden der Binnengewässer zu rechnen. Damit gehen gravierende ökologische und ökonomische Folgen einher, bestehende Nutzungskonflikte werden sich verschärfen. Ein erhöhtes Auftreten von Niedrigwasserperioden kann zu stärkeren Einschränkungen von Nutzungen, etwa bei Entnahme und Einleitung von Kühl- und Brauchwasser für Industrieanlagen und Kraftwerke, Feldberegnung und Kläranlagen führen (MU 2022a).

5.2.5 Grundwasser

Grundwasser ist das Wasser, das unterirdisch in Hohlräumen von Gesteinskörpern vorkommt, diese Hohlräume vollständig ausfüllt und dessen Bewegung ausschließlich durch die Gravitation gesteuert wird (DIN 4049). Grundwasser ist eine erneuerbare Ressource und wird hauptsächlich durch versickerndes Niederschlagswasser gespeist. Aus der Höhe der Grundwasserneubildung ergibt sich langfristig das Grundwasserdargebot, das für eine nachhaltige Nutzung zur Verfügung steht. Die Dynamik von Witterung und Klima führt als bestimmender Faktor der Grundwasserneubildung zu einer Veränderung der Grundwasserstände, auch unter Klimawandelbedingungen. Diese schlägt sich in kurzfristigen, saisonalen und längerfristigen Schwankungen des Grundwasserstand-Niveaus nieder.

Die Auswirkungen des Klimawandels auf das Grundwasserdargebot bzw. auf die Grundwasserneubildung stehen somit in direkter Verbindung mit den Grundwasserständen. Die Grundwasserstände folgen zeitversetzt den Niederschlägen und Trockenphasen; hohe Grundwasserstände werden in der Regel im April/Mai und die niedrigsten im Oktober/November gemessen.

Klimafolgen und -risiken

Durch die zu erwartende zeitliche Niederschlagsverschiebung und die erhöhte Verdunstung im Sommerhalbjahr können die natürlichen saisonalen Grundwasserstandsschwankungen verstärkt werden. Das Ausmaß von negativen Auswirkungen hängt von der Intensität zukünftiger Trocken- und Feuchtperioden ab und kann in Abhängigkeit von der hydrogeologischen Situation regional sehr unterschiedlich sein (MU 2023). Die Grundwasserressourcen stellen ein Puffersystem im hydrologischen Kreislauf dar und haben eine zentrale Bedeutung für den Wasserhaushalt in einer Region, die Trink- und Brauchwasserversorgung sowie die Wasserführung in den Oberflächengewässern. Verringerte Grundwasserneubildungsraten (vgl. [Kap. 5.2.7](#)) und höhere Wasserbedarfe in Trocken- und Hitzeperioden können als Folge des Klimawandels das Absinken der Grundwasserstände verstärken und Nutzungskonflikte bezüglich der Grundwasserressourcen verursachen bzw. verschärfen.

Durch die bereits eingetretenen jahreszeitlichen Verschiebungen der Vegetationszeiten und der Niederschläge sowie die erhöhte Verdunstung im Sommerhalbjahr werden die saisonalen Grundwasserstandsschwankungen regional bereits erheblich verstärkt. Die Grundwasserressourcen stellen ein Puffersystem im hydrologischen Kreislauf dar und haben eine zentrale Bedeutung für den Wasserhaushalt in einer Region, die Trink- und Brauchwasserversorgung sowie die Wasserführung in den Oberflächengewässern.

Mit fortschreitendem Klimawandel sind Trockenjahre wie 2018 und 2019 häufiger zu erwarten. Sie sind der vorläufige Höhepunkt einer bereits seit Anfang der 2000er Jahre anhaltenden Phase mit unterdurchschnittlichen Niederschlägen und tiefen bzw. abnehmenden Grundwasserständen (MU 2022a). Dabei zeigen die Grundwasserstände in vielen Landesmessstellen Niedersachsens für die Jahre 2018 bis 2022 Rekordwerte für Grundwassertiefststände (NLWKN 2020, 2022, 2023). Abbildung 24 illustriert am Beispiel der jährlichen Niedrigwasserstände die langjährige Grundwasserstandentwicklung in Niedersachsen, die von deutlichen Feucht- und Trockenphasen geprägt ist. Die Hoch- und Tiefstandphasen des Grundwasserstandes werden ebenso deutlich, wie deren unterschiedliche regionale Gewichtung. Im Gegensatz zu vorhergehenden Trockenjahren sind die Auswirkungen der Trockenheit in 2018 und 2019 nunmehr landesweit erkennbar.

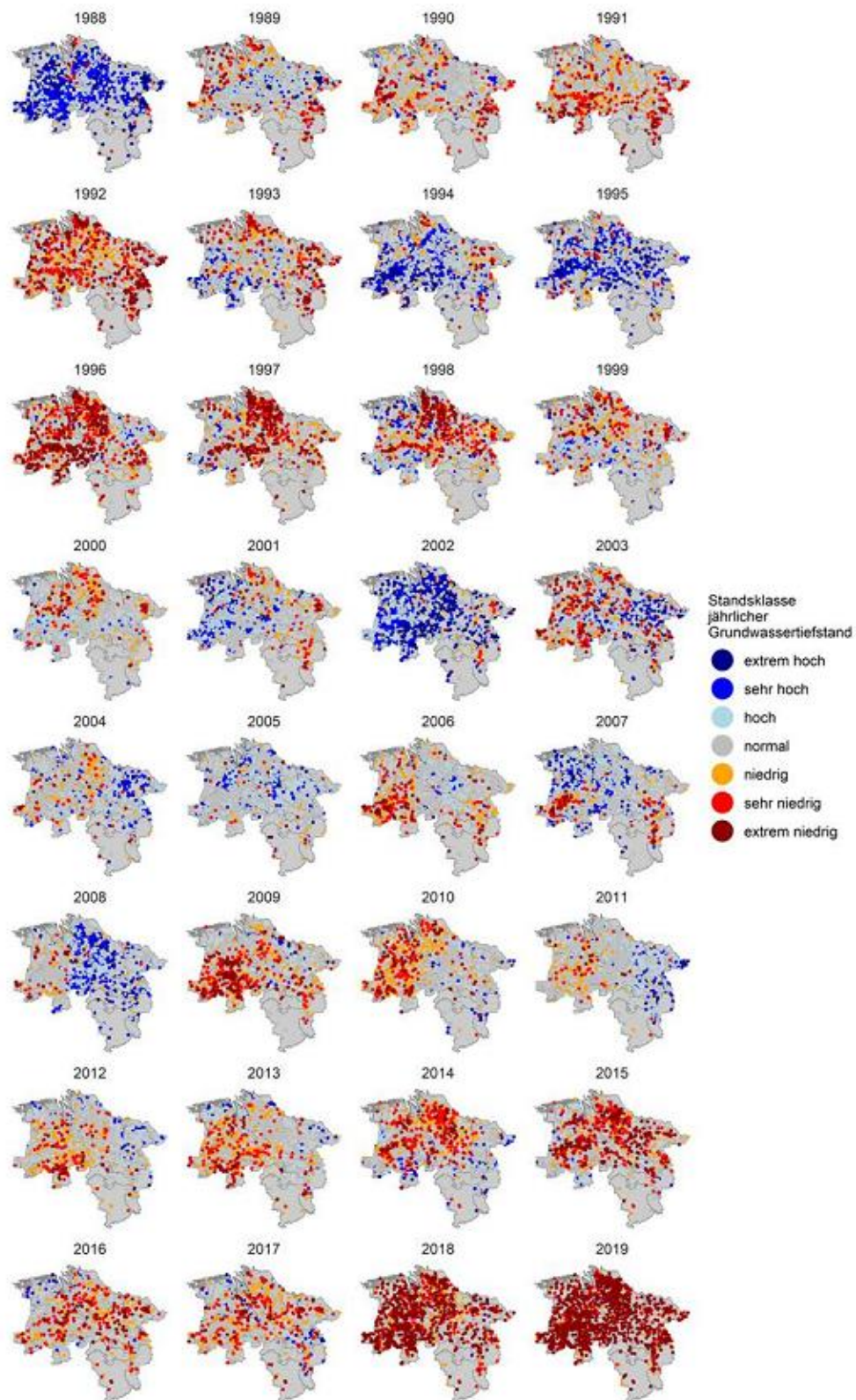


Abbildung 24: Entwicklung der Grundwassertiefstände 1988-2019. Klassifizierte Darstellung der Grundwassertiefstände. Bezugsgröße ist für jede Messstelle der jährliche Grundwassertiefstand im Vergleich zur Quantils Verteilung der jährlichen Tiefstände im Zeitraum 1988-2017 (nach NLWKN 2020, aus MU 2022a)



Die aktuelle Grundwasserstandentwicklung an Messstellen aus der näheren Umgebung Braunschweigs (s. Abb. 25) zeigt, dass die relativ oberflächennahen Grundwasserstände an den Messstellen Neubrück I (GOK=64,39 mHNN) und Klein Schwülper I (GOK=65,09 mHNN), die zwischen 0,5 und 3 m unter der Geländeoberfläche (GOK) liegen, seit ca. 2008 gesunken sind. An der Messstelle Timmerlah I (GOK=91,24 mHNN), wo der Grundwasserstand im Zeitraum 1992 - 2019 im Mittel bei 14 m unter Gelände lag, sinkt der Grundwasserspiegel seit einigen Jahren kontinuierlich und hatte im Dezember 2022 mit 15 m unter Gelände einen absoluten Tiefststand erreicht. Zurückzuführen sind die Abnahmen auf die deutlich reduzierten Niederschlagsmengen in den vergangenen Jahren (vgl. [Kap. 3.3](#)). Die Beobachtungen geben einen ersten Eindruck von den zu erwartenden Auswirkungen des Klimawandels auf die Grundwasserstände in Niedersachsen. Mehrjährige Trockenphasen und steigende Entnahmemengen können zu deutlichen Absenkungen führen. Daher ist eine nachhaltige und vorausschauende Grundwasserbewirtschaftung mit fortschreitendem Klimawandel umso wichtiger. Dies ist insbesondere deshalb von Bedeutung, da der Klimawandel den Nutzungsdruck auf die Ressource Grundwasser verstärkt (MU 2022a).

Im Zuge des bereits eingetretenen Klimawandels wird es ein maßgebliches Ziel sein, ein ausreichendes Grundwasserdargebot aufrechtzuerhalten und somit die Grundwasserneubildung zu fördern. Es muss damit gerechnet werden, dass die Grundwasseroberfläche in den Sommermonaten stärker als bisher absinkt und es neben ökologischen Auswirkungen vor allem in längeren Trockenphasen zu Engpässen bei der Nutzung von Grundwasser (z. B. Gartenbewässerung, s. auch [Kap. 5.4.2](#)) kommt. Insbesondere in urbanen Räumen ergeben sich deshalb Handlungsfelder zur Rückhaltung und Speicherung von direkt abfließendem Niederschlagswasser und zur Entsiegelung verdichteter Böden und versiegelter Flächen, um das natürliche Wasserspeichervermögen der Böden und der Grundwasserkörper möglichst wiederherzustellen (MU 2022a).

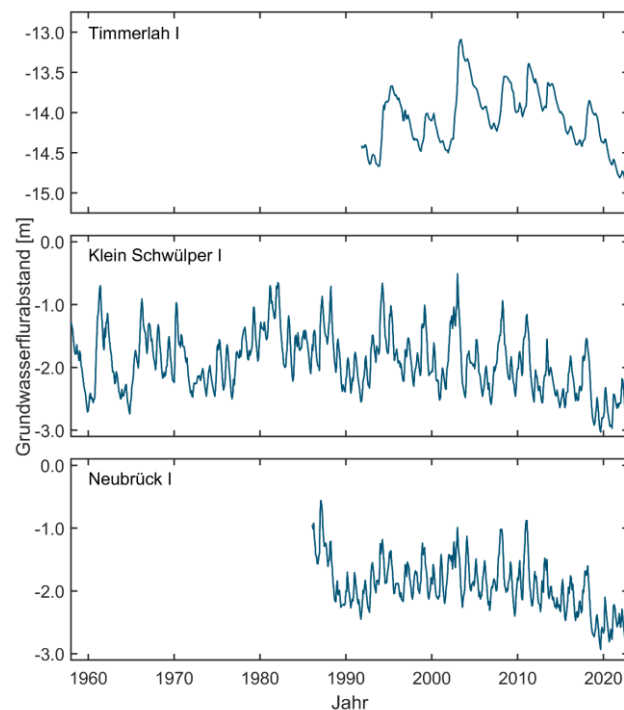


Abbildung 25: Entwicklung des Grundwasserflurabstands in der Umgebung Braunschweigs, GW-Messstellen Timmerlah I, Klein Schwülper I und Neubrück I (Darstellung ab Messbeginn; NLWKN 2023, mdl. Mitteilung)

5.2.6 Wasserversorgung

Für die öffentliche Wasserversorgung werden in Niedersachsen rund 86 % der benötigten Wassermenge aus dem Grundwasser gefördert, während rund 12 % aus den Harztalsperren abgeleitet werden. Die übrigen 2 % entfallen auf Fluss- und Quellwasser sowie Uferfiltrat. In Braunschweig erfolgt die Trinkwasserversorgung überwiegend aus den Trinkwassertalsperren im Harz (Ecker- und Granetalsperre) sowie zu einem geringen Anteil aus dem Wasserwerk am Bienroder Weg aus eigenen Brunnen. Ab Februar 2024 deckt die Löwenstadt rund 35 % ihres Wasserbedarfs mit Grundwasser aus dem Wasserwerk Börßum im Landkreis Wolfenbüttel. Durch eine neu gebaute Leitung fließen jährlich etwa 5 Millionen Kubikmeter Trinkwasser pro Jahr nach Braunschweig. Diese Liefermengen ersetzen teilweise die bisherigen Liefermengen aus den Harztalsperren.

In den letzten 20 Jahren mit unterdurchschnittlichen Niederschlägen - insbesondere in 2018/2019 und 2021/2022 sanken neben den Grundwasserständen in Niedersachsen (vgl. Abb. 24 und mdl. Mitteilung NLWKN 2023) teilweise auch die Füllstände der Talsperren in den Trockenphasen deutlich. Deshalb ist es ratsam und folgerichtig auch den lokalen Grundwasserschutz und die Grundwassergewinnung stärker als bisher in den Fokus zu nehmen, um in Braunschweig zukünftig neben dem Harzwasser auch, wie oben genannte, lokale Grundwasserressourcen zur Sicherung der städtischen Wasserversorgung nutzen zu können.

Klimafolgen

Bei abnehmenden Niederschlagsmengen im Sommer und zeitgleich steigenden Temperaturen nimmt der Wasserbedarf in den Sommermonaten stark zu, wie die beiden Trockenjahre 2018 und 2019 bereits deutlich gemacht haben. Warme und trockene Perioden lassen den Wasserbedarf der Bevölkerung zum Privatgebrauch, aber auch den Wasserbedarf von Gewerbebetrieben (z. B. zur Kühlung) oder zur Bewässerung von städtischen Bäumen und bei der Entwicklungspflege von Grünanlagen ansteigen. Es ist daher künftig im öffentlichen Versorgungsnetz mit zunehmenden Verbrauchsspitzen zu rechnen. Das stellt die technische Infrastruktur vor neue Herausforderungen. Nicht nur das Verteilnetz, auch die Liefermenge einzelner Wasserwerke in Spitzenzeiten und die Speicherung von Trinkwasser könnten an Kapazitätsgrenzen stoßen (MU 2022a).

Die gewohnt sichere Versorgung mit Trink- und Brauchwasser könnte in längeren und extremen Trockenphasen aufgrund eines höheren Wasserverbrauchs und nicht ausreichender Ressourcen zukünftig zeitweise eingeschränkt sein. In der Folge könnten Verbrauchseinschränkungen notwendig werden und Nutzungskonflikte zu lösen sein.

Steigende Wasserbedarfe für die unterschiedlichen Nutzungszwecke (öffentliche Wasserversorgung, Gewerbe und Industrie, Grünflächenbewässerung, Kühlung etc.) verschärfen die Konkurrenz um die verfügbaren Wasserressourcen in der Stadt. Die Trinkwasserversorgung hat gegenüber Konkurrenznutzungen, insbesondere im Bereich der Wassergewinnung, weiterhin wasserrechtlichen Vorrang (MU 2022b). Allerdings werden in Trockenzeiten bundes- und landesweit zunehmend zeitliche Beschränkungen zur Entnahme von Wasser oder zur Verwendung von Trinkwasser ausgesprochen, um den Verbrauch bei Wasserknappheit zu drosseln (s. auch [Kap. 5.4.2](#)).



Exkurs: Landwirtschaftliche Bewässerung mit geklärtem und hygienisiertem Wasser vom Klärwerk Steinhof

Das Klärwerk Steinhof reinigt das Abwasser aus der Stadt Braunschweig sowie aus einigen Gemeinden des Wasserverbands Gifhorn zunächst mechanisch und dann biologisch. Bei der Reinigung entsteht Schlamm, der zur Erzeugung von Faulgas genutzt wird, das im Blockheizkraftwerk verstromt wird. Das gereinigte Wasser fließt zur Hälfte in die Rieselfelder. Die andere Hälfte wird von Anfang März bis Ende November auf 2.700 Hektar landwirtschaftlich (lws) genutzten Flächen außerhalb des Stadtgebietes verregnet. Dies entspricht einer Wassermenge von etwa 10 Mio. Kubikmetern im Jahr. Dem zur Verregnung kommenden gereinigtem und hygienisiertem Wasser wird in der Zeit, in der Nährstoffe von den Pflanzen aufgenommen werden können, ausgefallener Klärschlamm hinzugefügt. Durch die Beregnung der lws Nutzflächen mit gereinigtem, hygienisiertem Wasser wird das Grundwasser geschont (Abwasserverband BS 2024; UWB 2024).

5.2.7 Bodenwasserhaushalt

Böden nehmen durch ihre Regulierungsfunktion (Amelung et al. 2018) Einfluss auf den Wasser-, Energie- und Stoffhaushalt einer Stadt, da sie als Filter, Puffer und Speicher wirken. Urbane Böden können auf diese Weise Abflussspitzen in Folge von Starkregen dämpfen und den urbanen Wärmeinseleffekt verringern. Letzteres ist jedoch an die Fähigkeit gebunden, auch während längerer Trockenphasen im Sommer ausreichend Wasser zu speichern, welches der Oberfläche beim Verdunsten sogenannte latente Wärme entzieht und auf diese Weise zur Kühlung der Umgebung beiträgt (s. [Kap. 3.2](#) zu städtischem Wärmeinseleffekt). Die Wasserspeicherfähigkeit von Böden hängt vom Gesamtporenvolumen und der Porengrößenverteilung ab. Insgesamt können Böden im urbanen Umfeld daher zusätzlich zu den in Abschnitt 5.2.1 aufgeführten Ökosystemfunktionen folgende weitere spezifische Funktionen zugeordnet werden:

1. Pufferungsfunktion in Bezug auf Überflutung bei Starkregenereignissen (ein Sonderfall der in 5.2.1 genannten Regulierungsfunktion)
2. Kühlungsfunktion (gemeinsam mit städtischer Vegetation, aber bei ausreichender oberflächennaher Bodenfeuchte auch unabhängig von der Vegetation)

Stadtböden unterscheiden sich von natürlich gewachsenen Böden deutlich, da im urbanen Umfeld ein ausgeprägter menschlicher Einfluss wirkt. Stadtböden sind daher räumlich sehr variabel und ihre Eigenschaften häufig nur unzureichend charakterisiert. Man kann sie daher als eine „terra inkognita“ ansehen. In jüngster Zeit erfahren Stadtböden in der Wissenschaft ein gesteigertes Interesse. Etwas vereinfachend kann man feststellen, dass Stadtböden tendenziell grobkörnig und daher grobporig sind und Partikel mit Durchmessern größer als 2 mm enthalten (Kies, Steine). Dies führt zu einem geringen Wasserspeichervermögen und geringem kapillarem Aufstieg aus dem Grundwasser. Bezogen auf das Stadtgrün kommt den Pflanzsubstraten besondere Bedeutung zu. Relevant sind in diesem Zusammenhang die physikalischen (Wasserspeicherung) und chemischen (Nährstoffangebot) Eigenschaften sowie ihr Volumenanteil im Untergrund. Neben der Versiegelung von Böden in der Stadt spielt auch die Verdichtung von Böden eine potenziell negative Rolle, da sie das Infiltrationsvermögen senkt und das Risiko von Oberflächenabfluss und Bodenerosion erhöht. Bodenverdichtung hat das Potenzial, die Infiltration von Niederschlägen während Starkregenereignissen in den städtischen Grünanlagen zu verringern.

Stadtböden sind räumlich sehr variabel und ihre Eigenschaften häufig nur unzureichend charakterisiert. Man kann sie daher als eine „terra inkognita“ ansehen.



Für die Region Braunschweig werden folgende Klimaänderungen diskutiert, welche für das Schutzgut Boden und den Bodenwasserhaushalt relevant sind:

1. Verschiebung der Niederschläge vom Sommerhalbjahr in das Winterhalbjahr sowie insgesamt eine leichte Zunahme der Jahresniederschläge (DWD, 2018),
2. Reduktion der Niederschlagssumme im Sommer um bis zu 12 %,
3. Erhöhung der potenziellen Evapotranspiration (definiert als sog. Grasreferenzverdunstung) um 7-19 % (MU 2022a).

Im Folgenden werden die Klimafolgen bezüglich Trockenheit beleuchtet, wofür Daten der letzten 30 Jahre ausgewertet werden. Das Risiko für Bodenerosion wurde im Abschnitt 5.2.3 über Starkregen behandelt, die Verlagerung von Nähr- und Schadstoffen aus dem Boden ins Grundwasser ist für das urbane Umfeld im Kontext von Klimarisiken von untergeordneter Relevanz und wird daher hier nicht näher behandelt.

Trockenheit

Die Begriffe Dürre und Trockenheit sind nicht universell definiert, sondern werden je nach Fokus unterschiedlich festgelegt. Generell bezeichnen Dürre und Trockenheit einen Mangel an Wasser über einen längeren Zeitraum, der durch geringen Niederschlag sowie eine erhöhte Verdunstung bedingt ist (DWD 2023). So werden verschiedene Variablen betrachtet, um Trockenheit zu charakterisieren. Als Trockenperiode wird eine Periode mit ununterbrochen aufeinanderfolgenden Tagen mit weniger als einem Millimeter Niederschlag bezeichnet.

Als effektives Indiz für Trockenheit dient der Wassergehalt des Bodens. Der volumetrische Wassergehalt des Bodens ist definiert als das Volumen des Bodenwassers je Einheitsvolumen Boden und ist daher eine dimensionslose Größe. Unterschiedliche Böden können Wasser unterschiedlich gut in ihrem Porensystem speichern. Zudem ist nicht das gesamte im Boden gespeicherte Wasser pflanzenverfügbar. Pflanzenverfügbar bedeutet, dass das Wasser durch die Pflanzenwurzeln aufnehmbar ist und gegen die Schwerkraft in das Gefäßsystem des Pflanzenkörpers nach oben transportiert werden kann. Als nutzbare Feldkapazität, nFK wird der volumetrische Wassergehalt bezeichnet, der für die Pflanze und damit für die Transpiration zur Verfügung steht. Die nFK ist die Differenz zwischen der Feldkapazität, FK [-], d.h. dem Wassergehalt, welcher gegen die Gravitation im Boden gehalten werden kann, und dem permanenten Welkepunkt, PWP [-], d.h. dem Wassergehalt, der durch die Pflanze nicht mehr dem Boden entziehbar ist (BLE 2017). Bei der Bewertung des Wasserspeichervermögens von Böden ist zu beachten, dass für das Wasserangebot der Vegetation nicht die nFK als intensive Größe entscheidend ist, sondern die extensive Größe nFKWe. Letztere ist das Produkt aus der nFK und der effektiven Wurzeltiefe [mm] und wird in der Einheit [mm] angegeben. Durch die Angabe der nFKWe in der Einheit [mm] kann eine Bilanzierung des Bodenwassers erfolgen, die es erlaubt abzuschätzen, wie lange die Vegetation an einem Standort ohne Niederschlag Wasser verdunsten kann.

Messdaten des Bodenwassergehalts (s. Glossar) im städtischen Umfeld sind schwer verfügbar. Der Deutsche Wetterdienst modelliert den Bodenwasserhaushalt mit dem agrarmeteorologischen Modellsystem AMBAV unter Berücksichtigung meteorologischer Daten und dem Wasserspeichervermögen des Bodens. Der Modelloutput wird in „%nFK“ angegeben, ein Wert von 0 % reflektiert somit einen Wassergehalt, der dem PWP entspricht; ein Wert von 100 % entspricht einem Wassergehalt, welcher der FK entspricht. Da der Bodenwassergehalt tiefenabhängig ist, wird er im Folgenden über den effektiven Wurzelraum gemittelt. Die Simulationen beruhen auf der Annahme, dass die Vegetation Gras ist.

Ein Maß für Trockenstress der Vegetation ist das sogenannte Transpirationsdefizit. Es ist definiert als die Differenz zwischen der potenziellen Evapotranspiration (ET_{pot}) und der realen Evapotranspiration (ET_{real}). Als potenzielle Evapotranspiration wird die Gesamtverdunstung von einer natürlich bewachsenen Bodenoberfläche bei idealer Wasserversorgung bezeichnet; sie reflektiert somit die „Nachfrage“ der Atmosphäre nach Wasserdampf. Im Gegensatz hierzu ist die reale Evapotranspiration die Wassermenge, die bezogen auf die Fläche tatsächlich verdunstet. Sie ist abhängig von der Wasserversorgung der Vegetation und somit eine Funktion des Bodenwassergehalts. Die reale ET ist immer kleiner oder maximal gleich der potenziellen Evapotranspiration, da diese die Wassermenge darstellt, die der Pflanzenbestand bei aktuellen Bedingungen tatsächlich abgeben kann (BLE 2017).

Durch die zu erwartende zeitliche Verlagerung der Niederschläge (Zunahme im Winter, Rückgang im Sommer) und den Temperaturanstieg (s. [Kapitel 3.2](#) und [3.3](#)) führt die höhere potenzielle Verdunstung in der Vegetationsperiode zu einer abnehmenden klimatischen Wasserbilanz, sodass im Sommer die Wasservorräte des Bodens tendenziell stärker ausgenutzt werden. Je nach Wasserspeicherfähigkeit des Bodens sowie Dauer und Anzahl der vorangegangenen Trockenperioden steigt die Gefahr von Trockenstress und Ertragseinbußen (MU 2019).



Aktuelle Trends von Verdunstung und Bodenfeuchte

Seit 1991 ist das Transpirationsdefizit an der DWD-Station in Braunschweig im Schnitt um etwa 3.4 mm pro Jahr gestiegen, da die potenzielle Evapotranspiration, bestimmt durch die klimatischen Randbedingungen, sich stärker erhöht hat als die durch Wasserverfügbarkeit limitierte reale Evapotranspiration (s. Abb. 26).

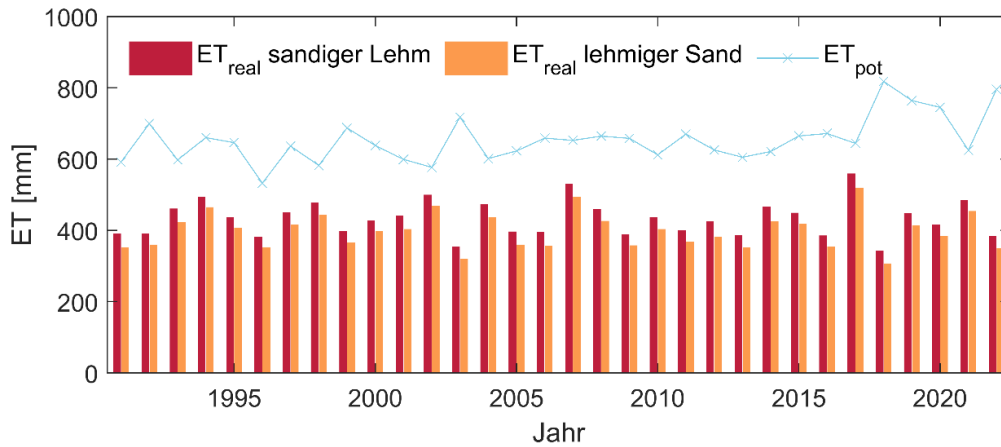


Abbildung 26: Potenzielle (blaue Signatur) und reale Evapotranspiration (rote/orange Signatur) auf zwei mit Gras bewachsenen Böden (sandiger Lehm und lehmiger Sand) für den Standort Braunschweig (DWD Stations-ID 00662) für den Zeitraum von 1991-2022. Die Daten sind Ergebnisse einer Modellierung mit dem agrarmeteorologischen Modellsystem AMBAV vom DWD. Datengrundlage ist das Climate Data Center des DWD.

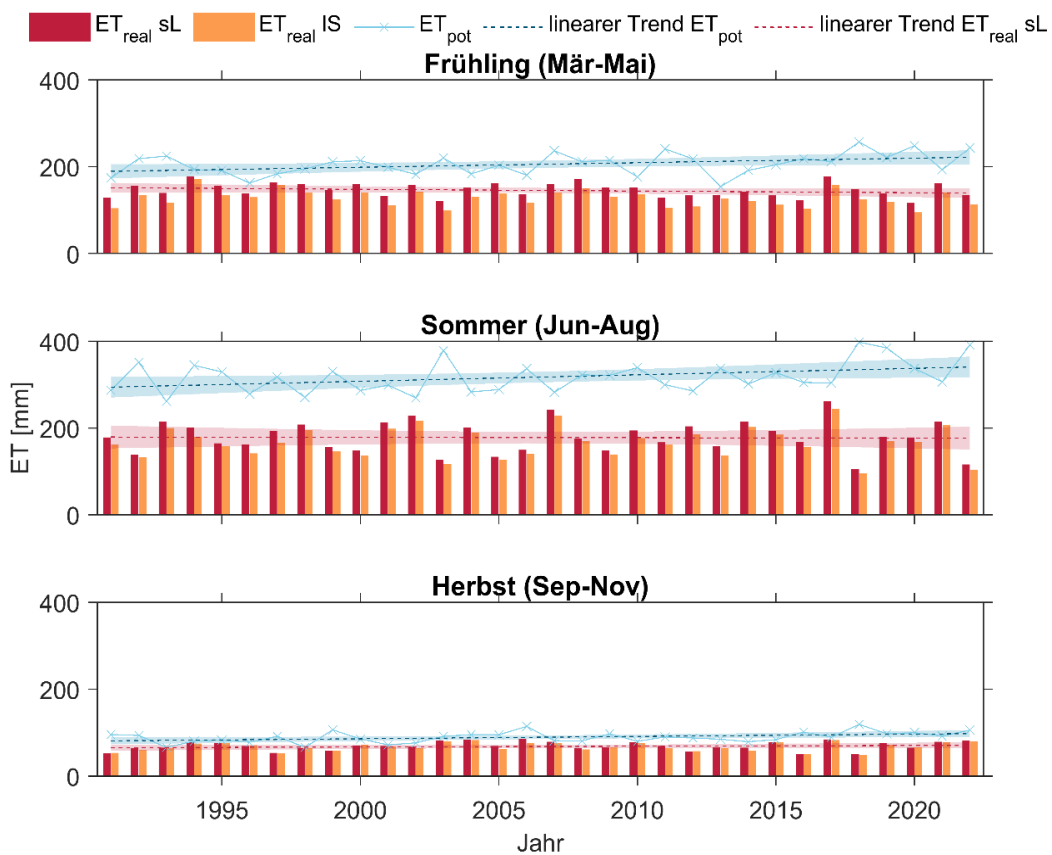


Abbildung 27: Nach Jahreszeiten getrennte Zeitreihen der realen Evapotranspiration (ET_{real}) über Gras bei zwei verschiedenen Bodenarten (sandiger Lehm (sL) und lehmiger Sand (IS)) und der potenziellen Evapotranspiration (ET_{pot}) am Standort Braunschweig (DWD Stations-ID 00662) für den Zeitraum 1991-2022. Die gestrichelten Linien entsprechen den 30-jährigen Trends der ET_{pot} (blau) und der ET_{real} für sandigen Lehm (rot) mit ihren 95%-Konfidenzintervallen.

Dabei ist die jährliche Zunahme der ET_{pot} im Frühling und Sommer besonders hoch, während für ET_{real} kein signifikanter Trend ersichtlich ist (Abb. 27, oben und Mitte). Offensichtlich ist eine Reduktion der realen ET in Folge reduzierter Bodenfeuchte im Sommer kein neues Phänomen, sondern ein langfristiges Faktum. Die klimatische Wasserbilanz ist daher kein geeigneter Indikator für die Wasserverfügbarkeit und die Grundwasserneubildung, was die Bedeutung der Modellierung des Bodenwasserhaushalts und sein Monitoring im Rahmen der Klimarisikoanalyse unterstreicht. Am Ende der Vegetationsperiode im Herbst sind die Differenzen zwischen ET_{pot} und ET_{real} geringer (Abb. 27, unten). Dies reflektiert eine Wiederbefeuchtung des Bodens in Folge höherer Nettoniederschläge (Differenz von Niederschlag und realer ET).

Die stärkere Austrocknung der Böden im Frühling und Sommer lässt sich im 30-jährigen Trend der über 60 cm gemittelten Bodenfeuchte beobachten (s. Abb. 28). Betrachtet wurden die vom DWD berechneten Daten für einen sandigen Lehm (sL) und einen lehmigen Sand (IS) mit Grasbewuchs. Diese beiden Bodenarten kontrastieren in ihrem Wasserspeichervermögen. Während der Sand nur eine geringe Menge pflanzenverfügbares Wasser speichern kann (14 % nFK), ist die Speicherkapazität des lehmigen Sands höher (24 % nFK). Um das Wasserdefizit noch kompakter zu definieren und den Bedarf für Bewässerung näherungsweise zu ermitteln, sind in Abbildung 29 die Anzahl der Tage innerhalb eines Jahres gezeigt, an denen der Bodenwassergehalt unter eine Schwelle von 40 % nFK fällt. Es zeigt sich eine deutliche Häufung der Trockenheitstage in den letzten 10 Jahren. Besonders auffällig ist, dass seit 2015 die Trockenheit vermehrt auch auf dem sandigen Lehm auftritt, der ein höheres Wasserspeichervermögen hat als der lehmige Sand, welcher auch vor 2015 regelmäßig die 40 %-Schwelle unterschritt. Das häufigere Auftreten von Trockenstress auf dem sandigen Lehm weist auf trockenere meteorologische Bedingungen, insbesondere im Sommerhalbjahr hin.

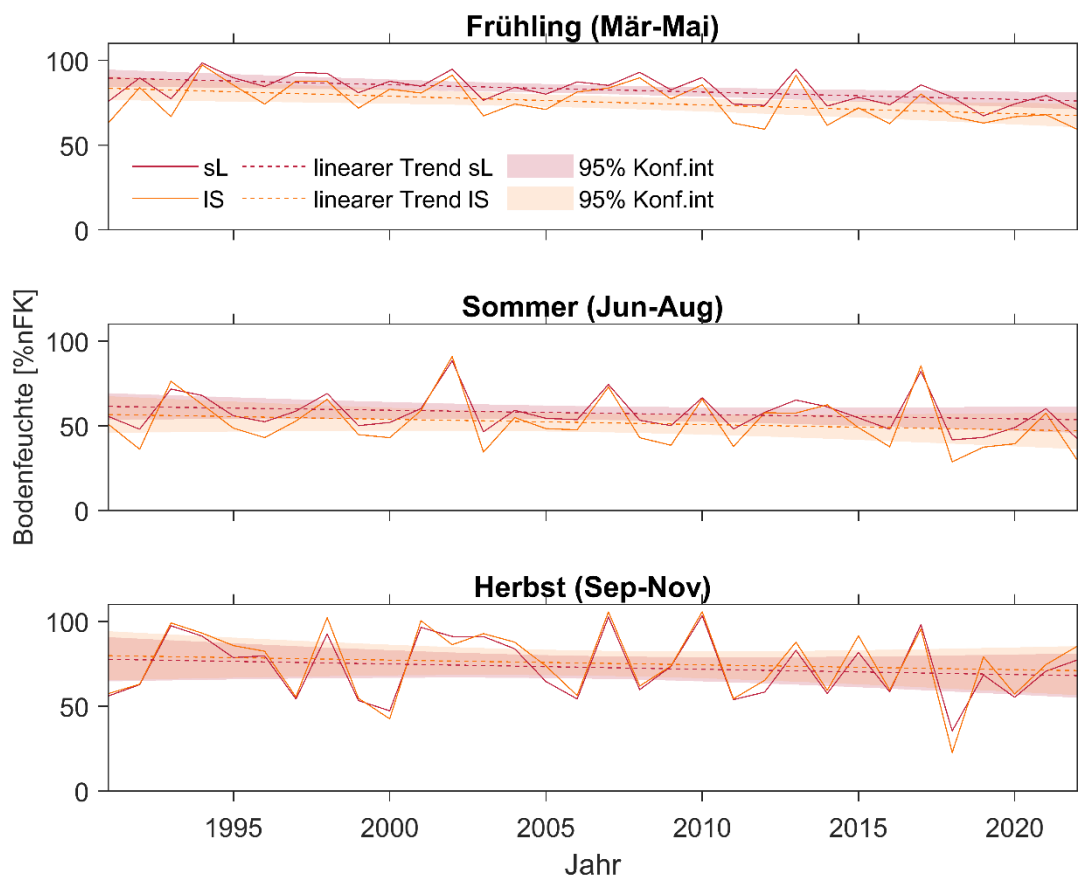


Abbildung 28: Dreimonatsmittel der Bodenfeuchte aufgeteilt auf klimatologische Jahreszeiten eines mit Gras bewachsenen Bodens (sandiger Lehm sL und lehmiger Sand IS) über 60 cm effektiven Wurzelraum im Zeitraum von 1991-2022 für den Standort Braunschweig (DWD Stations-ID 00662). Die gestrichelten Linien sind der 30-jährige lineare Trend mit 95%-Konfidenzintervallen.

In allen Grafiken fällt das extrem trockene Jahr 2018 mit Rekordwerten auf. Obwohl aus einzelnen extremen Jahren keine Aussagen über langfristige Trends abgeleitet werden können, werden Trends in Richtung stärkerer Trockenheit im Sommerhalbjahr über die letzten 30 Jahren deutlich sichtbar. Für robuste Aussagen über den Klimawandel ist dieser Zeitraum jedoch deutlich zu kurz. Bemerkenswert ist jedoch, dass er in Übereinstimmung mit den Klimaprojektionen steht. Leider stehen zeitlich weiter zurückreichende Daten zur Bodenfeuchte nur eingeschränkt zur Verfügung.

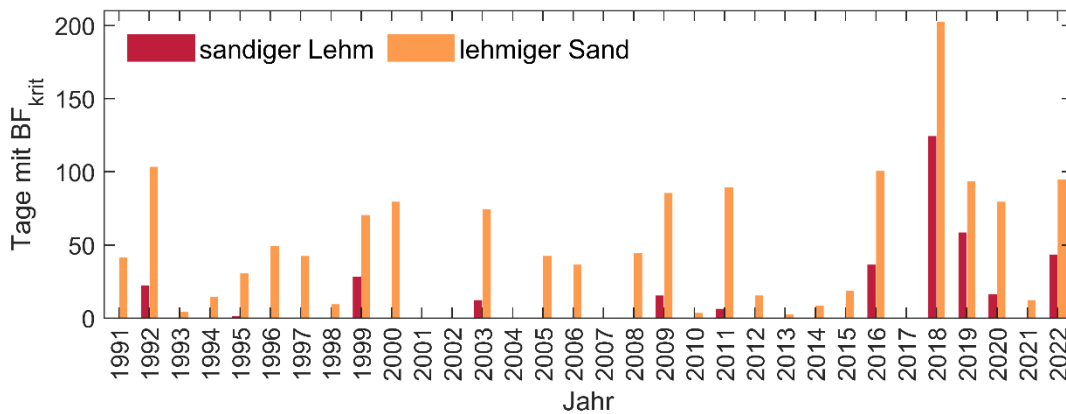


Abbildung 29: Anzahl der Tage innerhalb eines Jahres (1991-2022) an der DWD-Station in Braunschweig (Stations-ID 00662) an denen der berechnete Bodenwassergehalt für zwei mit Gras bewachsene Böden (sandiger Lehm und lehmiger Sand) im effektiven Wurzelraum von 60 cm Tiefe unter den kritischen Bodenwassergehalt (BF_{krit}) von 40 %nFKWe fiel.

Klimafolgen



Für Braunschweig wird nach dem Niedersächsischen Klimainformationssystem (NIKLIS) für 2071-2100 eine Zunahme der potenziellen Evapotranspiration im Vergleich zum Referenzzeitraum von 1971-2000 mit 624 mm/Jahr erwartet (potenzielle Verdunstungsanomalie). Sie beträgt durchschnittlich 22 mm im Falle von einem starken Klimaschutz (RCP2.6-Szenario) bzw. 89 mm ohne Klimaschutz (RCP8.5-Szenario, s. Abb. 30).

Von 1971 - 2000 lagen die gemittelten maximalen Trockenperioden im Sommerhalbjahr (April - September) in Braunschweig bei ca. 17 Tagen (MU und Regierungskommission Klimaschutz 2012). Die maximale Dauer der Trockenphasen hat sich (1960 bis 2017) nicht signifikant geändert (NLWKN 2019b)). In ferner Zukunft (2071-2100) kann es zu einer deutlichen Zunahme der maximalen Trockendauer von +20 bis +40 % in Niedersachsen kommen (NLWKN 2019b). Aus den Klimaprojektionen des RGB (2019) lässt sich ein erhöhtes Risiko für zunehmende Trockenheit in den Monaten Juli bis September ableiten.

Klimarisiken

Ein wesentliches Klimarisiko im Handlungsfeld Bodenwasserhaushalt ist Dürre im Sommerhalbjahr, welche für Wasserstress bei der städtischen Vegetation sorgt. Fallende Grundwasserstände im Sommerhalbjahr sind einerseits eine Folge der Trockenheit und tragen andererseits zusätzlich zu einer verschlechterten Wasserversorgung des Stadtgrüns und des Stadtwalds bei, vorausgesetzt dieses wird teilweise aus dem Grundwasser mit Wasser versorgt. Eine Bewässerung von städtischem Grün führt potenziell zu Konfliktpotenzialen im Hinblick auf die begrenzte Ressource Wasser. Das MU (2019) untersuchte den Zusatzwasserbedarf für die Landwirtschaft anhand der mittleren Beregnungsmenge. Unter Beregnungsbedarf wird die mittlere Beregnungsmenge (in mm = l pro m²) während der Vegetationsperiode definiert, welche zur Aufrechterhaltung von einem Bodenwassergehalt von mindestens 40 % der nutzbareren Feldkapazität im effektiven Wurzelraum (nFKWe) erforderlich ist. Demnach befindet sich die Region Braunschweig schon heute in einem Bereich mit einem deutlichen Beregnungsbedarf von ca.

100-140 mm in der Vegetationsperiode, vor allem auf sandigen Böden in der Geest. Für die nahe Zukunft (2021-2050) gibt es kaum Änderungssignale. In der fernen Zukunft hingegen (2071-2100) ist eine deutliche Zunahme des Beregnungsbedarfs von etwa 15 % anzunehmen (MU 2019).

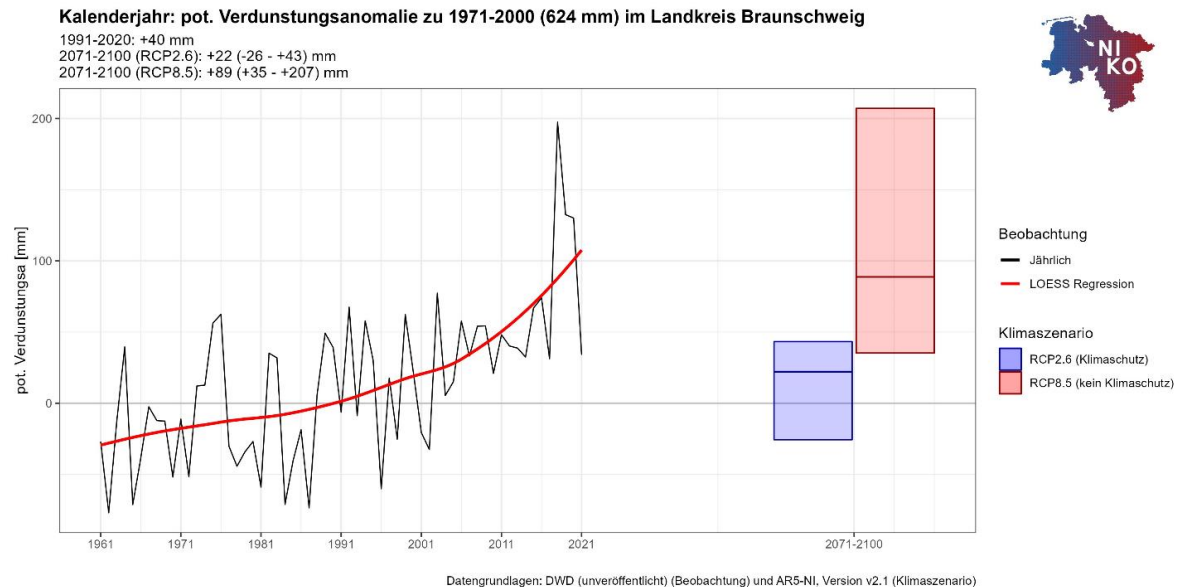


Abbildung 30: Abweichung der jährlichen potenziellen Evapotranspiration (1961-2021) im Vergleich zum Mittel der potenziellen Evapotranspiration in Braunschweig (624 mm) für den Zeitraum von 1971-2000. Zusätzlich die projizierten Abweichungen für 2071-2100

Handlungsoptionen

Die wesentlichen Optionen im Bereich Bodenwasserhaushalt sind Entsiegeln, Beschatten und klug bzw. effizient Bewässern (smart irrigation). Eine Verdichtung städtischer Böden ist ebenfalls zu vermeiden, um das Infiltrationsvermögen zu erhalten. Zu beachten ist, dass die Kühlfunktion der städtischen Vegetation an die Transpiration und damit an ein ausreichendes Angebot pflanzenverfügbaren Wassers gebunden ist. Ein potenzieller Vorteil in der Stadt ist, dass sich durch den hohen Anteil versiegelter Flächen der Niederschlag auf eine kleinere begrünte Teilfläche verteilen lässt. Dies erfordert aber Veränderungen in der Oberflächengestaltung, die eine Zufuhr von Wasser auf die begrünten Teilflächen („run-on“ oder Infiltration in Folge von Teilentsiegelung) ermöglichen. Maßnahmen der Bodenverbesserung, z.B. der Einsatz von Pflanzenkohle zur Erhöhung des Wasserspeichervermögens, sind ebenfalls denkbar und bieten zudem Potenzial für eine Kohlenstoffspeicherung im Boden (negative Emission). Für die Zukunft wäre der Aufbau eines Bodenfeuchte-Monitoring-Netzwerks in der Stadt Braunschweig eine sinnvolle Option im Rahmen der Klimarisikoanalyse.

Die wesentlichen Optionen im Bereich Bodenwasserhaushalt sind Entsiegeln, Beschatten und klug bzw. effizient Bewässern. Eine Verdichtung städtischer Böden ist zu vermeiden und eine Entsiegelung befestigter Flächen sowie verdichteter Böden ist anzustreben. Die Kühlfunktion städtischer Vegetation ist an die Transpiration und damit an ein ausreichendes Angebot pflanzenverfügbaren Wassers gebunden.

5.2.8 Zusammenfassung Wassermengenmanagement & Bodenwasserhaushalt

Im Hinblick auf mögliche Folgen des Klimawandels gibt es handlungsfeldübergreifend gemeinsame Schnittmengen in Bezug auf die Betroffenheiten, Ziele und Handlungsoptionen. Daher ist es sinnvoll, von vornherein gemeinsame Wege zu suchen und abgestimmte Handlungskonzepte zu erarbeiten, um gegenläufige Entwicklungen zu vermeiden, Aktivitäten zu bündeln und erforderliche Maßnahmen möglichst einvernehmlich voranzubringen. Als Beispiel seien hier Handlungskonzepte zur Optimierung des Landschafts- und des Bodenwasserhaushalts genannt. Diese sind ein zentraler Baustein für diverse Ziele und Maßnahmen in verschiedenen Handlungsbereichen (u.a. Trink- und Brauchwasserversorgung, Kühlung und Gesundheit, Grünflächengestaltung und -bewässerung, Biodiversität, Naturschutz und Bodenschutz). Für die Handlungsfelder Wassermengenmanagement und Bodenwasserhaushalt sind aufgrund des globalen Klimawandels folgende klimatische Einflüsse für urbane Gebiete von besonderer Bedeutung:

- Langandauernde Hitzeperioden oder Trockenzeiten ohne nennenswerte Niederschläge (Dürreperioden) bedeuten einen stark ansteigenden Verbrauch an Trink-, Brauch- und Bewässerungswasser.
- Die jährlichen Niederschlagssummen nehmen in der Zukunft zu, gleichzeitig verändern sich deutlich die jährlichen Niederschlagsmuster:
- Im Frühjahr und den Sommermonaten nehmen die Niederschlagsmengen ab, wobei die Intensität der Niederschläge deutlich zu- und die Dauer der Ereignisse deutlich abnimmt (Kurze und intensive Starkregenereignisse mit hohem Anteil schnell abfließendem Oberflächenwassers und zunehmend lang andauernden Trockenphasen).
- Erhöhte Verdunstung von Oberflächen und durch Pflanzen und damit abnehmende klimatische Wasserbilanz.
- Sommerliche Trockenperioden ohne nennenswerte Niederschläge (Dürreperioden) und in Folge dessen Wasserstress der Vegetation, erhöhter Bewässerungsbedarf, reduzierte Kühlungsfunktion von Stadtgrün und Stadtwald. Hiervon sind insbesondere Gebiete betroffen, die bereits in der Gegenwart mit Trockenheit konfrontiert sind, Verdunstung (Evapotranspiration) von Oberflächen und durch Pflanzen.
- Es werden ausgedehnte Perioden mit Niedrigwasser mit negativen ökologischen Auswirkungen in den Fließgewässern erwartet.
- In den Wintermonaten werden die Niederschlagssummen zunehmen. Insbesondere werden langandauernde und intensivere Niederschlagsereignisse erwartet. In der Folge ist mit einer Zunahme der Häufigkeit und Intensität von Hochwasserereignissen an Oker, Schunter, Wabe und Mittelriede zu rechnen.
- Im gesamten Jahresverlauf werden bereits jetzt stärkere Schwankungen der Grundwasserstände beobachtet. Die starken Absenkungen in der Vegetationszeit können in Zukunft insbesondere in mehrjährigen Trockenphasen den Wassergehalt des Bodens, das Pflanzenwachstum und die Verfügbarkeit des Grundwassers für alle weiteren Nutzungsansprüche zunehmend beeinflussen.

Beispielhaft sind in Abbildung 31 die Klimarisiken, die sich aus dem Klimaeinfluss „Dürre“ ergeben, zum Zwecke einer Klimarisikoanalyse (KRA) in einer Wirkungskette für die Handlungsfelder (HF) Wassermengenmanagement und Bodenwasserhaushalt dargestellt. Die Abbildung 32 zeigt die entsprechende Wirkungskette für den Klimaeinfluss „Starkregen“ aus wasserwirtschaftlicher Sicht. Deutlich wird in den Abbildungen die komplexe Vernetzung der vielfältigen Risiken, die sich aus den gewählten Einflussfaktoren in den beiden genannten Handlungsfeldern ergibt. Erkennbar wird aber auch die Vernetzung zu Risiken, die auch für die übrigen Handlungsfelder des Projektes bedeutsam sind.

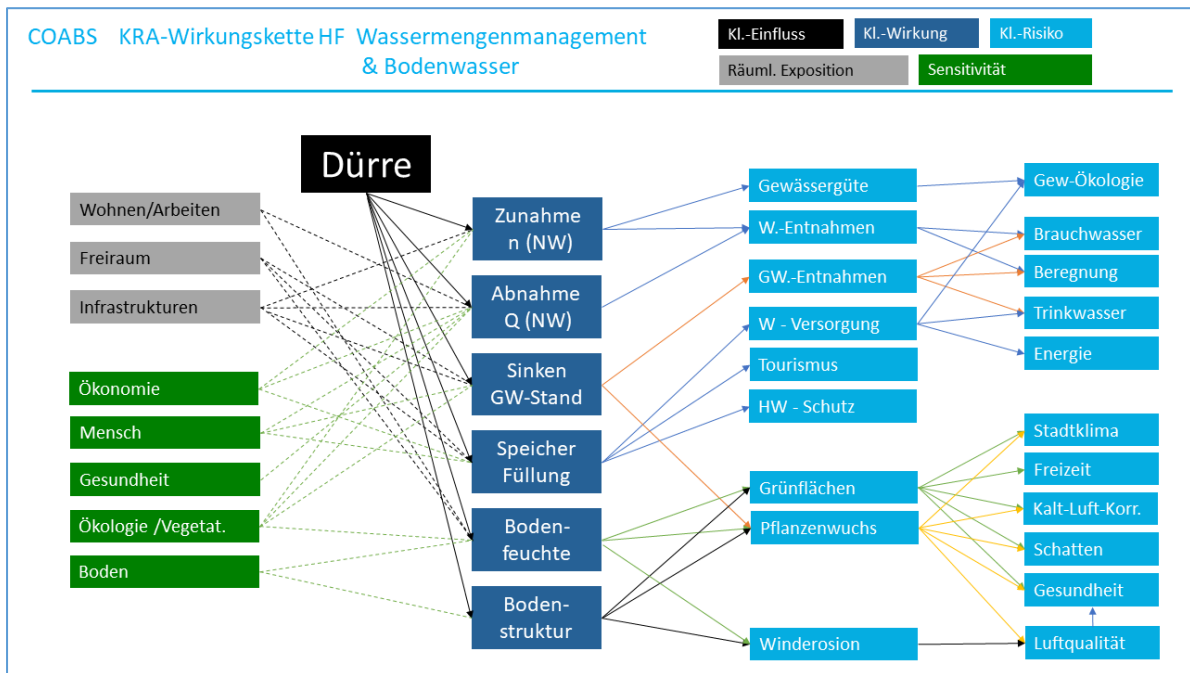


Abbildung 31: Wirkungskette zur Analyse der Risiken, die sich aus dem Klimaeinflussfaktor „Dürre“ ergeben (NW = Niedrigwasser; n(NW) = Häufigkeit von NW; Q (NW) = Abfluss bei NW; GW = Grundwasser; W = Wasser; HW = Hochwasser)

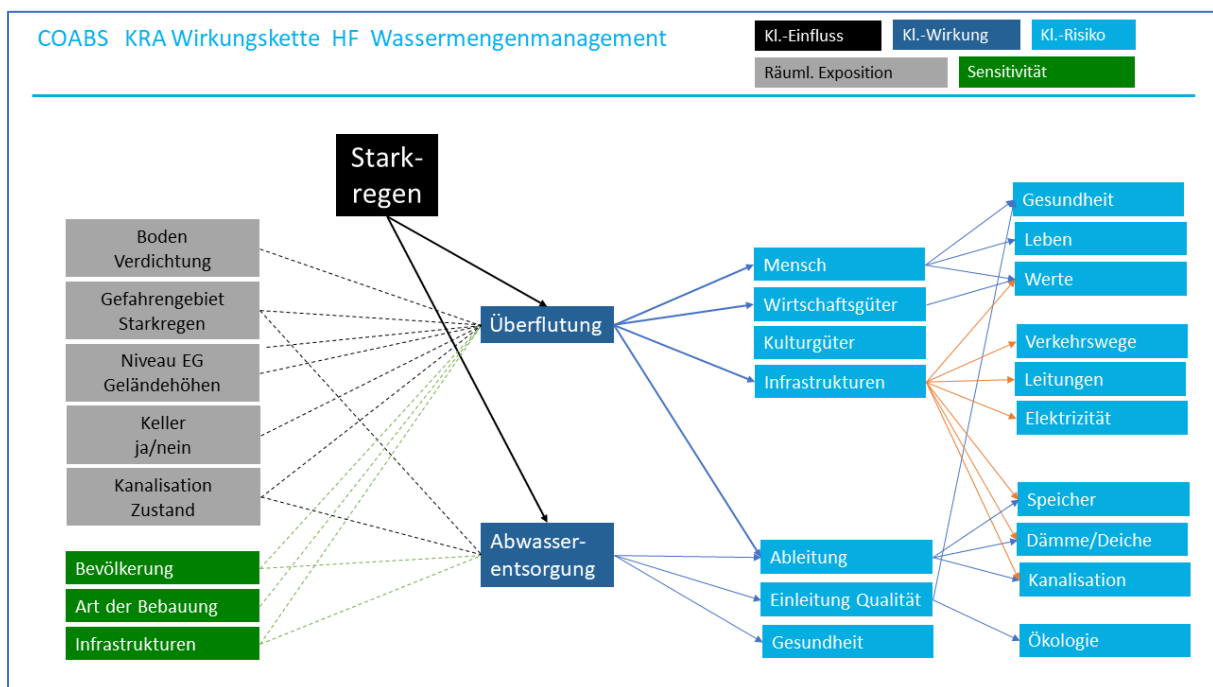


Abbildung 32: Wirkungskette zur Analyse der Risiken, die sich aus dem Klimaeinflussfaktor „Starkregen“ ergeben (EG = Erdgeschoss)

Aufgrund der zentralen Bedeutung des Landschaftswasserhaushalts an einem Standort, der höheren Bedarfe in Trocken- und Hitzeperioden sowie der temporären Abnahme der Wasserverfügbarkeit können als Folge des Klimawandels bereits bestehende Nutzungskonflikte verstärkt werden. Es muss damit gerechnet werden, dass die verfügbaren Wasserressourcen in den Sommermonaten stärker als bisher und zusätzlich durch neue klimabedingte Nutzungsansprüche beansprucht werden. Die Trinkwasserversorgung wird auch in Zukunft gegenüber Konkurrenznutzungen weiterhin wasserrechtlichen Vorrang haben. Zunehmend versuchen Wasserbehörden in Regionen bei Wassermangelsituationen in Trockenzeiten den Wasserverbrauch durch Nutzungseinschränkungen bei bestimmten Verwendungszwecken per Allgemeinverfügung zu senken, um die Trinkwasserversorgung für die Haushalte sicherstellen zu können.

Um Handlungsbedarfe frühzeitig zu erkennen und Handlungsoptionen für eine nachhaltige und sichere Wasserversorgung in Niedersachsen ermitteln zu können, hat das Land ein Wasserversorgungskonzept für Niedersachsen aufgestellt (MU 2022b). Das Konzept sieht zunächst eine Bilanzierung des derzeitigen Standes (Ist-Zustand: 2015) und der mittel- und langfristigen Perspektive (Prognosezustände: 2030, 2050 und 2100) der Wasserversorgung vor. Auf Grundlage dieser fachlichen Basis können im Anschluss regionsbezogene Bewertungen vorgenommen sowie Maßnahmen abgeleitet werden. Das übergeordnete Ziel des Wasserversorgungskonzeptes Niedersachsen liegt in der langfristigen Sicherstellung der niedersächsischen Wasserversorgung, insbesondere der öffentlichen Trinkwasserversorgung, als ein maßgeblicher Baustein der Daseinsvorsorge (MU 2022b).

Die Trinkwasserversorgungsunternehmen werden als Folge des Klimawandels im Rahmen ihrer Aufgabe, die Trinkwasserversorgung hinsichtlich Qualität, Menge und Spitzenlast sicherzustellen, bei Bedarf betriebliche, bauliche und organisatorische Maßnahmen umsetzen müssen (2022b). Für ein nachhaltiges Wassermengenmanagement ist die Speicherung und Nutzung von Regenwasser auf kommunaler Ebene, insbesondere in urbanen Gebieten, stärker zu etablieren, um den Wasserhaushalt für die Region zu stützen. Wo möglich, sollte Regenwasser zur Auffüllung des Grundwasserspeichers schadlos und vor Ort versickert werden, sofern eine direkte Nutzung nicht in Frage kommt. Aufgrund der Komplexität der Rahmenbedingungen und der Nutzungsanforderungen, die sich in Folge des Klimawandels erhöhen wird, erscheint die Entwicklung nachhaltiger Maßnahmen im Rahmen einer integrativen Wassermanagementstrategie notwendig.

Tabelle 9: Übersicht Relevanz- und Risikoeinschätzung im Handlungsfeld Wassermengenmanagement und Bodenwasserhaushalt - Klimarisiken ohne Anpassung für Gegenwart, 2071 bis 2100 und Extremereignisse in Braunschweig - Erläuterungen zum Vorgehen s. Seite 32

Klimafolge/-risiko	Relevanzeinschätzung Teilnehmende Auftaktforum 21.09.23		Risikoeinschätzung Projektarbeitsgruppe: Klimarisiken ohne Anpassung für Gegenwart, 2071 bis 2100 (ferne Zukunft) sowie Extremereignisse		
	Anzahl Punkte von insg. 386	Prozent der abgegebenen Gesamtpunkte	Risiko in der Gegenwart	Risiko in der fernen Zukunft (2071-2100) - mittlere Veränderung unter RCP8.5	Risiko bei Eintritt von Extremereignissen
Schäden durch Überflutungen und lokale Sturzfluten nach Starkregen	38	10,2	hoch	unklar	hoch
Abnahme der verfügbaren Wassermenge und der Wasserqualität bei andauernden Trocken- und Hitzeperioden	28	7,5	hoch	unklar	hoch
Wassermangel im Boden	26	7	mittel	unklar	mittel
Nutzungskonflikte infolge von Wassermangel und steigendem -bedarf	26	7	mittel	unklar	hoch
Steigerung des Wasserverbrauchs in Trocken- und Hitzeperioden	16	4,3	mittel	unklar	mittel
Schäden durch häufigere und größere Hochwasserereignisse	13	3,5	mittel	unklar	hoch
Überlastung und Schädigung von Infrastrukturanlagen durch Starkregen	6	1,6	hoch	unklar	hoch
Bodenerosion durch Wasser	5	1,3	mittel	unklar	mittel
Vernässung des Bodens	1	0,3	mittel	unklar	mittel
Legende	gering	mittel	hoch	unklar	



5.3 Handlungsfeld Mensch und Gesundheit

Stephan Weber, Lars Gerling, Lotta Becker und Paula Hainz

Menschen und ihre Gesundheit sind unterschiedlich stark von den Klimafolgen betroffen. Die individuelle Kapazität, sich an die klimatischen Veränderungen anzupassen, variiert stark und hängt u.a. von physiologischen und sozioökonomischen Faktoren sowie von individuellen Anpassungsfähigkeiten ab (Beermann et al. 2021). Fast alle Menschen sind von den Klimafolgen betroffen. So gaben in einer projektbegleitenden Online-Umfrage im Sommer 2023 knapp 70 % der Befragten Braunschweiger Einwohner:innen an, sich von den Klimawandelfolgen entweder „stark betroffen“ oder „betroffen“ zu fühlen. 20 % gaben an, weniger betroffen zu sein und 10 % fühlen sich nicht betroffen (s. Abb. 33/Anhang I). Einige Menschen können die mit den Klimafolgen einhergehenden Risiken aus eigener Kraft bewältigen. Besonders exponierte und/oder sensitive Personengruppen weisen hingegen eine vergleichsweise hohe Verwundbarkeit gegenüber den Klimawandelfolgen auf und bedürfen eines besonderen Schutzes bzw. Unterstützungsangeboten.

Im Unterkapitel 5.3.1 zu Hitzeperioden wird in einem Exkurs unter dem Abschnitt „Klimarisiko“ näher auf diejenigen Personengruppen in Braunschweig eingegangen, die gegenüber Hitzebelastungen besonders verwundbar sind. Außerdem werden weitere Klimafolgen wie u.a. **die gesundheitlichen Auswirkungen von Starkregen und Überschwemmungen, Allergische Reaktionen oder Infektionen mit vektorübertragenen Krankheiten** und deren Zusammenhänge mit den Klimaänderungen im räumlichen Kontext der Stadt Braunschweig näher beleuchtet.

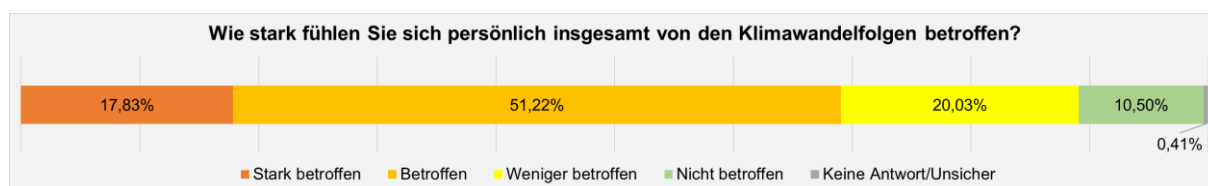


Abbildung 33: Umfrageergebnisse aus dem Sommer 2023 - Betroffenheit in Bezug auf Klimawandelfolgen insgesamt (eigene Darstellung; s. auch Anhang I)

5.3.1 Hitzeperioden

Definition

Für den im allgemeinen Sprachgebrauch verwendeten Begriff der Hitzewelle gibt es keine einheitliche Definition (z. B. Sulikowska und Wypych 2020). Typischerweise werden darunter mehrere aufeinanderfolgende Tage mit außergewöhnlich hohen Lufttemperaturen verstanden. Um die Stärke einer Hitzewelle zu beschreiben, werden die Länge (d.h. wie lange die Hitzewelle andauert), die Intensität (d.h. die Abweichung zu durchschnittlichen Temperaturen in der betrachteten Jahreszeit, v.a. im Sommer) und ggf. die räumliche Ausdehnung der Hitzewelle als Kennzahlen bestimmt.

Hinsichtlich des Hitzeempfindens ist die Lufttemperatur zwar eine zentrale Größe, aber nicht die einzige. Humanbiometeorologische Größen wie die physiologische Äquivalenttemperatur (PET; Matzarakis und Amelung 2008) werden mit Hilfe von mikroklimatischen Modellrechnungen bestimmt. Sie berücksichtigen neben der Lufttemperatur auch Wind, Luftfeuchtigkeit, den Einfluss von der Sonneneinstrahlung und der Ausstrahlung von Wärme von Oberflächen, z. B. von Hausfassaden. Aus der PET lassen sich Areale ableiten, in denen Anwohnende besonders starkem Hitzestress ausgesetzt sind (vgl. [Kap. 3.2](#)).

Im Zusammenhang mit Hitze kann es zu gesundheitlichen Folgen wie bspw. Konzentrationsstörungen, Kopfschmerzen, Schlafstörungen, Atemwegs-, Herz-Kreislauf-Erkrankungen und sogar zu einer erhöhten Sterblichkeit kommen.

Diverse gesundheitliche Folgen sind im Zusammenhang mit Hitze zu beobachten. Dazu zählen Konzentrationsstörungen, Kopfschmerzen und Schlafstörungen (Sandholz et al. 2021). Akut kann extreme Hitze zu Atemwegs- und Herz-Kreislauf-Erkrankungen führen (s. auch Abb. 34). Es lässt sich in der Folge von Hitzewellen eine erhöhte Sterblichkeit beobachten. Besonders gefährdet sind hierbei neben vulnerablen Gruppen, die ein schwaches bzw. geschwächtes Immunsystem haben (z. B. Personen mit Vorerkrankungen und ältere Personen, Kleinkinder und Schwangere) auch Personen, die aufgrund ihrer Wohn- oder Arbeitssituation der Hitze besonders stark ausgesetzt sind (z. B. Bewohnende von Dachgeschosswohnungen oder Personen, die draußen arbeiten; UBA 2021). Hochrechnungen zur Anzahl von hitzebedingten Todesfällen der vergangenen 30 Jahre in Deutschland gehen von den höchsten Übersterblichkeiten in den Jahren 1994 und 2003 (jeweils ca. 10.000 Todesfälle) aus, aber auch von signifikant erhöhten Übersterblichkeiten in den Jahren 1991, 1993, 2001, 2006, 2010, 2013, 2015, 2018, 2019 und 2020 (jeweils zwischen 2.000 und 9.000 hitzebedingte Tote in Deutschland) (Winklmayr et al. 2022). Insgesamt versterben absolut gesehen mehr Frauen als Männer im Zusammenhang mit Hitze. Dies lässt sich auf den hohen Frauenanteil in den älteren Altersgruppen zurückführen (Stadt Braunschweig - Gleichstellungsreferat).

COABS-Klimarisikoanalyse: Wirkungskette HF Mensch und Gesundheit

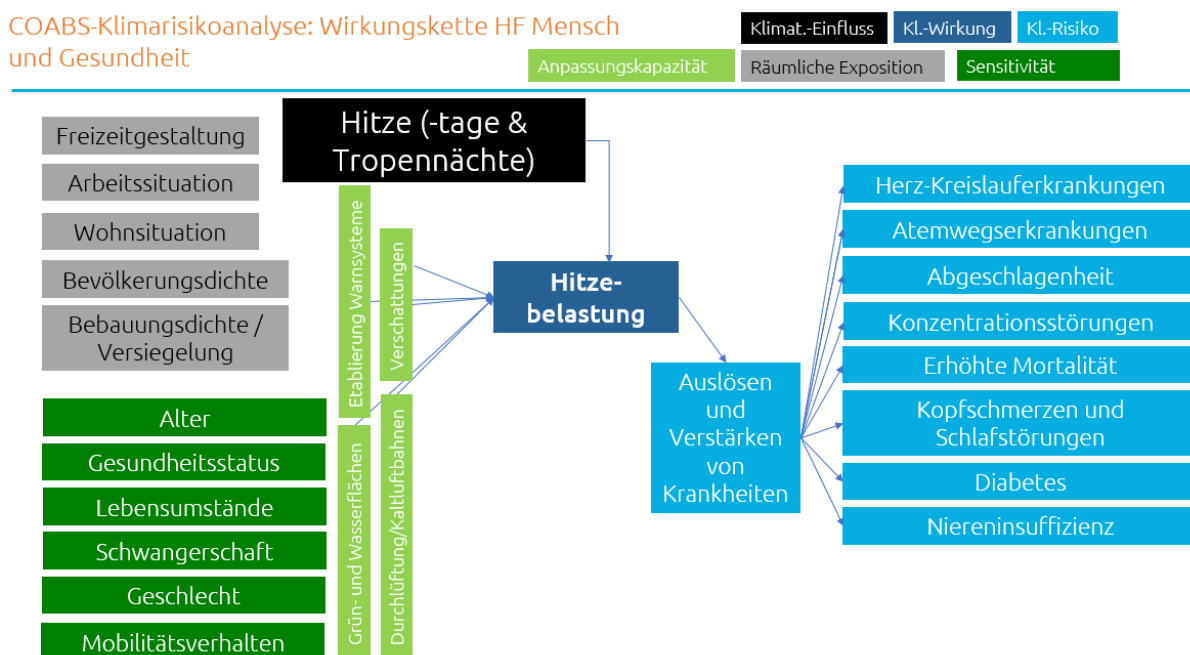


Abbildung 34: Wirkungskette zur Hitzebelastung (eigene Darstellung)

Klimafolge

Über die vergangenen Jahrzehnte ließ sich ein Anstieg der Anzahl an Sommertagen, Hitzetagen und Tropennächten beobachten. Diese Tage werden auch vom Niedersächsischen Kompetenzzentrum Klimawandel (NIKO) als Indikator zur Beobachtung der Folgen des Klimawandels vorgeschlagen. Für die Beobachtung von Hitzeperioden ist dabei entscheidend, inwiefern mehrere Hitzetage und Tropennächte unmittelbar aufeinander folgen. Unabhängig von der konkreten Definition von Hitzewellen wird beobachtet, dass sowohl die Anzahl, als auch die Intensität von Hitzewellen zunimmt und auch in den Klimaprojektionen von einer Zunahme der Anzahl und der Länge von Hitzeperioden ausgegangen wird.



Anhand der PET-Berechnungen aus der Stadtklimaanalyse für Braunschweig lässt sich ableiten, dass in stark versiegelten Stadtteilen, in denen unter aktuellen sommerlichen Bedingungen bereits häufig Hitzestress besteht, die Hitzebelastung durch die Folgen des Klimawandels weiter verstärkt werden wird (GEO-NET 2018). Außerdem weitet sich das Areal, für das in der Zukunft starker Hitzestress angenommen wird, auch über die weniger dicht bebauten Stadtteile aus. In einer projektbegleitenden Online-Umfrage im Sommer 2023 gaben rund zwei Drittel der Teilnehmenden an, dass Hitzewellen vermehrt ihr körperliches Wohlbefinden und ihre Leistungsfähigkeit beeinträchtigen („stark betroffen“ und „betroffen“). Durch Extremwetterereignisse wie Hitzewellen bestünden außerdem bei knapp einem Drittel der Teilnehmenden akut erhöhte Risiken für die Gesundheit (s. Abb. 35/Anhang I).

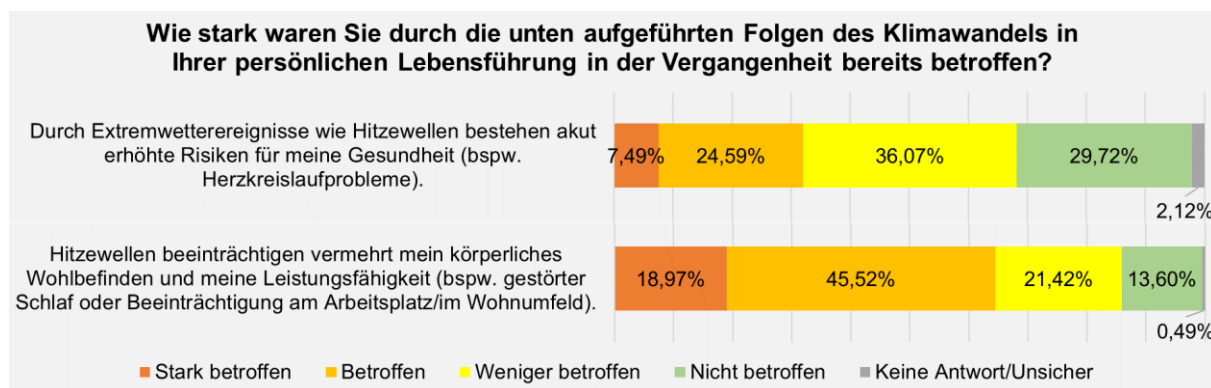


Abb. 35: Umfrageergebnisse aus dem Sommer 2023 - Betroffenheiten in Bezug zur Hitze (eigene Darstellung, s. Anhang I)

Klimarisiko

Hochrechnungen von Mortalitätsraten für deutsche Städte in Abhängigkeit von der globalen Erwärmung zeigen, dass die hitzebedingte Mortalität mit dem Anstieg der globalen Temperatur ebenfalls ansteigt (Huber et al. 2020). Beispielsweise steigt dieser Anteil in Hannover im Vergleich zum Ausgangszeitraum (1991-2015; Globale Temperaturveränderung von 1 °C), für den ein Anteil der hitzebedingten Mortalität an der Gesamtmortalität von < 1 % bestimmt wurde, bei einem globalen Temperaturanstieg von 4 °C (die entspricht dem projizierten Anstieg bis 2100 für das RCP8.5-Szenario, d.h. kein Klimaschutz) auf knapp 4 %. Die Studie lässt dabei Veränderungen der Demographie sowie Anpassungsmaßnahmen außer Acht.

Exkurs: Infos zu vulnerablen Gruppen in Braunschweig

Auch in Braunschweig gibt es gegenüber Hitzebelastung besonders vulnerable Personengruppen, die besonders schutzbedürftig sind. Die untenstehende Reihenfolge der Erwähnung sagt an dieser Stelle nichts über die jeweilige Relevanz oder Gefährdung aus.

Ende 2022 lebten in Braunschweig insgesamt gut 19 000 **Menschen über 65** Jahren in Einpersonenhaushalten. Das entspricht einem guten Drittel der Menschen über 65 Jahren. In den statistischen Bezirken „Prinzenpark“, „Rothenburg“, „Weinberg“ und „Heidberg“ ist die jeweilige Anzahl der Personen über 65 Jahren in Einpersonenhaushalten am höchsten (Stadt Braunschweig - Ref. Stadtentwicklung, Statistik, Vorhabenplanung; s. Abb. 36). Ältere, alleinlebende Menschen sind u.a. aufgrund möglicher Vorerkrankungen sowie der mitunter auftretenden Isolation z. B. im Zuge von Hitzewellen der thermischen Belastung in besonderer Weise ausgesetzt und schutzbedürftig.

Aus der oben genannten Berechnung sind diejenigen **Menschen, die Senioren-, Pflege-, Alten- und sonstige Wohnheime bewohnen**, ausgenommen. Doch auch diese Gruppe ist aus den verschiedensten Gründen (z.B. Mobilitätseinschränkungen, Sprachbarrieren, andere besondere Schutzbedürftigkeit / Unterstützungsbedarfe) gegenüber Hitzebelastung besonders verwundbar. In Braunschweig gab es Anfang 2024 über 30 Pflegeheime, über 30 Standorte mit Betreutem Wohnen oder betreuten Wohngruppen, 8 Tagespflege-Orte, jeweils knapp 30 Standorte mit Wohnformen für Menschen mit Behinderung sowie Wohnungslosenunterkünfte, 11 Wohnstandorte für Geflüchtete sowie knapp 30 Wohngruppen der Kinder- und Jugendhilfe. Die Wohnheime sind über das gesamte Stadtgebiet verteilt. Ins-

gesamt wohnten Ende 2021 14.902 anerkannt pflegebedürftige Menschen (knapp 6 % der Gesamtbevölkerung) in Braunschweig. Von diesen 14.902 Personen leben 2993 Menschen im Pflegeheimen. Alle weiteren 11.909 pflegebedürftigen Menschen wohnen zu Hause. Von diesen Menschen werden wiederum 3105 durch ambulante Pflegedienste unterstützt (Stadt Braunschweig - Sozialreferat). 8.804 anerkannt pflegebedürftige Menschen werden demnach von Angehörigen gepflegt. Der Betreuungsbedarf nimmt dabei mit steigender Hitze zu (Stadt Braunschweig - Gleichstellungsreferat).

Säuglinge unter einem Jahr sowie **Kleinkinder** (1-6 Jahre) sind u.a. aufgrund der noch nicht vollständig ausgeprägten Fähigkeit zur Hitzeregulation und aufgrund der Abhängigkeit zu Erwachsenen besonders sensitiv gegenüber Hitzebelastungen. In Braunschweig waren Ende 2022 ca. 0,85 % der Gesamtbevölkerung unter einem Jahr alt (2150 Personen von insgesamt 253.167 Personen) und ca. 4,3 % der Gesamtbevölkerung zwischen einem und sechs Jahren alt (10.931 Personen; Stadt Braunschweig - Sozialreferat). Insbesondere die Sorgearbeit nimmt mit steigender Hitze zu, z. B., um für Sonnenschutz zu sorgen oder auf Flüssigkeitszufuhr und Kühlung zu achten. Gleichzeitig nimmt die Belastbarkeit der Menschen mit Sorgeverantwortung (vorwiegend Frauen) bei großer Hitze ab (Stadt Braunschweig - Gleichstellungsreferat).

Auch **Schwangere** können aufgrund von im Rahmen einer Schwangerschaft natürlicherweise ablaufenden biologischen Prozesse besonders empfindlich gegenüber Hitze sein. Temperaturen über 30 °C können außerdem das Risiko für Frühgeburten deutlich erhöhen (Dahlkamp 2023). In Braunschweig fanden von Ortsansässigen im Zeitraum von 2013 bis 2022 im Durchschnitt 2390 Geburten pro Jahr statt (Stadt Braunschweig, Referat Stadtentwicklung, Statistik, Vorhabenplanung 2023). Dieser Wert lässt näherungsweise auf die Anzahl der Schwangeren schließen, die im Schnitt in Braunschweig leben.

Menschen mit bestimmten Vorerkrankungen können gegenüber Hitze besonders sensitiv sein. Bestehende Erkrankungen (wie bspw. Atemwegs-, Nierenerkrankungen, Schlaganfälle oder psychische Erkrankungen) können sich durch die zusätzliche Hitzebelastung verschlimmern oder im Zusammenhang mit der Hitze sogar zum vorzeitigen Tod führen (Winklmayr et al. 2023). Für Braunschweig konnten entsprechende Daten nicht ohne Weiteres in Erfahrung gebracht werden. Ggf. könnten Daten zu bestehenden Vorerkrankungen über Krankenkassenreporte zusammengetragen werden. Perspektivisch sollte auch die Erfassung der hitzebedingten Sterblichkeit ausgeweitet und die diesbezüglich bestehenden Herausforderungen angegangen werden.

Menschen mit körperlichen und geistigen Beeinträchtigungen können durch Klimafolgen wie Hitzebelastung besonders gefährdet sein. In Braunschweig lebten Ende 2021 insgesamt 17.755 Menschen, die einen Grad der Behinderung von 50 % oder mehr hatten (Stadt Braunschweig - Sozialreferat). Das sind ca. 7 % der Bevölkerung.

Sozioökonomisch benachteiligte Menschen haben ebenfalls weniger Ressourcen, um sich vor Klimafolgen zu schützen und sind daher unter Umständen besonders sensitiv. Ein Beispiel kann die schlecht gedämmte Mietwohnung im Dachgeschoss sein, die zudem noch in einer städtischen Wärmeinsel liegt. Um diese Gruppe in Braunschweig abzubilden, wurden Transferleistungsempfangende nach Sozialgesetzbuch (SGB) II (Bürgergeld), SGB XII (Sozialhilfe) und Asylbewerberleistungsgesetz herangezogen. Die 24.689 Menschen, die Ende 2022 diese Transferleistungen empfangen, machen in Braunschweig knapp 10 % der Gesamtbevölkerung aus (Stadt Braunschweig - Sozialreferat). Räumlich sind große Unterschiede zu erkennen. Um diese sowie die Zusammenhänge zu bestehenden Umweltbelastungen wie Hitze-, Lärm- und Luftbelastung sichtbar zu machen, könnte perspektivisch z. B. eine Umweltgerechtigkeitskarte entwickelt werden.

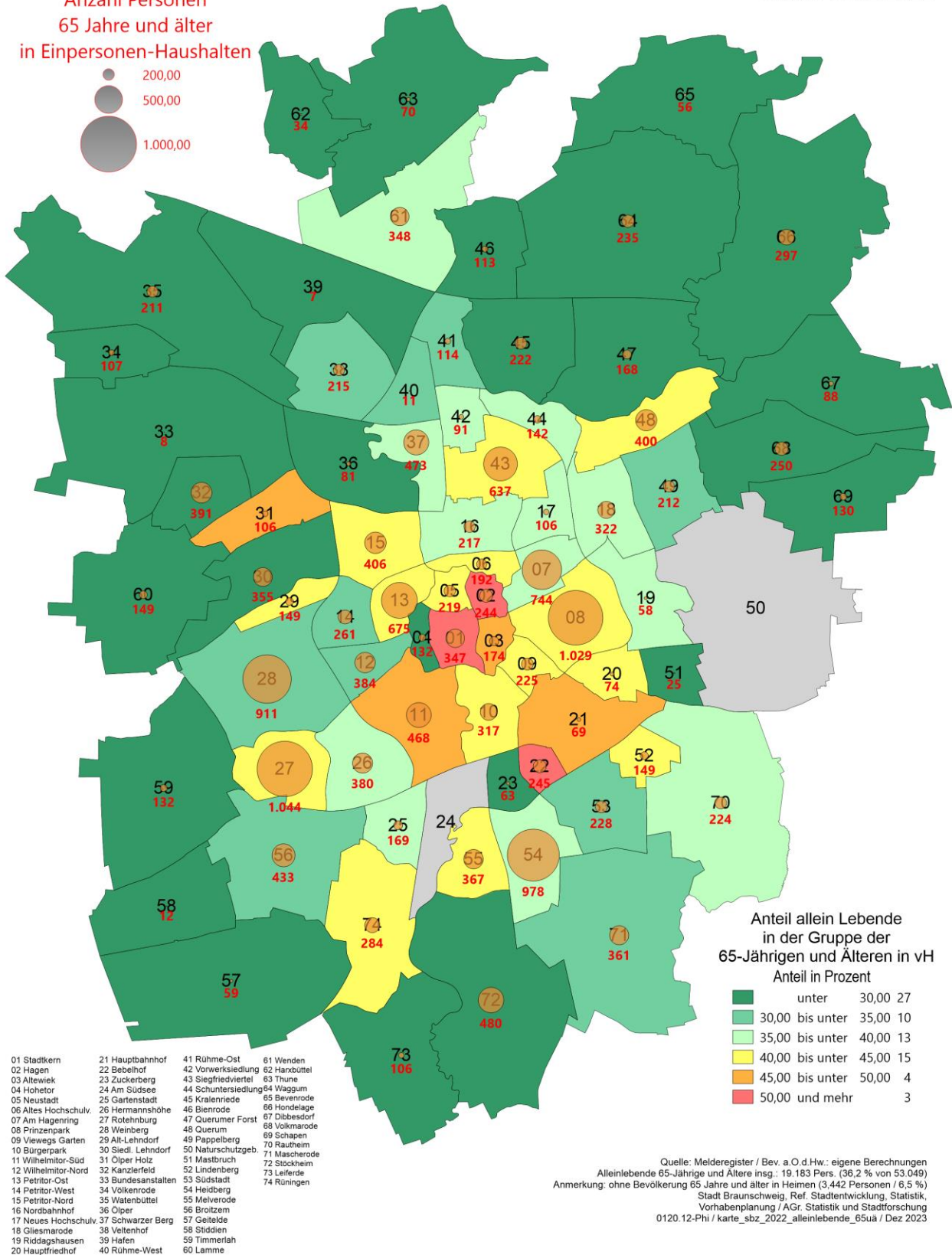
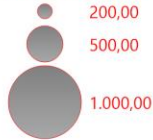
Wohnungslose Menschen besitzen im Hinblick auf den Klimawandel häufig eine hohe Sensitivität gegenüber Wetterextremen. In Braunschweig lebten Ende Januar 2023 360 Personen ohne Wohnung. Von diesen 360 Menschen waren 133 akut wohnungslos und wurden von den Sozialberatungsstellen gemeldet, 198 Personen waren zu der Zeit ordnungsrechtlich in Braunschweig untergebracht. Weitere 29 Personen befanden sich zu dem Zeitpunkt im stationären Bereich (Diakonieheim oder Frauenhaus). Die benannte Zahl von 360 wohnungslosen Personen in Braunschweig stellt den Minimalwert

dar. All jene Menschen, die zwar wohnungslos in Braunschweig leben, jedoch keinen Kontakt zu Beratungsstellen oder der Kommune hatten, sind nicht in der Statistik erfasst. Des Weiteren waren den Beratungsstellen Ende Januar 2023 51 Personen bekannt, die in Braunschweig in „unzumutbaren“ (z. B. außergewöhnlich beengend, gesundheitsgefährdende Ausstattung etc.) Wohnverhältnissen leben (Zentrale Beratungsstelle Niedersachsen 2023).

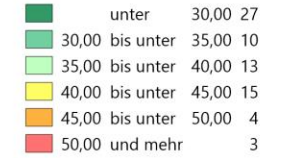
Zu Menschen der Braunschweiger Bevölkerung, die überwiegend **im Freien tätig** sind und daher gegenüber Hitze oder UV-Belastung besonders exponiert sind, konnte aufgrund begrenzter zeitlicher Ressourcen nichts Näheres herausgefunden werden. Nähere Informationen zu entsprechenden Berufs- oder Freizeitgruppen wären hilfreich bspw. hinsichtlich der Gestaltung zielgruppengerechter Informationsangebote zu Vorsorge- und Schutzmaßnahmen.

Wenn im Zuge der Klimafolgenanpassung Schutzmaßnahmen ergriffen werden, sollten insbesondere vulnerable Bevölkerungsgruppen Beachtung finden. Sie sind die ersten, die unter veränderten Klimabedingungen leiden und gleichzeitig am wenigsten eigene Ressourcen haben, sich zu schützen.

Anzahl Personen
 65 Jahre und älter
 in Einpersonenhaushalten



Anteil allein Lebende
 in der Gruppe der
 65-Jährigen und Älteren in vH
 Anteil in Prozent



Quelle: Melderegister / Bev. a.O.d.Hw.: eigene Berechnungen
 Alleinlebende 65-Jährige und Ältere insg.: 19.183 Pers. (36,2 % von 53.049)
 Anmerkung: ohne Bevölkerung 65 Jahre und älter in Heimen (3.442 Personen / 6,5 %)
 Stadt Braunschweig, Ref. Stadtentwicklung, Statistik,
 Vorhabenplanung / AGR, Statistik und Stadtforschung
 0120.12-Phi / karte_sbz_2022_alleinlebende_65uä / Dez 2023

Abbildung 36: Kartografische Darstellung der allein lebenden Bevölkerung 65 Jahre und älter nach statistischen Bezirken

Handlungsoptionen in Bezug auf Hitzebelastung

In den vergangenen Jahren haben viele deutsche Kommunen Hitzeaktionspläne als strategisches Instrument der Vorsorge und des Bevölkerungsschutzes aufgestellt (Blättner und Grewe 2023). Die genaue Ausgestaltung variiert zwischen den Kommunen. Im Allgemeinen werden in Hitzeaktionsplänen Zuständigkeiten hinsichtlich der Risikokommunikation an die Bevölkerung und an relevante Akteure, kurzfristig zu ergreifende Maßnahmen bei akuten Hitzeereignissen sowie deren Management und Durchführung sowie langfristige, i.d.R. planerische Adaptionsmaßnahmen festgehalten. Neben kurzfristigen und langfristigen Maßnahmen werden teilweise darüber hinaus periodisch durchzuführende, vorbereitende Maßnahmen für den Sommer definiert.

Für die weiterführende Bestandsaufnahme kann eine sogenannte Umweltgerechtigkeitskarte als sinnvoll erachtet werden, da hieraus Stadtbereiche hervorgehen, in denen die Bevölkerung Mehrfachbelastungen ausgesetzt ist (z.B. in Bezug auf Hitze-, Lärm-, Luftbelastungen, erhöhte Starkregengefahren, niedriges Einkommen). So könnten Gebiete mit erhöhtem Handlungsdruck identifiziert und priorisiert sowie Schutzoptionen für besonders verwundbare Menschen getroffen werden. Denn Fragen der Klimaanpassung sind immer auch Fragen der Umweltgerechtigkeit.

Hitzeaktionspläne, Hitzewarnsysteme, die Verbesserung der bodennahen Durchlüftung der städtischen Atmosphäre (z. B. durch Luftleitbahnen), die Schaffung von abgeschatteten Arealen, die Erhöhung des Grünflächenanteils und die Berücksichtigung von klimatischen Aspekten bei der Bauplanung sind wirkungsvolle Handlungsoptionen, um die Hitzebelastung zu reduzieren.

Seit 2004 gibt es außerdem das Deutsche Hitzewarnsystem des Deutschen Wetterdienstes, das Hitzewarnungen für den aktuellen und den Folgetag ausspricht (abrufbar unter: www.hitzewarnungen.de). Das System dient vor allem dem Schutz älterer Personen und liefert Handlungsempfehlung zum Schutz der Gesundheit sowohl an verantwortliche Akteure als auch an die Gesamtbevölkerung (Matzarakis 2022). Außerdem können die Hitzewarnungen als Ausgangspunkt zur Umsetzung von kurzfristigen Maßnahmen, wie sie in einem Hitzeaktionsplan festgehalten sind, dienen.

Als planerische Anpassungsmaßnahmen in Städten gelten typischerweise die Verbesserung der bodennahen Durchlüftung der städtischen Atmosphäre (z. B. durch Luftleitbahnen), die Schaffung von abgeschatteten Arealen, die Erhöhung des Grünflächenanteils und die Berücksichtigung von klimatischen Aspekten bei der Bauplanung (Ren et al. 2011). Bei diesen Maßnahmen ist jedoch zu bedenken, dass abhängig von den Rahmenbedingungen die Effizienz stark variieren kann, z. B. wenn die Evapotranspiration von Grünflächen und somit der Effekt durch Verdunstungskühlung in Folge von Trockenheit reduziert ist (Ward et al. 2016; Kong et al. 2021).

5.3.2 Gesundheitliche Folgen durch Starkregen und Überschwemmung

Eine Definition zu Starkregen und dessen Folgen, die nicht die menschliche Gesundheit direkt betreffen, ist in den [Kapiteln 3.4](#) und [5.2.3](#) zu finden. Im folgenden Unterkapitel liegt der Fokus auf den Folgen von Starkregen auf die menschliche Gesundheit.

Klimafolge

Neben den unmittelbaren Todesfällen bei Überflutungen (bspw. etwa 180 Todesfällen bei den Ereignissen 2021 in Deutschland; Fekete und Sandholz 2021) bestehen Gefahren durch Kontamination von Oberflächengewässern und der Trinkwasserversorgung mit Abwasser oder freigesetzten, umweltschädlichen Chemikalien (UBA 2021). Außerdem können längerfristige psychische Leiden bei Betroffenen entstehen (Apel und Coenen 2021; s. auch [Kap. 5.3.8](#)).

Eine langfristige Prognose zur Entwicklung der Anzahl von Starkniederschlagsereignissen, die ein Gefahrenpotenzial wie die oben genannten Beispiele aufweisen, ist nicht möglich. Anhand der vom NIKO für Braunschweig ausgegebenen Projektionen, wird für das RCP8.5-Szenario (kein Klimaschutz) bis zum Ende des Jahrhunderts von etwa einem Starkregentag pro Kalenderjahr ausgegangen. Dies entspricht einer Zunahme gegenüber dem Durchschnitt der Periode 1991-2020 (< 1 Starkregentag / Kalenderjahr), aber einer Abnahme gegenüber der Periode 1971-2000 (zwei Starkregentage / Kalenderjahr).

Bei Starkregen und Überschwemmungen kann es zur Kontamination von Oberflächengewässern und der Trinkwasserversorgung mit Abwasser oder freigesetzten, umweltschädlichen Chemikalien kommen. Auch können durch solche Extremereignisse längerfristige psychische Leiden bei Betroffenen entstehen.

Klimarisiko

Hochrechnungen zu den Auswirkungen auf Mensch und Gesundheit durch zukünftige Veränderungen von Starkregenereignissen oder Überschwemmungen sind nicht verfügbar.

Handlungsoptionen

Zur lokalen Abmilderung der Schadwirkung von Starkregenereignissen sind grundsätzlich Entsiegelungsmaßnahmen sowie der Erhalt von Grünflächen zu nennen. Ebenso zentral sind die gezielte Ableitung von oberirdisch abfließenden Niederschlagsmengen über planvoll angelegte Notwasserwege (Abflusslenkung) sowie die Vorhaltung von Flächen zum Rückhalt und der Wasserspeicherung im Stadtraum (inkl. Rückhaltebecken, Regenspeicher wie Zisternen/ Rigolen, Retentionsdächer, Multifunktionsflächen etc.), um pluviale Überflutungen und deren Schadwirkungen abzumildern (Schneider et al. 2021). Weiterhin ist zu überprüfen, ob sich in Bereichen, die im Rahmen der Starkregenanalyse als besonders gefährdet identifiziert wurden, Einrichtungen mit hilfebedürftigen Personen (z. B. Krankenhäuser und Altenheime) oder kritische Infrastruktur sowie Gewerbe- und Industrieanlagen befinden, die einen besonderen Schutz verlangen.

Mit dem European Flood Awareness System (EFAS) gibt es ein Warnsystem vor Sturzfluten (d.h. plötzliche Überschwemmungen mit hohen Fließgeschwindigkeiten und somit auch großem Schadenpotenzial; Bresseur et al. 2017), welches Starkregenereignisse und Überflutungen wenige Tage im Voraus vorhersagt (Smith et al. 2016). Zum Schutz der Bevölkerung vor akuten Überschwemmungsereignissen sind einerseits klare Kommunikationsketten mit eindeutigen Verantwortlichkeiten einzurichten, damit im Falle einer Warnung (z. B. vom EFAS) entsprechende Katastrophenschutzmaßnahmen eingeleitet werden können (Fekete und Sandholz 2021). Darüber hinaus sollten Anwohner:innen in potenzi-

ell betroffenen Regionen speziell für das Thema Überflutungen und den Katastrophenfall sensibilisiert werden, sodass sie selbst im Vorhinein Vorsorgemaßnahmen treffen (siehe auch §5, Abs. 2 Wasserhaushaltsgesetz) und im akuten Fall Schutzmaßnahmen einleiten können (Fekete und Sandholz 2021).

5.3.3 UV-Belastung

Definition

Ultraviolette Strahlung (UV-Strahlung) mit Wellenlängen zwischen 100 und 400 nm ist der energiereichste Teil der Sonnenstrahlung. Je nach geographischer Lage, Bewölkung, Ozongehalt der Ozonschicht, Jahres- und Tageszeit kommt unterschiedlich viel dieser Strahlung an der Erdoberfläche an (BFS 2022). Mit Ozonschicht ist hierbei der Bereich in der Stratosphäre in etwa 30 - 50 km Höhe gemeint. Hier absorbiert die hohe Ozonkonzentration die einfallende UV-Strahlung. In Folge des regelmäßigen Auftretens vom Ozonloch über der Antarktis, aber auch über der Arktis, sowie der generellen Abnahme der Ozonkonzentration, steht die Ozonschicht durch das Montreal-Protokoll unter einem besonderen Schutz (Neale et al. 2021). Die Schädigung der Ozonschicht wurde dabei wesentlich durch langlebige chlor- und fluorhaltige Verbindungen aus Produktionsprozessen verursacht. Die jeweiligen meteorologischen Bedingungen im Winter und Frühjahr beeinflussen dabei, wie die Ausprägung und räumliche Ausdehnung des Ozonlochs sind (Neale et al. 2021).

UV-Strahlung ist in geringer Intensität wichtig, um die Vitamin-D Bildung anzuregen (Baldermann und Lorenz 2019). Eine zu hohe Intensität der UV-Strahlung hat allerdings sofortige und langfristige negative Wirkungen auf Haut und Augen und verursacht Sonnenbrand. Außerdem zählt bereits heute Hautkrebs, der maßgeblich auf die UV-Strahlung zurückzuführen ist, zu den häufigsten Krebsarten in Deutschland. Von 2000 bis 2019 hat sich die Zahl der Hautkrebsneuerkrankungen mehr als verdoppelt (Baldermann und Lorenz 2019). Auch der Graue Star (Katarakt) ist eine Folgeerscheinung von hoher UV-Exposition. Besonders betroffen sind Menschen, die sich z. B. berufsbedingt viel draußen aufhalten oder Freizeitaktivitäten wie Baden und Wassersport nachgehen (Brasseur et al. 2017).

Klimafolge

Es ist noch nicht klar, welche Auswirkungen der Klimawandel auf die Intensität der UV-Strahlung haben wird. Eine Rolle spielt das stratosphärische Ozon, dessen Konzentration bis zum Ende des Jahrhunderts etwa auf das Niveau von vor der starken Schädigung der Ozonschicht (1956-1975) ansteigt (RCP2.6-Szenario, starker Klimaschutz) bzw. 10 % darüber liegt (RCP8.5-Szenario, kein Klimaschutz) (Bais et al. 2019). Dies spricht für eine konstante bzw. leicht abnehmende UV-Einstrahlung. Außerdem gibt es Unsicherheiten bei der Modellierung von Wolken und ihre langfristige Entwicklung ist noch nicht absehbar. Entsprechend sind auch Projektionen der UV-Strahlung durch den Einfluss der Wolken mit Unsicherheit behaftet (Eleftheratos et al. 2020).

In den letzten zwei Jahrzehnten sind vermehrt Niedrigozonereignisse, d.h. Zeiträume mit einer besonders niedrigen Ozonkonzentration in der Ozonschicht, aufgetreten. Bei diesen ist die UV-Belastung im Frühjahr hoch, wenn die Haut noch empfindlich gegenüber UV-Strahlung ist (UBA 2021). Es scheint einen Zusammenhang der häufigeren Niedrigozonereignisse mit den steigenden Treibhausgaskonzentrationen zu geben (Baldermann und Lorenz 2019).

In den letzten zwei Jahrzehnten sind vermehrt Niedrigozonereignisse aufgetreten. Bei diesen ist die UV-Belastung im Frühjahr hoch, wenn die Haut noch empfindlich gegenüber UV-Strahlung ist. Es scheint einen Zusammenhang der häufigeren Niedrigozonereignisse mit den steigenden Treibhausgaskonzentrationen zu geben.

Eine weitere Folge des Klimawandels sind mögliche Verhaltensänderungen. Menschen, die im Freien arbeiten bzw. viel Freizeit im Freien verbringen, erfahren mehr Bestrahlung als Menschen, die sich hauptsächlich in Innenräumen aufhalten. Durch den Klimawandel können sich mehr Tage mit angenehm empfundenen Temperaturen ergeben, was zu vermehrtem Aufenthalt im Freien führen könnte. Verändertes Verhalten lässt sich allerdings nur schwer voraussagen (s. auch Abb. 37; Baldermann und Lorenz 2019; UBA 2021).

Klimarisiko

Eine direkte Ableitung von sich verändernden gesundheitlichen Risiken bedingt durch sich verändernde UV-Strahlung ist nur schwer möglich. Einerseits wird die Einstrahlungsstärke durch die Wolkenbedeckung beeinflusst (Eleftheratos et al. 2020) und andererseits bestimmt das individuelle Verhalten, welches sich durch den Klimawandel verändert, die persönliche Exposition (Baldermann und Lorenz 2019). Beides kann nach aktuellem Stand nicht ausreichend vorhergesagt werden.

Handlungsoptionen

Informationskampagnen können genutzt werden, um das Risikobewusstsein zu erhöhen und gesundheitsförderliches Verhalten zu fördern. Damit diese erfolgreich sind, müssen die Teilnehmenden bereit sein, ihr Verhalten zu ändern und zusätzlich müssen die äußeren Umstände stimmen. Weitere Maßnahmen sind das Einrichten von Schattenplätzen sowie die Berichterstattung und öffentliche Anzeige des UV-Index (Baldermann und Lorenz 2019). Weiterhin könnte ein frühzeitiges Screening auf Hautkrebs die Mortalität vermindern, da eine Behandlung frühzeitig eingeleitet werden kann (Datzmann et al. 2022).

COABS-Klimarisikoanalyse: Wirkungskette HF Mensch und Gesundheit

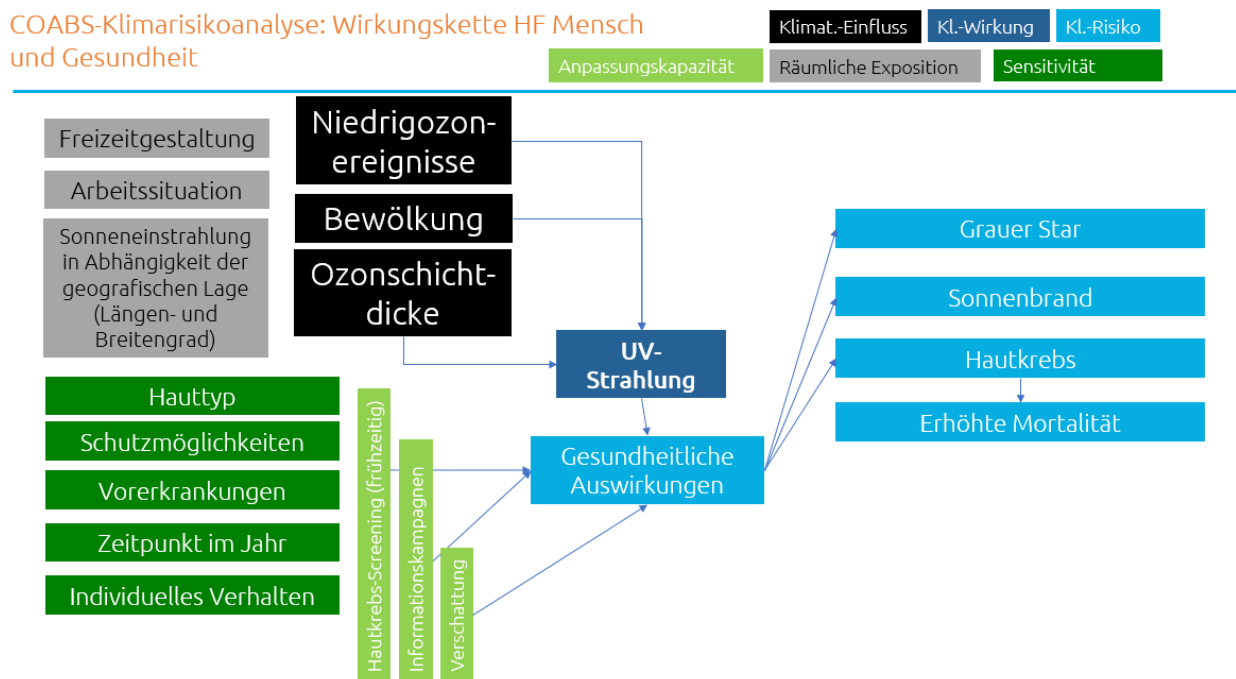


Abbildung 37: Wirkungskette zu UV-Strahlung (eigene Darstellung)

5.3.4 Luftschadstoffe

Definition

Zu den gesetzlichen Luftschadstoffen zählen jene, die sowohl akut, als auch chronisch nachweislich einen Einfluss auf die menschliche Gesundheit haben. Damit sind sie von klimawirksamen, chemischen Verbindungen (insbesondere CO₂) zu unterscheiden, für die es keine gesetzlichen Immissionsgrenzwerte gibt. Als Immission wird hierbei das Einwirken von Luftschadstoffen und Lärm auf Umwelt und

Mensch verstanden. Bezogen auf Luftschadstoffe wird die Immission in der Regel durch eine Konzentration ausgedrückt (s. Tab. 10).

In Deutschland sind die Luftschadstoff-Grenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit, sowie Informations- und Alarmschwellen für Ozon in der 39. Bundesimmissionsschutzverordnung (BImSchV) verankert (Tab. 10). An dieser Stelle soll darauf hingewiesen werden, dass Ozon in der Troposphäre, d.h. in der Nähe des Erdbodens, als Luftschadstoff gilt, während Ozon in der Stratosphäre, d.h. in der Ozonschicht, UV-Strahlung absorbiert und deshalb für die menschliche Gesundheit vorteilhaft ist (siehe Abschnitt UV-Strahlung). Neben den gesetzlichen Grenzwerten gibt es empfohlene Grenzwerte der Weltgesundheitsorganisation, die zuletzt 2021 erneuert wurden und unterhalb der gesetzlichen Grenzwerte liegen (WHO 2021). In der EU sollen künftig ab 2030 niedrigere Grenzwerte für verschiedene Luftschadstoffe gelten. Unterhändler des Europaparlaments und der EU-Länder verständigten sich auf neue Höchstgrenzen unter anderem für Feinstaub, Stickstoffdioxid (NO₂) und Schwefeldioxid (SO₂), wie das Europaparlament mitteilte. Die neuen Regeln müssen offiziell noch von den EU-Staaten und vom Parlament beschlossen werden. Dies gilt allerdings als Formsache. Von 2030 an werden danach in etwa halbierte Grenzwerte für Schadstoffe gelten. Für NO₂ soll der Grenzwert für die durchschnittliche Jahresbelastung von derzeit 40 Mikrogramm pro Kubikmeter Luft auf 20 Mikrogramm sinken. Der zulässige Jahresmittelwert für Feinstaub - bei einer Partikelgröße von zehn Mikrometern je Teilchen, also PM₁₀ - sinkt von 40 Mikrogramm pro Kubikmeter auf 20 Mikrogramm, für die noch kleineren Feinstaubpartikel PM_{2,5} gilt künftig ein Zielwert von zehn statt 25 Mikrogramm.

Für die Überwachung der Luftqualität in Niedersachsen ist das Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim zuständig (MU o.J.). Eine jährliche Gesamtauswertung für Ozon (O₃), Stickstoffoxide (NO_x) und Feinstaub wird vom Umweltbundesamt veröffentlicht (z. B. UBA 2023).

Feinstaub wird über zwei Messgrößen quantifiziert. Die Massenkonzentration von Partikeln mit einem aerodynamischen Durchmesser kleiner als 10 µm (PM₁₀) und die Massenkonzentration von Partikeln mit einem aerodynamischen Durchmesser kleiner als 2,5 µm (PM_{2,5}). PM₁₀ wird teilweise auch als inhalierbare Feinstaubfraktion und PM_{2,5} als lungengängige Feinstaubfraktion bezeichnet. Neben grenzwertbehafteten Luftschadstoffen sind ultrafeine Partikel (UFP) mit einem aerodynamischen Durchmesser kleiner als 100 nm und Rußkonzentrationen von Interesse, da die Ergebnisse aus gesundheitlichen Studien einen Effekt der Schadstoffe auf die menschliche Gesundheit suggerieren, sowie volatile organische Kohlenstoffverbindungen, die bei der Bildung von Ozon eine Rolle spielen (UBA 2023).

Luftschadstoffimmissionen sind ein Resultat von Emissionen (d.h. dem Ausstoß von Luftschadstoffen) und von äußeren Rahmenbedingungen, die den Transport, chemische Reaktionen in der Atmosphäre und die Ablagerung der Schadstoffe auf Oberflächen beeinflussen. In der Vergangenheit wurde generell eine Abnahme der Konzentrationen von Feinstaub und Stickstoffoxiden gemessen, da sich die Emissionen (v.a. in Industrie und im Verkehrssektor) durch Einführung effizienterer Technologien sowie gesetzlicher Rahmenbedingungen verringert haben. Bei Ozon hingegen liegt eine starke Jahr-zu-Jahr-Variabilität vor, die abhängig von den meteorologischen Bedingungen ist.

Basierend auf den gemessenen Luftschadstoffkonzentrationen gibt es Hochrechnungen zu der durch die Luftqualität verursachten Übersterblichkeit. Demnach können 2022 in Deutschland gut 43.000 Sterbefälle (davon knapp 29.000 durch PM_{2,5}, 10.000 durch NO₂ und gut 4.500 durch Ozon) auf die Luftqualität zurückgeführt werden (European Environment Agency 2019). Eine Vielzahl von akuten und chronischen Krankheiten wird mit der Luftqualität in Verbindung gebracht, der stärkste Zusammenhang besteht hierbei zu Lungen- und Herz-Kreislauf-Erkrankungen (s. auch Abb. 38; Ritz et al. 2019).

Im Rahmen des Projekts COABS werden wir uns im Weiteren auf Feinstaub und Ozon konzentrieren, da sie von den Luftschadstoffen mit gesetzlichem Grenzwert zu jenen zählen, für die von einer Abhängigkeit vom Klimawandel ausgegangen wird.

5. Klimafolgen und Klimarisiken in Braunschweig
5.3 Handlungsfeld Mensch und Gesundheit

Tabelle 10: Auswahl von Immissionsgrenzwerten der 39. BImSchV, vorgeschlagene Grenzwerte der WHO-Richtlinie von 2021 und Messwerte für die beiden Stationen des Lufthygienischen Überwachungssystems Niedersachsen (LÜN) in Braunschweig (verkehrsnahe Station am Altewiekring und Hintergrundstation in Broitzem) (Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim 2023). Für Ozon sind in der BImSchV keine Grenzwerte, sondern ein Zielwert, eine Informations- und eine Alarmschwelle definiert.

Luftschadstoff	Einheit	Mittelungszeitraum	39. BImSchV	WHO-Richtlinie 2021	Messwerte Braunschweig 2022	
					Altewiekring	Broitzem
Feinstaub < 10 µm (PM ₁₀)	µg m ⁻³	Jahr	40	15	17	13
		Tag	50 (35 Ü./Jahr*)	45 (3-4 Ü./Jahr*)	0 Ü./Jahr*	0 Ü./Jahr*
Feinstaub < 2,5 µm (PM _{2.5})	µg m ⁻³	Jahr	25	5	10	-
		Tag	-	15 (3-4 Ü./Jahr*)	-	-
Stickstoffdioxid (NO ₂)	µg m ⁻³	Jahr	40	10	25	10
		Tag	-	25 (3-4 Ü./Jahr*)	-	-
		Stunde	200 (18 Ü./Jahr*)	-	0 Ü./Jahr*	0 Ü./Jahr*
Schwefeldioxid (SO ₂)	µg m ⁻³	Tag	125 (3 Ü./Jahr*)	40 (3-4 Ü./Jahr*)	-	-
		Stunde	350 (24 Ü./Jahr*)	-	-	-
Kohlenmonoxid (CO)	mg m ⁻³	8 h-Max pro Tag	10	-	1,3	-
		Tag	-	4 (3-4 Ü./Jahr*)	-	-
Ozon (O ₃)	µg m ⁻³	Sommer**	-	60	-	***
		8 h-Max pro Tag	120 (25 Ü./Jahr*) (Zielwert)	-	-	11 Ü./Jahr*
		8 h	-	100 (3-4 Ü./Jahr*)	-	-
		1 h	180 (Informationsschwelle) 240 (Alarmschwelle)	-	-	0 Ü./Jahr* 0 Ü./Jahr*

*: (zugelassene) Überschreitungen pro Kalenderjahr
 **: Mittelwert der täglichen maximalen 8 h-Durchschnittskonzentrationen in den sechs Monaten mit der höchsten Ozonkonzentration
 ***: Jahresmittel: 58 µg m⁻³

Klimafolge

In Folge des Klimawandels wird von einer Zunahme der Hintergrundkonzentrationen von Ozon ausgegangen. Für das RCP8.5-Szenario (kein Klimaschutz) hängt dies mit Emissionen von Verbindungen zusammen, die Ozonbildungsreaktionen in der Atmosphäre verstärken, sowie mit einem Eintrag von stratosphärischem Ozon bei Wetterlagen mit besonders turbulenten Bedingungen, d.h. der vertikale Austausch in der Atmosphäre ist stark (Fortems-Cheiney et al. 2017). Im Allgemeinen sind die Entwicklung der Konzentrationen der weiteren Luftschadstoffe insbesondere von deren Emissionen abhängig (IPCC 2021). In Anbetracht der gesundheitlichen Relevanz müssen allerdings Extremereignisse beachtet werden, insbesondere Hitzewellen, die durch den Klimawandel häufiger auftreten werden (Jahn und Hertig 2021) und die mit erhöhten Ozon- und Feinstaubkonzentrationen zusammenfallen (Hertig et al. 2020; Pascal et al. 2021).

In Anbetracht der gesundheitlichen Relevanz müssen Extremereignisse beachtet werden, insbesondere Hitzewellen, die durch den Klimawandel häufiger auftreten werden und die mit erhöhten Ozon- und Feinstaubkonzentrationen zusammenfallen.

Klimarisiko

Für Hitzewellen mit erhöhten Ozon- und Feinstaubkonzentrationen konnte gezeigt werden, dass Mortalitätsraten besonders stark erhöht sind (Pascal et al. 2021). Solche Extremereignisse könnten in Zukunft häufiger auftreten (IPCC 2021).

Handlungsoptionen

Neben weiteren Bemühungen zur Verminderung von Luftschadstoffemissionen können planerische Maßnahmen zur Verbesserung der Durchlüftung getroffen werden, um lokale Emissionen aus Straßenschluchten effektiver zu verdünnen (z. B. Buccolieri et al. 2010). Der Effekt von Straßenbäumen auf die Luftqualität ist ambivalent: Einerseits bieten Bäume durch ihr Laub zusätzliche Oberflächen zur Deposition (s. Glossar) von Luftschadstoffen, andererseits können sie lokal die Durchlüftung und somit die Verdünnung von Luftschadstoffen verhindern (z. B. Buccolieri et al. 2009).

In einem Report der WHO (2020) werden Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung vor akuter Luftschadstoffbelastung diskutiert, u.a. die Vermeidung von physischen Aktivitäten während Perioden mit unzureichender Luftqualität, der Einsatz von Luftfiltern sowie eine angepasste Krisenkommunikation.

COABS-Klimarisikoanalyse: Wirkungskette HF Mensch und Gesundheit

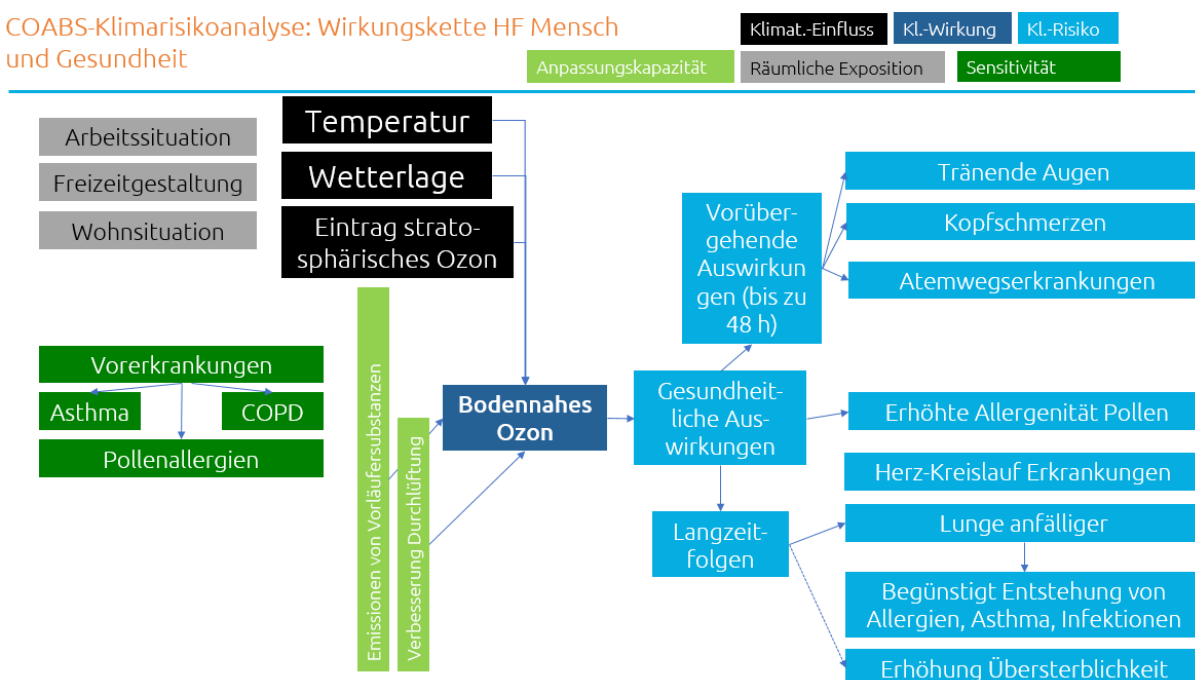


Abbildung 38: Wirkungskette zu Ozon; COPD = chronisch obstruktive Lungenerkrankung (eigene Darstellung)

5.3.5 Allergien

Definition

Der Deutsche Wetterdienst veröffentlicht tagesaktuell den Pollenflug-Gefahrenindex für die allergologisch wichtigsten Pollen (Ambrosia, Beifuß, Birke, Erle, Esche, Gräser, Hasel und Roggen). Nach den Projektionen des NIKO hat sich die Vegetationsperiode in Braunschweig im Vergleich zur Referenzperiode 1971-2000 bereits um etwa elf Tage verlängert. Anhand der phänologischen Jahreszeiten wird deutlich, dass sich die phänologische Winterperiode zwischen den Referenzperioden (1961-1990 zu 1991-2020) bereits verkürzt hat, während der Vorfrühling und somit der Beginn der Blüte von frühblühenden Arten früher im Jahr beginnt (s. Abb. 39, auch Abb. 44 in [Kap. 5.4.1](#)). Das NIKO gibt im Zusammenhang mit Pollenallergien als relevanten Indikator den Zeitpunkt der Apfelblüte an.

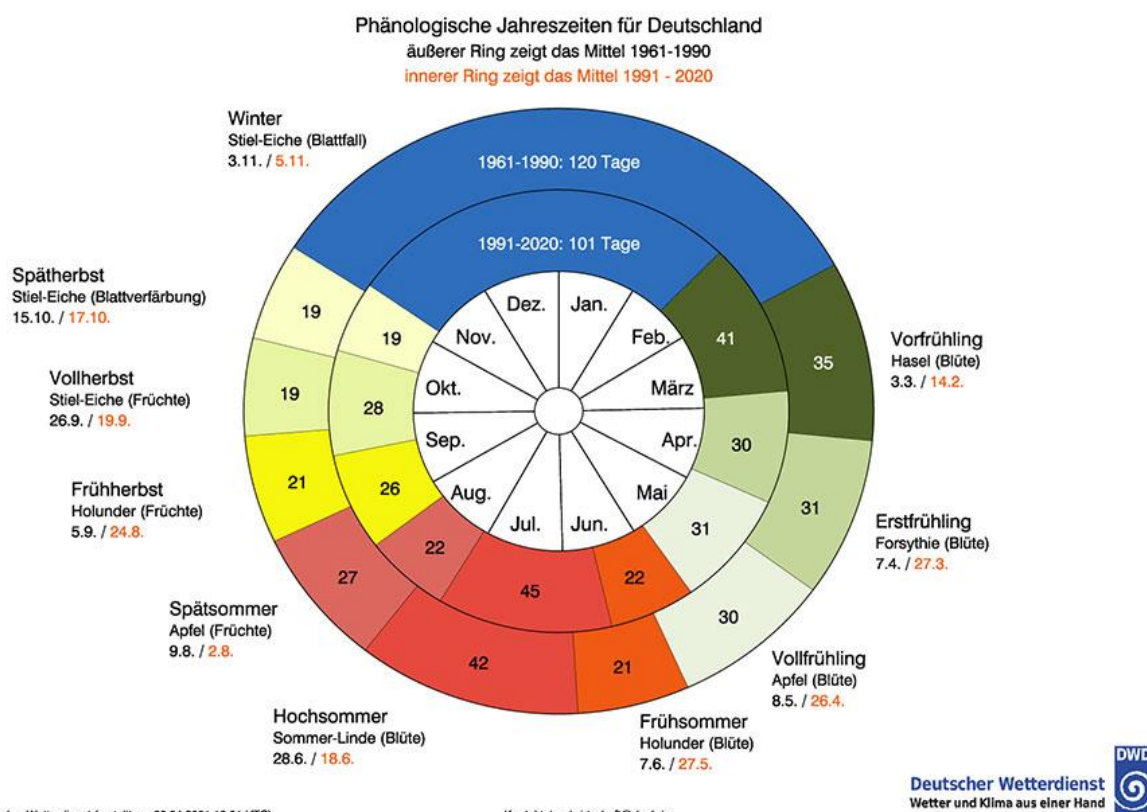


Abbildung 39: Phänologische Uhr für Deutschland für die Perioden 1961-1990 und 1991-2020. Der Beginn der phänologischen Jahreszeiten wird durch Beobachtungen von Pflanzenmerkmalen festgelegt.

Pollen führen bei allergischen Personen zu Reaktionen, können aber auch akut zu nicht-allergischen Lungenerkrankungen führen (Singh und Kumar 2022). In den vergangenen Jahren wurde global eine Zunahme der Anzahl von Allergieverkrankungen und Asthma festgestellt (Singh und Kumar 2022). Gleichzeitig ist die Anzahl der allergischen Personen in Städten oft größer als im Umland, da der Körper wegen der limitierten Biodiversität in der Stadt keine angemessene Immunreaktion in Folge von Interaktionen mit Pflanzen aufbauen kann (Singh und Kumar 2022). Außerdem können sich wegen des Klimawandels invasive Arten mit hohem allergischem Potenzial, z. B. Ambrosia-Spezies, in Europa zunehmend ausbreiten und stabile Populationen etablieren (s. auch [Kap. 5.4.1](#); Singh und Kumar 2022).

Klimafolge

Mit zunehmender Temperatur verlängert sich nach den Projektionen des NIKO auch die Vegetationsperiode im Vergleich zum Referenzzeitraum (1971-2000) um etwa 18 Tage für das RCP2.6-Szenario (starker Klimaschutz) bzw. um etwa 58 Tage für das RCP8.5-Szenario (kein Klimaschutz). Neben der Verlängerung der Vegetationsperiode führt die Erhöhung der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre zu einem schnelleren Pflanzenwachstum, zu einer stärkeren Ausbildung von Pollen und/oder zu einer höheren Konzentration der Allergene in den Pollen (Höflich 2018; Singh und Kumar 2022).

Durch die Erhöhung der Pollenlast und den eventuellen Eintrag von invasiven Arten mit hohem Allergiepotehtial kann von einem weiteren Anstieg von Allergieerkrankungen in der Bevölkerung und anderen, durch Pollen ausgelösten Erkrankungen ausgegangen werden.

Klimarisiko

Durch die Erhöhung der Pollenlast und den eventuellen Eintrag durch invasive Arten mit hohem Allergiepotehtial wird im Allgemeinen von einem weiteren Anstieg der Allergieerkrankungen und anderen, durch Pollen ausgelösten Erkrankungen ausgegangen (Singh und Kumar 2022). Frauen erkranken ab dem frühen Erwachsenenalter häufiger und ihre Erkrankungen weisen im Durchschnitt auch einen höheren Schweregrad auf als bei Männern. Dementsprechend sind sie krankheitsbedingt in ihrer Lebensqualität stärker beeinträchtigt. Bis zur Pubertät haben Jungen ein größeres Allergierisiko als Mädchen. Dann kehrt sich das Verhältnis um (Helmholtz Zentrum München 2024).

Handlungsoptionen

Seit wenigen Jahren gibt es ein automatisches Pollenmonitoring, d.h. kontinuierliche Messungen von Pollenkonzentrationen für die allergologisch relevantesten Pflanzenarten. In Deutschland wird dies allerdings nur an wenigen Stationen durchgeführt (Buters et al. 2020). Eine Ausweitung des Monitoring-Netzwerks könnte als Grundlage für weitere Handlungsoptionen dienen: Spezielle Informationen für allergische Personen könnten im Fall von besonders starkem Pollenflug veröffentlicht werden (Höflich 2018). Außerdem fehlen teilweise die Daten, inwiefern sich Personen mit nachgewiesener Allergie haben desensibilisieren lassen (Höflich 2018). Des Weiteren ist ein Monitoring zur Ausbreitung von invasiven Arten mit starkem allergischem Potenzial (z. B. Ambrosia), sowie Aufklärungskampagnen für Bürger:innen und Entscheidungsträger:innen sinnvoll, um die weitere Verbreitung dieser Arten zu verhindern (Höflich 2018).

5.3.6 Vektorübertragene Krankheiten und Infektionen

Definition

Bei vektorübertragenen Infektionskrankheiten handelt es sich um Krankheitserreger, die von Tieren auf Menschen übertragen werden können (sogenannte Zoonosen). Die bekanntesten Vektoren für Krankheitserreger in unseren Breiten sind Zecken. Der weit in Deutschland verbreitete Gemeine Holzbock, *Ixodes ricinus*, (s. Abb. 40), der **Borreliose-Erreger** auf Menschen überträgt, ist eine der bekanntesten Zeckenarten. *Ixodes ricinus* kommt auch in Braunschweig an vielen Orten vor: an Waldrändern, in Parks und in Gärten (Richter et al. 2023). Die Effekte des Klimawandels auf die Aktivität von wirtssuchenden Zecken sind zweischneidig. Sie sind während Trockenzeiten weniger aktiv, allerdings steigt ihre Aktivität mit zunehmender Luftfeuchte. Beide Effekte sind durch den Klimawandel zu erwarten. Zusätzlich haben weitere Zeckenarten ihre Verbreitungsgebiete ausgeweitet und sind inzwischen in Braunschweig zu finden, von denen vor allem die Auwaldzecke *Dermacentor reticulatus* und die Braune Hundezecke, *Rhipicephalus sanguineus*, die Hundehalter:innen als Überträger von Babesiose-Erregern bzw. Ehrlichiose-Erregern bekannt sein dürfte. Letztere wird aus dem Mittelmeerraum mit importierten oder mitreisenden Haushunden eingeführt und ist nicht an das gemäßigte Klima angepasst. Sie überlebt die Winter hier nur in Innenräumen.



Während Borreliose-Erreger häufig und weit verbreitet in Zecken zu finden sind, sind Fälle von **Früh-sommer-Meningoenzephalitis (FSME)** in Niedersachsen bisher nur im Emsland gemeldet worden (Beermann et al. 2023). Bis 2007 wurden 129 Landkreise in Deutschland als FSME-Risikogebiete ausgewiesen, seitdem sind 46 weitere Landkreise hinzugekommen (Beermann et al. 2023). Der Klimawandel

gilt nur als einer von vielen möglichen Treibern der zunehmenden Verbreitung des FSME-Virus (Süss 2005).

Die Effekte des Klimawandels auf die Aktivität von wirtssuchenden Zecken sind zweischneidig. Sie sind während Trockenzeiten weniger aktiv, allerdings steigt ihre Aktivität mit zunehmender Luftfeuchte. Beide Effekte sind durch den Klimawandel zu erwarten.

Neben Zecken können auch Stechmücken Krankheitserreger, wie das **West-Nil-Virus**, das **Dengue-Virus**, das **Chikungunya-Virus** oder das **Zika-Virus** auf Menschen übertragen. Dabei kommen im Zuge des Klimawandels zwei Faktoren zusammen, die eine zunehmende Häufigkeit von Infektionen bei Menschen in Deutschland wahrscheinlicher machen. Zum einen können sich diese Virusarten erst mit zunehmenden Temperaturen in den Mücken unserer Breiten entwickeln und damit erfolgreich auf Menschen übertragen lassen. Zum anderen verbreiten sich seit einigen Jahren zusätzlich zu den hier heimischen Stechmücken auch nicht-heimische Stechmückenarten. Als epidemiologisch besonders relevant gilt die Asiatische Tigermücke (*Aedes albopictus*, s. Abb. 41), die unter anderem das Dengue-Virus und das Zika-Virus überträgt (Beermann et al., 2023). Vor allem in Süddeutschland konnten sich Populationen etablieren. Als limitierender Faktor gilt im Allgemeinen eine Jahresmitteltemperatur von mindestens 11 °C. Aber auch heimische Mückenarten (z. B. die Gemeine Hausmücke, *Culex pipiens*) können zu Überträgern von Viren wie dem Westnil-Virus werden.



Abbildung 40 und 41: Gemeiner Holzbock (*Ixodes ricinus*), links (© Pixabay, Erik_Karits); Asiatische Tigermücke (*Aedes albopictus*), rechts (© Pixabay, Wikimages)

Zugenommen haben auch gemeldete Hantavirusinfektionen bei Menschen. Das Hantavirus ist in Deutschland mit der Rötelmaus *Myodes glareolus* assoziiert (Beermann et al. 2023). Das Auftreten der Rötelmaus ist abhängig von den meteorologischen Verhältnissen (Imholt et al. 2015). Besonders stark ist allerdings die Vermehrung der Rötelmaus in der Folge von Jahren mit starker Buchenmast, d.h. wenn eine starke Produktion von Bucheckern auftritt (Beermann et al. 2023). Die Übertragung des Hantavirus vom Tier auf den Menschen erfolgt über Kontakt mit kontaminierten Materialien (z. B. Einatmen von Staub oder über Wunden; Kontamination durch Speichel, Urin oder Kot von infizierten Tieren). In Braunschweig liegt die 10-Jahresinzidenz für Hantavirusinfektionen bei 2,8 gemeldeten Fällen pro 100.000 Einwohnern (Stadt Braunschweig 2022a).



Klimafolge

Eine valide Vorhersage über die Entwicklung der Infektionszahlen von zeckenübertragenen Krankheiten ist nicht möglich. Bei der Ausbreitung von Zecken spielt die Ausbreitung von wilden Nagetierarten, die als Wirte für die Zecken dienen, eine Rolle. Außerdem ist die Aktivität von Zecken abhängig von den meteorologischen Verhältnissen des jeweiligen Jahres. Darüber hinaus kann individuelles Ver-

halten von Menschen eine Infektion mit zeckenübertragenen Krankheiten begünstigen, z. B. der Aufenthalt auf Wiesen ohne ausreichenden Schutz durch entsprechende Bekleidung (Beermann et al. 2023).

Aufgrund des Temperaturanstiegs ist insbesondere beim RCP8.5-Szenario (kein Klimaschutz) von einer Ausbreitung der Tigermücke bis zum Ende des Jahrhunderts bis nach Norddeutschland auszugehen (Koch et al. 2016). Eine Abschätzung hinsichtlich der Ausbreitung von Dengue- und Zika-Virus in Deutschland durch Tigermücken ist aktuell nicht möglich. Fast alle in Deutschland registrierten Infektionen sind auf Reiseaktivitäten zurückzuführen (Beermann et al. 2023). Diese dürften auch in Zukunft in Abhängigkeit von der ökonomischen Entwicklung einen großen Anteil der Erkrankungen ausmachen. Es konnten allerdings in Europa autochthone Infektionen, d.h. Erkrankungen, deren Ursprung im Inland liegt, mit dem Dengue-Virus bestätigt werden, sodass Ausbrüche des Dengue-Virus in Europa wahrscheinlicher werden (Ahmed et al. 2019).



Modellrechnungen zeigen, dass sich das Westnil-Virus unter der Temperaturentwicklung des RCP8.5-Szenarios bereits zur Mitte des Jahrhunderts in weiten Teilen Deutschlands ausbreitet (Farooq et al. 2023). Bezogen auf Braunschweig und Niedersachsen gibt es nach heutigem Stand keine Nachweise für eine Infektion bei einem Menschen mit einer der oben genannten Virusarten. Das Robert Koch-Institut warnt allerdings aus den oben genannten Gründen davor, dass Infektionen mit diesen Virusarten wahrscheinlicher werden (RKI 2023b).

Generell wird von einer Zunahme der Rötelmaus-Population basierend auf der Veränderung der klimatischen Verhältnisse ausgegangen (Imholt et al. 2015). Inwiefern sich die Buchenmast entwickelt und es somit in Zukunft zu Jahren mit einer besonders starken Vermehrung der Rötelmaus kommt, ist aktuell nicht vorhersagbar (Hackett-Pain und Bogdziewicz 2021). Beeinflussende Faktoren sind die Temperatur und die Wasserverfügbarkeit, Düngeeffekte durch Konzentrationen an CO₂ und Stickstoffverbindungen in der Atmosphäre, sowie die Größe und das Alter der jeweiligen Bäume. Durch zunehmende Dürre kann es allerdings in Zukunft zu abnehmenden Waldbeständen kommen (Beermann et al. 2023), wodurch auch die Ausbreitung der Rötelmaus eingeschränkt würde. Insgesamt ist deshalb keine längerfristige Tendenz hinsichtlich der Infektionen mit dem Hantavirus ableitbar.

Klimarisiko

Infektionen mit dem FSME-Virus verlaufen bei 70 - 95 % der Betroffenen ohne Symptome. Bei Infizierten mit Symptomen kommt es zu Entzündungen im Hirn (Enzephalitis), an der Hirnhaut bzw. an Knochenmarkshäuten (Meningitis) oder am Rücken- bzw. im Knochenmark (Myelitis), die bei etwa 1 % der Infizierten bis zum Tod führt (Beermann et al. 2023). Bislang liegen der Stadt Braunschweig keine FSME-Meldungen von Menschen, die sich im Braunschweiger Stadtgebiet infizierten, vor (Gesundheitsschutz Stadt Braunschweig, Stand 2023). Die ebenfalls von Zecken übertragene Lyme-Borreliose kann je nach Infektionsverlauf die Haut, das Nervengewebe, die Gelenke und das Herz befallen (Beermann et al. 2023).



Es ist von einer Zunahme der Infektionen mit dem Westnil-Virus auszugehen. Zwar gelten 80 % der Infektionen als asymptomatisch und etwa 19 % der Infektionen als leicht, allerdings ist etwa 1 % der Infektionen mit dem Westnil-Virus neuroinvasiv (d.h. sie dringen in das Nervengewebe ein), an der etwa 10 % der Infizierten sterben (Beermann et al. 2023). Beim Dengue-Virus treten bei 25 % der Infizierten klinische Symptome auf. Ein kleiner Teil ist assoziiert mit schweren Symptomen wie Blutungen (Beermann et al. 2023). Infektionen mit dem Zika-Virus bei Schwangeren können Fehlbildungen am Fötus auslösen (z. B. Mikrozephalie) (Beermann et al. 2023). In Braunschweig sind bislang keine Westnil- oder Zika-Virus-Fälle bekannt. Zwei in 2022 gemeldete Infektionen mit dem Dengue-Virus waren auf einen Auslandsaufenthalt zurückzuführen (Gesundheitsschutz Stadt Braunschweig, Stand 2023). Hantaviren sind mit teils unspezifischen Symptomen assoziiert und reichen von Fieber und Kopfschmerzen über Übelkeit und Erbrechen bis zu Einblutungen (Beermann et al. 2023).



Handlungsoptionen

Das RKI gibt Handlungsempfehlungen zum Schutz der Bevölkerung gegen vektorübertragene Infektionskrankheiten aus (Beermann et al. 2023). Diese umfassen ein Monitoring der relevanten Vektoren,

die Bereitstellung von Informationen für die Bevölkerung zur Vermeidung von Infektionen, sowie Maßnahmen zur akuten Behandlung von infizierten Personen.

5.3.7 Lebensmittelbedingte und wasserbürtige Infektionen

Bei **Infektionen über Lebensmittel** sind die Fallzahlen in den Sommermonaten am höchsten (Dietrich et al. 2023). Relevante Bakterien sind vor allem Salmonellen und *Campylobacter* (z. B. *C. coli*, *C. jejuni*). Eine Infektion mit **Salmonellen** geht beim Menschen oft mit Fieber, Übelkeit, Erbrechen sowie Bauch- und Kopfschmerzen einher. Krankheitsanzeichen können aber auch völlig fehlen. Die Übertragung findet in den meisten Fällen über Geflügelfleisch, Eier, Eiprodukte sowie Schweinefleisch statt. Doch auch der Verzehr von Lebensmitteln nicht tierischen Ursprungs kann zu Salmonella-Infektionen führen (Dietrich et al. 2023). *Campylobacter* können heftigen Durchfall, Bauchschmerzen und weitere, seltener auftretende Symptome verursachen. Eine Übertragung von *Campylobacter* auf den Menschen erfolgt vor allem über kontaminierte Lebensmittel tierischen Ursprungs, wie z. B. Hühnerfleisch oder nicht-pasteurisierte Milch (Dietrich et al. 2023). Fische und Meerestiere können Vibrionen enthalten, sodass deren Verzehr (vor allem im rohen oder nicht durchgegartem Zustand) für Menschen problematisch werden kann. Auch toxische Algenblüten können über Schalentiere und Fische in die Nahrungskette gelangen und sich negativ auf die menschliche Gesundheit auswirken (Dietrich et al. 2023). Durch **Legionellen** kann die Legionärskrankheit, eine Form der Lungenentzündung, hervorgerufen werden. Das Bakterium muss vernebelt und dann eingeatmet werden, um die Krankheit zu verursachen. Die häufigste Infektionsquelle ist nach gegenwärtigem Kenntnisstand das häusliche Trinkwasser (Dupke et al. 2023).

Durch den Kontakt mit Wasser können zahlreiche weitere Krankheitserreger auf den Menschen übertragen werden (Dupke et al. 2023). In **Gewässern** können sich durch klimawandelbedingte Ursachen wie Niedrigwasser (fehlende Verdünnung, geringere Fließraten), höhere Temperaturen oder beispielsweise starkregeninduzierte Überflutungen von Abwasseranlagen verstärkt Infektionen, Giftstoffe und Krankheitserreger verbreiten und vermehren. Dies betrifft im wesentlichen Cyanobakterien in Seen, sowie Vibrionen (Bakterien) in Meer- und Brackwasser sowie vereinzelt in leicht salzhaltigen Binnengewässern. **Vibrionen** können schwere Wundinfektionen, Blutvergiftungen und Magen-Darm-Beschwerden hervorrufen. Besonders gefährdet sind immungeschwächte, ältere Personen und Menschen mit Vorerkrankungen. Über offene Wunden und über kleine Hautverletzungen können die Erreger in den Körper eindringen (Dupke et al. 2023, MU 2022a). Das Wachstum von **Cyanobakterien** (auch Blaualgen genannt) wird durch Nährstoffeintrag in Gewässer sowie warme Temperaturen begünstigt. Bei einer starken Vermehrung kommt es zu einer bläulichen „Algenblüte“ an der Wasseroberfläche. Einige Cyanobakterien bilden Giftstoffe, die bei Kontakt mit dem verunreinigten Wasser zu Haut-, Magen- und Darmirritationen sowie Leber- und anderen schweren Gesundheitsschäden führen (MU 2022a, Dupke et al. 2023). Unter Umständen können Cyanobakterien auch ins Trinkwasser gelangen, wenn Trinkwasser aus betroffenen Flüssen und Seen gewonnen wird und unzureichend aufbereitet wurde (Dupke et al. 2023).

Klimafolge

Mit zunehmender Hitzebelastung können sowohl lebensmittelbedingte als auch wasserbürtige Infektionen zunehmen und damit das Potenzial für eine menschliche Gesundheitsgefährdung ansteigen (Dupke et al. 2023, Dietrich et al. 2023).

Wenn Klimaveränderungen sich auf Lebensräume auswirken, betrifft dies auch die aus den Habitaten gewonnenen Lebensmittel. Durch die sich zukünftig verschärfende Wasserknappheit kann es z. B. dazu kommen, dass zur Beregnung häufiger auf aufbereitetes Abwasser zurückgegriffen werden muss. Dies birgt Risiken für die Lebensmittelsicherheit. Mindeststandards zur Aufbereitung von Abwasser wurden EU-weit bereits festgelegt (Dietrich et al. 2023).

Mit der Zunahme von *Campylobacter*-Erkrankungsfällen kann bei verlängerten Wärmeperioden gerechnet werden (Dietrich et al. 2023). Auch Salmonellen vermehren sich bei höheren Temperaturen schneller und zwischen 35 und 37 °C am stärksten. Unter 15 °C ist deren Wachstum stark reduziert

(Dietrich et al. 2023). Salmonellen-Infektionen nehmen ab 6 °C linear um 5 - 10 % pro 1 °C Temperaturerhöhung zu (Dietrich et al. 2023, Basseur et al. 2017). Durch den Klimawandel verändert sich zudem die Verbreitung einiger Algenspezies, die an schädlichen Algenblüten beteiligt sein können, sodass potenziell Auswirkungen auf die Toxin-Gehalte von Meeresfrüchten möglich sind. Ein zusätzlicher Faktor für Infektionen ist ein verändertes Verzehr- und Freizeitverhalten in den Sommermonaten. So kommt es z.B. durch häufigeres Grillen und den Verzehr von Fleischprodukten zu einer erhöhten Exposition (Dietrich et al. 2023).

Die Häufigkeit des Auftretens von Legionellen könnte durch den Klimawandel auf zwei Arten beeinflusst werden. Zum einen wird davon ausgegangen, dass bei warmem und feuchtem Wetter die Bedingung für die Vermehrung von Legionellen günstig sind und die Zahl der mit der Legionärskrankheit Infizierten ansteigt. Zum anderen können sowohl die aufgrund von steigenden durchschnittlichen Luft- und Bodentemperaturen erhöhte Temperatur des Kaltwassers als auch niedrigere Warmwassertemperaturen (um Energie zu sparen, u. a. wegen des Klimawandels) in Wasserleitungen zu erhöhten Legionellen-Konzentrationen führen. Fraglich ist jedoch, ob erhöhte Legionellen-Konzentrationen mit einem erhöhten Infektionsrisiko einhergehen (Dosis-Wirkungs-Paradox; Dupke et al. 2023). Auch die Vermehrung weiterer Bakterien wie z. B. Pseudomonaden, die Biofilme auf der Wasseroberfläche ausbilden, kann unter steigenden Temperaturen zunehmen (Gesundheitsschutz Stadt Braunschweig, Stand 2023).

Durch die klimawandelbedingt höheren Außentemperaturen steigen zudem die wasserassoziierten Freizeitaktivitäten sowie der Jahreszeitraum, in dem mit erhöhten Erregerkonzentrationen zu rechnen ist, an, sodass sich die Exposition in Bezug auf wasserbürtige Infektionen erhöht (Dupke et al. 2023). Die Konzentration an Vibrionen kann bei einer schlechten Durchmischung des Wasserkörpers ansteigen. Bei Wassertemperaturen über 20 °C, die mit dem Klimawandel häufiger werden, vermehren Vibrionen sich besonders gut (MU 2022a, Dupke et al. 2023). Die starke Vermehrung von Cyanobakterien kann klimawandelbedingt zunehmen und birgt negative Effekte für das Ökosystem und die Nutzung der Gewässer als Trinkwasser-Ressource sowie als Badegewässer. Aktuell kann kein allgemeingültiger Einfluss des Klimawandels auf Cyanobakterien-Blüten abgeleitet werden, da diese stark von den individuellen Gewässer-Gegebenheiten abhängen (Dupke et al. 2023). Einige bisher nur in den Tropen heimische Cyanobakterienstämme, die ebenfalls Toxine produzieren, finden inzwischen Verbreitung in Deutschland z. B. in Berlin und Brandenburg (RKI 2010).



Klimarisiko

Bei Salmonellen und *Campylobacter* ist in Braunschweig saisonal bedingt ein normales Vorkommen zu verzeichnen. Da nicht alle Menschen mit Symptomen, die auf eine Infektion hindeuten, zum Arzt gehen und Behandelnde nicht immer eine klinische Diagnostik einleiten, kann mit einer recht großen Dunkelziffer gerechnet werden. Auch Cyanobakterien-Infektionen werden in der klinischen Diagnostik nicht nachgewiesen - es gab in den vergangenen Jahren in Braunschweig keine Meldungen. In 2023 konnten in Braunschweig zwei Legionellose-Fälle verzeichnet werden. Es zeichnet sich bislang kein Anstieg zu den Vorjahren ab. Vibrionen spielen in Braunschweig nur eine untergeordnete Rolle, da sie vor allem in Salzwasser vorkommen. Die Braunschweiger Badeseen werden außerdem in der Badesaison vom 15.05. bis 15.09. durch das Gesundheitsamt mindestens in einem vierwöchigen Rhythmus überwacht. In den vergangenen Jahren konnten dabei keine auffälligen Grenzwertüberschreitungen festgestellt werden. Mit steigenden Temperaturen ist jedoch anzunehmen, dass die Stoffwechselprozesse und das bakterielle Wachstum von durch Wasservögel in den See eingetragenen Fäkalien exponentiell wachsen und zu einer Verschlechterung der Badewasserqualität führen können. Dies hätte vermehrte Badeverbote aufgrund von Gesundheitsbedenken zur Folge. Der Prozess der Vermehrung unterliegt je nach Wetterlage und gewässerspezifischen Eigenschaften natürlichen Schwankungen (Gesundheitsschutz Stadt Braunschweig, Stand 2023).

Handlungsoptionen

Das Risiko für lebensmittelbedingte Infektionen kann durch gute Küchenhygiene (Händewaschen, frische Küchenutensilien etc.) und die Einhaltung von Kühlketten reduziert werden. Die meisten mikrobiologischen Erreger lassen sich zudem durch einen ausreichenden Erhitzungsprozess abtöten (Dietrich

et al. 2023). Weitere Hinweise, um sich vor lebensmittelbedingten Infektionen und Intoxikationen zu schützen, gibt das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL o.J.).

Zum Schutz vor lebensmittelbedingten und wasserbürtigen Infektionen können angepasste Verhaltensweisen wie bspw. eine gute Küchenhygiene oder das Beachten von „Badederegeln“ das Risiko zu erkranken, stark reduzieren. Entsprechender Aufklärungsarbeit kommt daher eine große Bedeutung zu.

Für den besseren Schutz der menschlichen Gesundheit vor wasserbürtigen Infektionen werden Maßnahmen zur Reduktion der Expositionsgefahr sowie Aufklärung über die Risiken und Forschung empfohlen (Dupke et al. 2023). In Bezug auf Legionellen können die gesundheitlichen Auswirkungen z. B. durch das Laufenlassen des Wasserhahns vor Gebrauch (Zirkulation des Wasserkreislaufs mind. alle 72 Stunden) und das Einhalten von 55°C Mindesttemperatur an Warmwasserentnahmestellen begrenzt werden (Dupke et al. 2023, Gesundheitsschutz Stadt Braunschweig). Eine Prognose für die Vermehrung von Vibrionen kann im „[Vibrio Map Viewer](#)“ eingesehen werden (Dupke et al. 2023). Um einer Infektion mit Vibrionen vorzubeugen, sollte bei offenen Wunden Wasserkontakt mit potenziell infektiösen Gewässern vermieden werden und gut durchmischte Gewässer bei der Auswahl des Badegewässers bevorzugt werden (Dupke et al. 2023). Um den Kontakt mit Cyanobakterien zu vermeiden, sollten Warnhinweise und Badeverbote aufgrund hoher Cyanobakterien-Konzentration beachtet werden und zum eigenverantwortlichen Handeln aufgeklärt werden. Damit es nicht zu einer starken Vermehrung der Bakterien kommt, sollten zudem Nährstoffeinträge in Gewässer verhindert werden. Durch Monitoringprogramme zum Vorkommen von krankheitserregenden Viren in Gewässern können nach Extremwetterlagen klimabedingte Anstiege wasserbürtiger Virusinfektionen frühzeitig erkannt werden (Dupke et al. 2023).

5.3.8 Auswirkungen auf die psychische Gesundheit

Laut Ergebnissen des Robert-Koch Instituts hat der Klimawandel Einfluss auf die psychische Gesundheit der Menschen. Naturkatastrophen verursachen demnach Schlafstörungen, Stress, Ängste, Depressionen, posttraumatische Belastungsstörungen und Suizidgedanken. Höhere Temperaturen steigern das Suizidrisiko; auch können heiße Tage zu vermehrtem aggressiven Verhalten beitragen. Die Mehrheit der Deutschen macht sich Sorgen über die Auswirkungen des Klimawandels. Diese Sorgen führen bei einigen zu behandlungsbedürftigen Ängsten und Depressionen (s. Abb. 42; RKI 2023a).

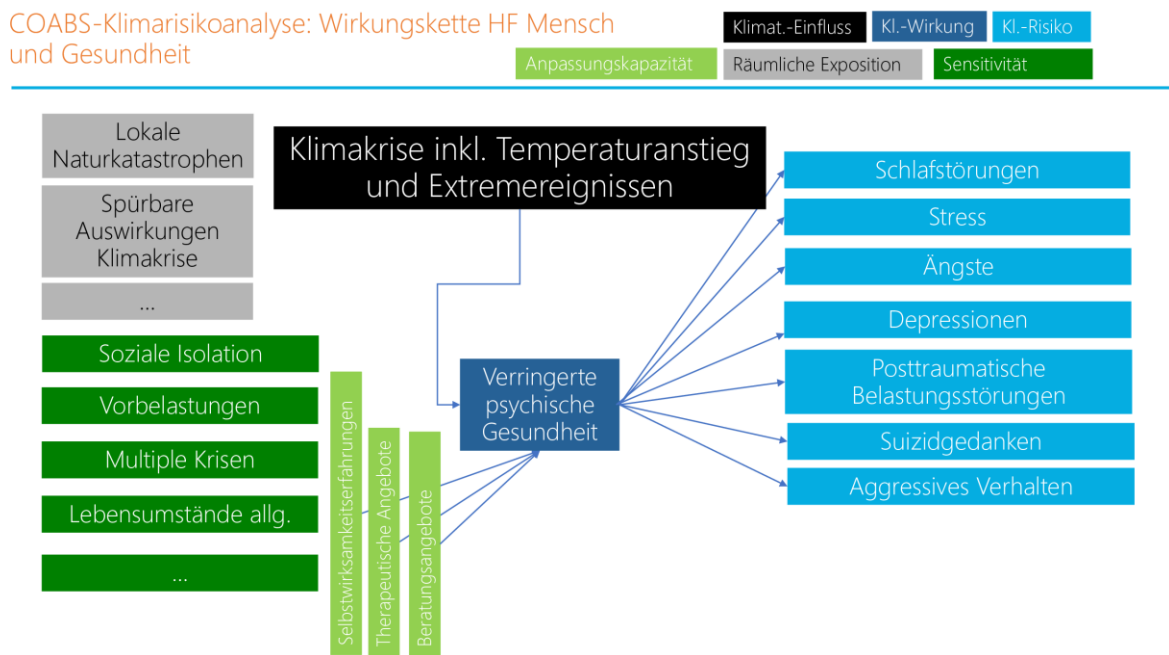


Abbildung 42: Wirkungskette zu verringerter psychischer Gesundheit (eigene Darstellung)

5.3.9 Zusammenfassung Mensch und Gesundheit

Die Auswirkungen des Klimawandels sind umfassend und wirken sich deshalb auf unterschiedliche Art und Weise auf die menschliche Gesundheit aus. In einigen der angesprochenen Bereiche sind die langfristigen Veränderungen im Vergleich zur saisonalen oder zur Tag-zu-Tag-Variabilität nur schwach ausgeprägt. Entsprechend kann auch eine Quantifizierung des vom Klimawandel ausgehenden Risikos auf die menschliche Gesundheit im besten Fall als Abschätzung gesehen werden. Hinzu kommen Effekte, die die persönliche Exposition beeinflussen, z. B. dass sich bei hohen Temperaturen mehr Menschen draußen aufhalten und damit gegenüber hoher UV-Strahlung oder Ozonkonzentration exponiert sind. Bei der Abschätzung der Gefährdung von Mensch und Gesundheit ist es wichtig zwischen zukünftigen mittleren Tendenzen und Extremereignissen zu unterscheiden. Während die gesundheitlichen Auswirkungen bei Betrachtung der mittleren Tendenzen teils nur geringfügig sind, haben Extremereignisse das Potenzial, Krankheiten zu verursachen und zu verstärken, bis zu einer Erhöhung von Mortalitätsraten. Eine Einschätzung zu den einzelnen Bereichen ist in Tabelle 11 angegeben.

Während die gesundheitlichen Auswirkungen bei Betrachtung der mittleren Tendenzen teils nur geringfügig sind, haben Extremereignisse das Potenzial, Krankheiten zu verursachen sowie zu verstärken, bis zu einer Erhöhung von Mortalitätsraten.

Um die Auswirkungen des Klimawandels auf Mensch und Gesundheit abzumildern, sind verschiedene Maßnahmen möglich. Diese umfassen **stadtplanerische Maßnahmen** (z. B. die Schaffung und den Erhalt von Grünflächen und Luftleitbahnen), **Präventionsmaßnahmen** (wie z.B. die Einrichtung von kühlen, öffentlichen Räumen) sowie die Schaffung von **arbeitsrechtlichen Rahmenbedingungen** zur Minimierung der Exposition gegenüber gesundheitsgefährdenden Situationen zusammen mit der Bereitstellung von Informationen für besonders gefährdete Personengruppen. Insbesondere im Zusammenhang mit der Ausbreitung von Infektionskrankheiten mit teils lebensbedrohlichen Auswirkungen ist eine Sensibilisierung der Bevölkerung und vor allem eine Aufklärung über Schutzmöglichkeiten wichtig, da das individuelle Handeln bei der Vermeidung von Infektionen einen relevanten Beitrag leistet. Weiterhin sind Maßnahmen zu treffen, um die akuten gesundheitlichen Folgen von Extremereignissen abzumildern. Dazu gehören die Klärung von Verantwortlichkeiten und die Planung von Handlungsketten, um der Bevölkerung zielgerichtet helfen zu können.

Besondere Aufmerksamkeit benötigt hierbei das Gesundheitssystem, dessen Aufgabe es ist, sowohl akute, als auch chronische Erkrankungen, die im Zusammenhang mit dem Klimawandel stehen, zu behandeln. Zum Schutz der menschlichen Gesundheit ist deshalb eine **Vorbereitung von Krankenhäusern und anderen Gesundheitseinrichtungen** auf die Auswirkungen des Klimawandels wichtig. Stadtplanerische und Präventionsmaßnahmen können in diesem Zusammenhang als Mittel angesehen werden, um die Belastung des Gesundheitssystems gegenüber den Folgen des Klimawandels abzumildern. Aber auch die Förderung von Synergien im Gesundheitsbereich sind anzustreben („Health in all policies“), so sind z. B. Maßnahmen für mehr körperliche Bewegung im Alltag (z.B. Fahrrad- statt Autofahren) oder eine ausgewogene Ernährung sowohl für die Gesundheit als auch für das Klima förderlich und erzielen somit Co-Benefits (Hertig et al. 2023).

Tabelle 11: Übersicht Relevanz- und Risikoeinschätzung im Handlungsfeld Mensch und Gesundheit - Klimarisiken ohne Anpassung für Gegenwart, 2071 bis 2100 und Extremereignisse in Braunschweig - Erläuterungen zum Vorgehen s. Seite 32

Klimafolge/-risiko	Relevanzeinschätzung Teilnehmende Auftaktforum 21.09.23		Risikoeinschätzung Projektarbeitsgruppe: Klimarisiken ohne Anpassung für Gegenwart, 2071 bis 2100 (ferne Zukunft) sowie Extremereignisse		
	Anzahl Punkte von insg. 386	Prozent der abgegebenen Gesamtpunkte	Risiko in der Gegenwart	Risiko in der fernen Zukunft (2071-2100) - mittlere Veränderung unter RCP8.5	Risiko bei Eintritt von Extremereignissen
Hitzebelastung	50	13,4			
Gesellschaftliche Spannungen	33	8,6	k.A.	k.A.	k.A.
Verringerte psychische Gesundheit	15	4	k.A.	k.A.	k.A.
UV-bedingte Gesundheitsschädigungen	8	2,1			
Atembeschwerden (aufgrund von Luftverunreinigungen)	7	1,9			
Infektionen mit vektorübertragenen Krankheiten	6	1,6			
Gesundheitliche Folgen durch Starkregen und Überschwemmungen	4	1,1			
Allergische Reaktionen	2	0,5			k.A.
Infektionen mit lebensmittelbedingten und wasserbürtigen Erkrankungen	1	0,3			
Legende	gering	mittel	hoch	unklar	k.A. = keine Angabe



5.4 Handlungsfeld Naturschutz und Biodiversität

Anne-Kathrin Schneider und Michael Strohbach

Zunächst werden hier die möglichen Folgen und Risiken auf die Biodiversität, die mit veränderten Klimabedingungen bereits beobachtet werden oder zu erwarten sind, zusammengefasst. Anschließend wird näher auf die Lebensräume „Stadtgrün und Stadtwald“ sowie auf „Fließgewässer, stehende Gewässer und Feuchtgebiete“ eingegangen, auf deren Biodiversität die Klimawandelfolgen voraussichtlich Auswirkungen haben werden.

5.4.1 Allgemeine Klimafolgen und -risiken

Lebensraum Stadt

Biodiversität wird auf verschiedenen ökologischen Ebenen betrachtet. Sie umfasst die genetische Vielfalt, die Artenvielfalt und schließt die Vielfalt von Lebensräumen in einem Gebiet ein (Wittig und Niekisch 2014). Städte sind besondere Gebiete für wildlebende Tiere und Pflanzen, da sie heterogene Lebensräume enthalten. Zusätzlich unterscheiden sich die klimatischen Bedingungen in der Stadt häufig von denen im direkten Umland (vgl. [Kapitel 3.2](#)). Für Tiere und Pflanzen bieten insbesondere die städtischen Grünflächen mit Parks und Stadtwäldern, aber auch Friedhöfe, Kleingartenanlagen und Brachflächen sowie Fließgewässer, Teiche und Seen vielfältige Lebensräume (Götzl et al. 2013). Zusätzlich können Gebäude Nistplätze bieten, beispielsweise für verschiedene Fledermaus- und Vogelarten (Lepczyk et al. 2017; Stadt Braunschweig 2021). Eine der größten Herausforderungen für den Erhalt und die Förderung der städtischen Artenvielfalt ist der fortschreitende Verlust an Grünflächen durch Flächenversiegelung (Breuste et al. 2016), der auch in Braunschweig zwischen 1987 und 2015 bei 28 ha pro Jahr lag und sich über alle Lebensraumtypen der Stadt erstreckt (Stadt Braunschweig 2021). Der Klimawandel kommt nun als zusätzlicher Stressfaktor für die Tiere und Pflanzen der verschiedenen Lebensräume in der Stadt hinzu. Die Klimaveränderung finden in einer großen Geschwindigkeit statt, was die Chancen für viele Lebewesen verringert, sich an veränderte Umweltbedingungen anzupassen oder in geeignetere Gebiete auszuweichen (Essl und Rabitsch 2013).



Die Klimaveränderung finden in einer großen Geschwindigkeit statt. Das verringert die Chancen für viele Lebewesen, sich an veränderte Umweltbedingungen anzupassen oder in geeignetere Gebiete auszuweichen.



Exkurs: Wem nützt Biodiversität?

Menschen sind als Teile von Ökosystemen darauf angewiesen, dass diese „funktionieren“. Diese Funktionen umfassen u.a. die Sauerstoffproduktion und gleichzeitige Kohlenstofffestlegung durch Pflanzen, die natürliche Reinigung von versickerndem Niederschlagswasser durch Böden, die Aufrechterhaltung von Nährstoffkreisläufen, die durch Kleinstlebewesen in Böden und Gewässern unterstützt wird (s. Abb. 43). Für einen reibungslosen Ablauf dieser Funktionen sind Pflanzen und Tiere verantwortlich. Eine hohe Artenvielfalt geht in der Regel mit der Möglichkeit einher, dass immer noch genug Arten die Ökosystemfunktionen (s. Glossar) aufrechterhalten können, falls die ein oder andere Art durch eine Störung des Ökosystems verloren geht. Je geringer die Biodiversität, desto größer wird die Gefahr, dass bestimmte Ökosystemfunktionen nicht mehr geleistet werden können. Aus unserer menschlichen Perspektive denken wir häufig erst einmal an Funktionen der Ökosysteme, die uns direkt nützen - sogenannte Ökosystemleistungen - und deren Wegfall wirtschaftliche Kosten mit sich bringen, wie die Bestäubung von Obstbäumen durch Insekten oder die Kühlung der Innenstädte durch

Stadtbäume. Letztere sind durch die vergangenen Dürresituationen, z.B. in 2018 und 2019, besonders gefährdet.

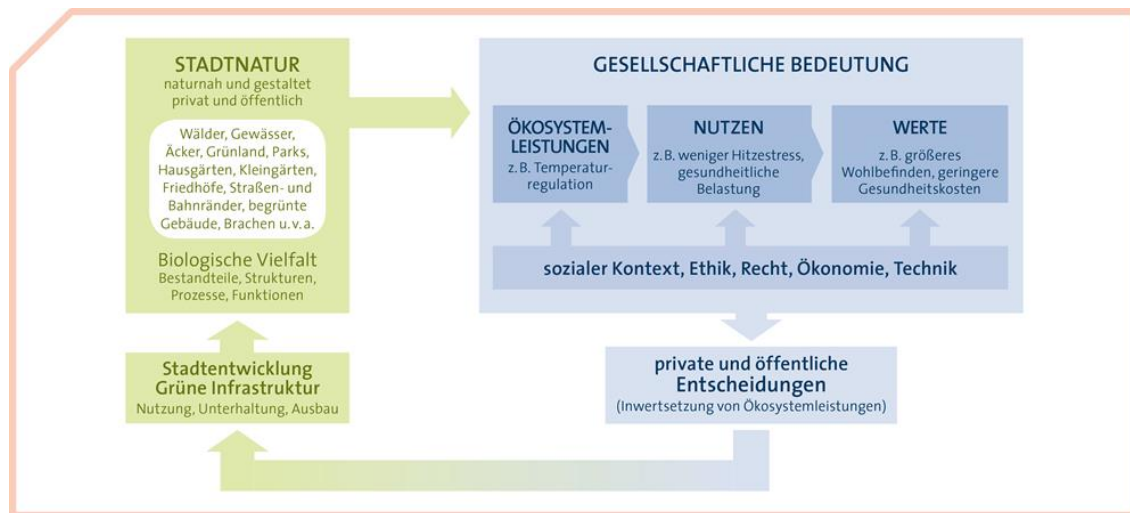


Abbildung 43: Die biologische Vielfalt der Stadtnatur stellt die Grundlage für verschiedene Ökosystemleistungen und damit verbundenen gesellschaftlichen Nutzen und Werte dar. Ihre Ausprägung, Förderung und Erhalt ihrer gesellschaftlichen Bedeutung wird von der öffentlichen Verwaltung und der Bevölkerung der Stadt geprägt. Abbildung aus TEEB-DE (Naturkapital Deutschland - TEEB DE 2016).

Für uns Menschen werden diese Klimaänderungen besonders in der Ausprägung der Jahreszeiten sichtbar. Der Beginn einzelner Jahreszeiten wird schon seit langer Zeit über die sogenannte Phänologie (s. Glossar) von Pflanzen ermittelt. Dazu zählt beispielsweise der Beginn der Haselblüte, die den Vorfrühling einleitet, der Beginn der Apfelernte, der den Spätsommer markiert oder der Blattfall der Stiel-Eiche, der den Winterbeginn angibt. Die sogenannten phänologischen Jahreszeiten haben sich auch in Braunschweig in den vergangenen Jahrzehnten deutlich verschoben. Der Vorfrühling mit der Haselblüte begann zwischen 1991 und 2020 etwa vier Wochen früher, während der gesamte Frühling in diesem Beobachtungszeitraum etwa drei Wochen ausgedehnter als noch in der Referenzperiode zwischen 1961 und 1990 und der Winter fast vier Wochen kürzer war (s. Abb. 44).

Für fast 15 % der erwachsenen Menschen in Deutschland (nach Bergmann et al. 2016) bedeuten verlängerte Blütezeiten auch eine Verlängerung der Heuschnupfensaison (s. Kap 5.3.5 zu Allergien). Die Effekte dieser zeitlichen Verschiebungen auf ganze Lebensgemeinschaften oder gar Ökosysteme sind bisher noch nicht absehbar. Beobachtungen einzelner Artengruppen weisen darauf hin, dass sich beispielsweise Wildbienen durch veränderte Aktivitätszeiträume anpassen (Slominski und Burkle 2021). Bei Standvögeln haben sich die Brutzeiten verändert, bei Zugvögeln die Flugrouten bis hin zum Verzicht auf die Flüge in die südlichen Winterquartiere (Essl und Rabitsch 2013). In den USA wurde beobachtet, dass aquatische und terrestrische Insekten mit dem früheren Beginn des Frühlings auch früher schlüpfen und die Fortpflanzungsreife erreichen, jedoch die Brutzeitpunkte dortiger insektivorer Vögel teilweise nicht daran angepasst sind und damit Nährstoffflüsse verschoben werden (Shiple et al. 2022). Solche Verschiebungen sind auch in Mitteleuropa wahrscheinlich.



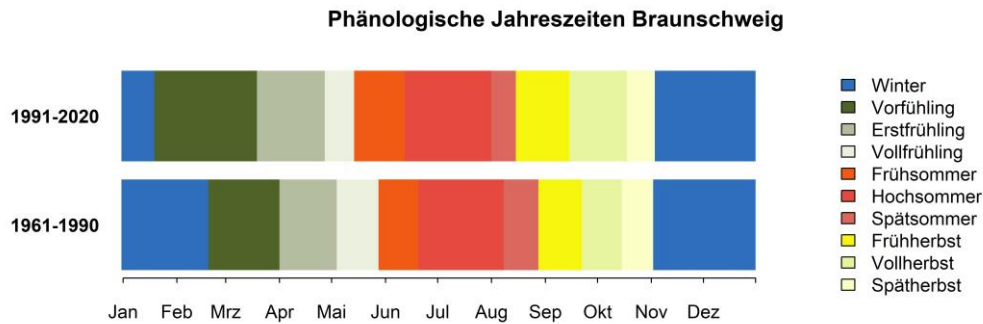


Abbildung 44: Die Verschiebung der phänologischen Jahreszeiten in Braunschweig. In der oberen Reihe ist das langjährige Mittel der phänologischen Jahreszeiten von 1991 bis 2020 gegeben, in der unteren das langjährige Mittel von 1961 bis 1990. Vor allem der Vorfrühling beginnt inzwischen deutlich früher als noch vor 1990 und dauert länger an. Daten: Deutscher Wetterdienst 2023, Datenlücken für Apfelreife und Blattfall der Stiel-Eiche wurden mit den deutschlandweiten Daten ersetzt.

Der Klimawandel verschiebt nicht nur die jahreszeitliche Phänologie, sondern hat auch Folgen für Lebensräume und Artengruppen, die sensitiv auf Niederschlagsdefizite und Trockenheit reagieren. Das Artenschutzkonzept der Stadt Braunschweig listet 14 Lebensraumtypen (LRT) auf (Rehfeldt et al. 2008). Für die Erhaltung dieser LRT von gemeinschaftlichem Interesse müssen EU-weit besondere Schutzgebiete im ökologischen Netz NATURA 2000 ausgewiesen werden (BfN 2024). Zu den sensitiven Lebensraumtypen zählen Feuchtwälder, naturnahe Fließgewässer, stehende Gewässer, Uferzonen, Röhrichte und Feuchtwiesen. Die naturschutzrelevanten Gebiete der Stadt Braunschweig (s. Abb. 45) umfassen alle dieser Lebensraumtypen. Das Braunschweiger Artenschutzkonzept selbst geht zwar nicht direkt auf Klimawandelfolgen und sich verändernde Lebensraumtypen ein, es liegt jedoch nahe, dass Zielarten, die in Feuchtgebieten und Wäldern leben, mit zunehmenden Dürreperioden und Wasserdefiziten (vgl. [Kap. 3.3](#) und 5.2.4 f.) weniger geeignete Lebensraumbedingungen finden werden. Das betrifft die Amphibien, bspw. In den Riddagshäuser Teichen, ebenso wie den Kleinspecht der Feuchtwälder, die Wasserspitzmaus und viele weitere Tier- und Pflanzenarten, die im Artenschutzkonzept diesen Lebensraumtypen zugeordnet werden.

Neben solchen Arten, die mit der Anpassung an höhere Temperaturen und häufigere Dürrezeiten Schwierigkeiten haben werden, gibt es auch Arten, die aufgrund der mildereren Winter und der abnehmenden Zahl an Frost- und Eistagen (s. [Kap. 3.2](#)) ihr Verbreitungsgebiet von Süd nach Nord verschoben haben oder die durch menschliche Einbringung in eigentlich nicht erreichbare Gebiete gelangt sind. In der Ökologie wird von Neobiota gesprochen, wenn es sich um Arten handelt, die als eigentlich gebietsfremde Arten in ein Gebiet eingeführt werden. Gefährden solche gebietsfremden Arten das Ökosystem, in das sie eingewandert sind, werden sie als **invasive Arten** bezeichnet. Charakteristische Eigenschaften dieser Arten sind eine besonders hohe Konkurrenzstärke, hohe Reproduktionsrate und geringere Sensitivität gegenüber Störungen. Die Schäden, die diese Arten verursachen, sind in der Regel nicht nur ökologischer, sondern auch ökonomischer Natur. So erhöht die Bekämpfung von Schädlingen bspw. in der Land- und Forstwirtschaft den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln und anderen Maßnahmen. Einige Arten können zudem negative Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit haben, wie z. B. Arten der Pflanzengattung *Ambrosia* (s. [Kap. 5.3.5](#)). Es ist davon auszugehen, dass der Klimawandel ein verstärkender Faktor für den Erfolg invasiver Arten ist (Essl und Rabitsch 2013). Gebietsfremde Pflanzenarten, sogenannte Neophyten, sind in Braunschweig gut untersucht. Die letzten umfassenden Untersuchungen zu Beständen verschiedener Neophyten stammen aus dem Jahr 2013 (Brandes 2013, Tab. 12). Der Riesenbärenklau ist u.a. aufgrund seiner phototoxischen Eigenschaften bei Berührung mit der Haut eine der bekannteren invasiven Pflanzenarten. Gegen den Riesenbärenklau wird in Braunschweig seit Jahren vorgegangen. Auf den städtischen Flächen stagniert die Verbreitung derzeit. Dies könnte sich durch die Weiterverbreitung über Fließgewässer aber jederzeit ändern. Auf Privatflächen sind seit einigen Jahren die Eigentümer:innen für die Bekämpfung zuständig (Stadt Braunschweig - Fachbereich Stadtgrün 2024). Ob die Dürren der vergangenen Jahre möglicher-

weise diesen Arten geschadet oder deren weitere Verbreitung verstärkt haben, ist nicht in Gänze bekannt. Stand 2023 gibt es laut Brandes für das Stadtgebiet Braunschweig keine Anhaltspunkte dafür, dass einheimische Pflanzenarten durch Neophyten verdrängt werden. Hingegen seien in der Veränderung von Lebensräumen (z. B. durch Entwässerung, Umnutzung, Intensivierung der Nutzung) die Ursachen für die Artenverluste zu suchen (Brandes 2023).

Tabelle 12: In Braunschweig nachgewiesene Neophyten nach Brandes (2003) und deren Ausbreitungspotenzial nach Kleinbauer et al. (2010). k. A. bei Arten, für die keine Bestandsentwicklungstrenddaten vorliegen.

Art	Ausbreitungspotenzial
<i>Acer negundo</i> (Eschen-Ahorn)	++
<i>Ailanthus altissima</i> (Götterbaum)	++
<i>Cynodon dactylon</i> (Gewöhnliches Hundszahngras)	k. A.
<i>Elodea canadensis</i> (Kanadische Wasserpest)	-
<i>Elodea nuttallii</i> (Schmalblättrige Wasserpest)	k. A.
<i>Epilobium ciliatum</i> (Drüsiges Weidenröschen)	k. A.
<i>Fallopia japonica</i> (Japanischer Flügelknöterich)	+++
<i>Fallopia sachalinensis</i> (Sachalin-Flügelknöterich)	+++
<i>Heracleum mantegazzianum</i> (Riesenbärenklau)	0
<i>Impatiens glandulifera</i> (Drüsiges Springkraut)	-
<i>Lupinus polyphyllus</i> (Vielblättrige Lupine)	+++
<i>Populus canadensis</i> (Bastard-Pappel)	k. A.
<i>Prunus laurocerasus</i> (Lorbeerkirsche)	++
<i>Prunus serotina</i> (Späte Traubenkirsche)	+
<i>Pseudotsuga menziesii</i> (Gewöhnliche Douglasie)	0
<i>Quercus rubra</i> (Rot-Eiche)	++
<i>Robinia pseudoacacia</i> (Gewöhnliche Robinie)	+++
<i>Rosa rugosa</i> (Kartoffel-Rose)	k. A.
<i>Solidago canadensis</i> (Kanadische Goldrute)	++
<i>Solidago gigantea</i> (Späte Goldrute)	+++
<i>Symphoricarpos albus</i> (Gewöhnliche Schneebeere)	k. A.
<i>Syringa vulgaris</i> (Gewöhnlicher Flieder)	k. A.

Legende Einschätzung Bestandsentwicklungstrend / Ausbreitungspotenzial					
+++	++	+	0	-	k. A.
Sehr groß	Groß	Klein	Unverändert	Rückläufig	keine Angaben



Um die Klimafolgen für das Handlungsfeld Naturschutz und Biodiversität gezielt erfassen zu können, ist die Grünflächenverteilung in der Stadt entscheidend. Etwa ein Drittel des Braunschweiger Stadtgebiets wird von Grünflächen eingenommen mit u. a. 4 % Grün- und Parkanlagen, 2 % Kleingartenanlagen, 16 % privatem Grün und 11 % Stadtwald (Abb. 45; App et al. 2022; Berechnung auf Grundlage der Vegetationshöhen und ATKIS Daten des Landes Nds.).

Die Besonderheit der Grün- und Wasserflächenverteilung Braunschweigs macht der ringförmige Verlauf der Oker um die Innenstadt herum aus, während mit dem Ringgleis und angrenzenden Park- und Grünanlagen sowie Kleingartenvereinen ein zweiter grüner Ring um die Innenstadt herum besteht. Außerhalb dieser Innenstadtbereiche liegen auf Braunschweiger Stadtgebiet mehrere Schutzgebiete,

darunter 20 Landschaftsschutzgebiete, 27 Naturdenkmäler, fünf Naturschutzgebiete und zwei Vogel-
schutzgebiete (Stadt Braunschweig 2022b).

Im Folgenden werden verschiedene Lebensräume in der Stadt aufgegriffen, in denen Klimawandelfol-
gen für die Biodiversität bereits erkennbar sind oder mit großer Wahrscheinlichkeit in naher Zukunft
mit Folgen für die Biodiversität gerechnet werden muss.

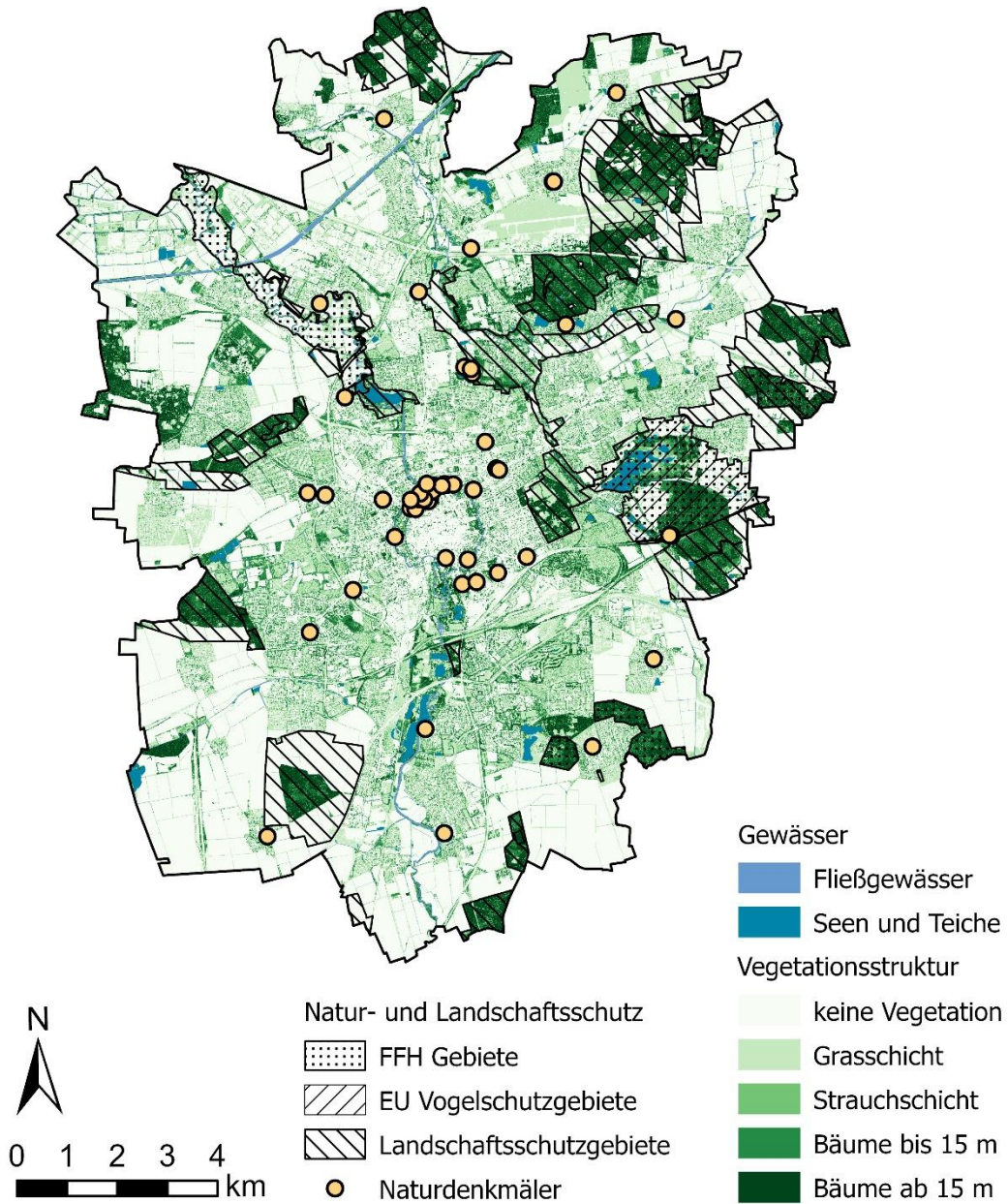


Abbildung 45: Städtische Gewässer, Natur- und Landschaftsschutzgebiete, Naturdenkmäler und Vegetationsstruktur des Braunschweiger Stadtgrüns. Datengrundlage: Vegetationshöhendaten auf Grundlage von Laserscann-Daten (Stand: 2011) und Infrarotluftbildern der Stadt Braunschweig (Stand: 2017), bearbeitet im Rahmen des METAPOLIS Projektes am Institut für Geoökologie, Abt. Landschaftsökologie; [Gewässer Land Niedersachsen](#) (Stand: 2021); [naturschutzrechtlich besonders geschützte Gebiete Land Niedersachsen](#) (Stand: 2023)

5.4.2 Stadtgrün und Stadtwald



Die Dürreperioden der vergangenen Jahre haben zum Verlust von vielen **Stadtbäumen** in Braunschweig geführt. Allein 2019 waren es bereits 1210 Bäume. Dabei wurden in erster Linie Bäume erfasst, die im Baum-Kataster der Stadt aufgeführt sind. Dies sind städtische Bäume der Nebenanlagen an öffentlichen Straßen und Wegen sowie Bäume in Parks, auf städtischen Friedhöfen, Sportanlagen sowie auf Kita- und Schulgeländen. Bäume in Gehölzen, Wald, Landschafts- sowie Naturschutzgebieten sind hingegen kaum oder gar nicht erfasst. Unter den erfassten Bäumen waren insbesondere Arten wie Buche, Winterlinde und mit Abstand am häufigsten die Birke betroffen (Stadt Braunschweig - Fachbereich Stadtgrün). Teilweise sind auch die verbreitetsten Stadtbaumarten Braunschweigs nur bedingt an die häufigeren Dürreperioden angepasst (s. Tab. 13).

Trockenheitstolerante Stadtbäume werden seitdem vermehrt gepflanzt. Allerdings sind selbst diese Arten zunächst anfällig, da sie erst einmal genug Wurzeln ausbilden müssen, um sich selbst mit Wasser zu versorgen. Jeder neu gepflanzte Stadtbaum (ob „Klimabaum“ oder nicht) muss in den ersten zwei bis fünf Jahren bewässert werden. In den letzten Jahren musste, u.a. bei lange anhaltenden Dürreperioden, sehr viel bewässert werden. Einzelne Projekte, die den Einsatz von smarten Tensiometern (s. Glossar) erproben, sollen durch Monitoring des Bodenwassergehaltes zu einer bedarfsgerechten Bewässerung und so zur Einsparung der Ressource Trinkwasser beitragen (Stadt Braunschweig - Fachbereich Stadtgrün 2024).

Exkurs: Bewässerung in Braunschweig



Das bislang zur Bewässerung verwendete Trinkwasser kommt nahezu ausschließlich aus der Ecker- und Granetalsperre im Harz (s. [Kap. 5.2.6](#)). Die Dürreperioden der vergangenen Jahre führten zeitweise zu sehr niedrigen Füllständen in den Talsperren.

Zur Feldberegnung wird hingegen zumeist Wasser aus Oberflächengewässern oder dem Grundwasserleiter entnommen, was mitunter den bereits bestehenden Wassermangel verstärkt. Übermäßige Wasserentnahmen können u.a. eine Niedrigwasserführung im Gewässer begünstigen bzw. verstärken, was mit gravierenden Folgen für den ökologischen Zustand der Gewässer (s. [Kap. 5.4.3](#)) einhergehen kann. Niedersächsische Kommunen, wie Nienburg, haben in den vergangenen Jahren bereits den Einsatz von Trinkwasser zur Bewässerung zwischenzeitlich untersagt. Auch in Braunschweig kam es im Jahr 2022 zu Einschränkungen bei der Entnahme von Wasser zur Bewässerung. Bei niedrigen Wasserständen wurde die Beregnung von landwirtschaftlichen Flächen, öffentlichen und privaten Grünflächen wie Parkanlagen und Gärten sowie von Sportanlagen wie Fußball- oder Golfplätzen mit stationären und mobilen Beregnungsanlagen an den Tagen, an denen um 11 Uhr eine Temperatur von mehr als 20 °C herrscht, in der Zeit von 12 Uhr bis 18 Uhr untersagt. Die Bewässerung z. B. von Beeten und Bäumen mit Schlauch oder Brause war von diesem Verbot nicht umfasst. Dabei galt die Untersagung für Wasserentnahmen aus Brunnen und Oberflächengewässern unabhängig von einer erteilten wasserrechtlichen Erlaubnis (Stadt Braunschweig - Untere Wasserbehörde). Die Wahrscheinlichkeit, dass solche Allgemeinverfügungen in den Sommermonaten häufiger Anwendung finden, steigt mit zunehmender Erderwärmung und abnehmenden Trends der Grundwasserneubildung (NDR 2023; LBEG 2023).

Tabelle 13: Ergebnisse einer Literaturstudie zu in Braunschweig häufigen Stadtbäumen, ihren Anpassungsfähigkeiten oder Nachteilen im Klimawandel und ihrem Effekt auf das Stadtklima. Grundlage zur Ableitung der Vorkommens-häufigkeit: Stadtbaumkataster, Stand 2016. Bäume sortiert nach ihrer Häufigkeit im Braunschweiger Stadtgebiet

Art	Vor- und Nachteile im Zusammenhang mit dem Klimawandel	Effekte auf das Stadtklima
Spitzahorn (<i>Acer platanoides</i>)	Vorteile: windfest ¹ Nachteile: anfällig gegenüber Rußrindenkrankheit (allergieauslösend, befallene Bäume in Ortslage sind zu entfernen) ¹¹ , geringere Wassernutzungseffizienz als <i>Carpinus betulus</i> und Baumarten, die aus Gegenden mit weniger Wasserverfügbarkeit stammen (<i>A. campestre</i> , <i>Ostrya carpinifolia</i> , <i>Tilia tomentosa</i>) ²	hohe Stickoxid- und Ozonabsorption ¹ , geringer Kühlungseffekt ²
Bergahorn (<i>Acer pseudoplatanus</i>)	Vorteile: windfest ¹ Nachteile: hitzeempfindlich ¹ , benötigt frische bis feuchte Böden ¹ , geringe Trockenheitsresistenz, reagiert auf Dürre mit stark verringertem Wachstum ³ , anfällig gegenüber Rußrindenkrankheit (s.o.) und Frostrissen ¹¹	hohe Stickoxid- und Ozonabsorption ¹
Gewöhnliche Roskastanie (<i>Aesculus hippocastanum</i>)	Vorteile: - Nachteile: benötigt frische bis feuchte Böden ¹	hohe Stickoxid- und Ozonabsorption ¹
Gewöhnliche Hainbuche (<i>Carpinus betulus</i>)	Vorteile: mittlere Trockenheitstoleranz ^{1,4,5} , windfest ¹ , verträgt hohen Grundwasserstand und nicht andauernde Überschwemmungen ¹ , höhere Wassernutzungseffizienz als <i>A. platanoides</i> ² Nachteile: nur als säulenförmige Sorte für Straßenbaum geeignet ¹¹	hohe Stickoxid- und Ozonabsorption ¹ , hoher Kühlungseffekt durch starke Transpiration ²
Ahornblättrige Platane (<i>Platanus x acerifolia</i>)	Vorteile: trockenheitstolerant ^{1,4} , hitzetolerant ¹ , winterhart ¹ , relativ hohe Wassernutzungseffizienz ³ , niedrige Temperaturen im Winter schaden Wachstum und Gesundheit ³ Nachteile: In Braunschweig Infektion mit Massaria-Krankheit wahrscheinlich, bewirkt Grünastausbrüche, Verwendung daher nur bei ausreichend großen Baumscheiben und Kronenräumen ¹¹	
Gewöhnliche Robinie (<i>Robinia pseudoacacia</i>)	Vorteile: sehr hohe Wassernutzungseffizienz bei extremer Hitze, höhere Trockenheitstoleranz und -resilienz als <i>T. cordata</i> ⁶ Nachteile: wucherndes Wurzelwachstum: Schäden an Infrastruktur und Gebäuden sehr wahrscheinlich, daher nicht für Straßen und Plätze geeignet; Neophyt mit negativen Auswirkungen auf Lebensräume ¹¹	starke Reduktion der Kühlungsleistung bei Hitze ⁶
Winterlinde (<i>Tilia cordata</i>)	Vorteile: mittlere Trockenheitstoleranz ^{1,7} , winterhart ¹ , spätfrosttolerant ¹ Nachteile: Wassernutzungseffizienz niedriger als Baumarten, die aus Gegenden mit weniger Wasserverfügbarkeit stammen (<i>A. campestre</i> , <i>Ostrya carpinifolia</i> , <i>Tilia tomentosa</i>) ² , relativ schlechte Resilienz bei Hitzeperioden (bzgl. Wachstum) ⁶	Kühlungseffekt bei Hitze nicht eindeutig nachweisbar: Moser-Reischl et al. (2019) und Rötzer et al. (2021) finden auch bei extremer Hitze relativ hohen Kühlungseffekt ^{6,7} , während Zhang et al. (2019) eine deutlich geringere CO ₂ -Fixierung, Evapotranspiration und Kühlungsleistung bei extremer Trockenheit feststellten ⁸ ;

		starke Oberflächenkühlung von Asphalt in deren Schatten ⁹
Gemeine Esche (<i>Fraxinus excelsior</i>)	Vorteile: trockenheitstolerant ¹⁰ Nachteile: Eschentriebsterben; nicht als Straßenbaum geeignet ¹¹	
Stiel-Eiche (<i>Quercus robur</i>)	Vorteile: trockenheitstolerant ⁴ ; geringe Temperaturen im Winter verursachen Embolien ⁴ ; Baum mit höchsten Biodiversitätseffekten ¹¹ Nachteile: aufgrund des Eichenprozessionsspinner-Befalls nicht in Ortslagen zu verwenden (allergieauslösend) ¹¹	

¹ Stadtbaumkonzept der Stadt Jena (2016); ² Stratópoulos et al. (2018); ³ Gillner et al. (2014); ⁴ Hirsch et al. (2023); ⁵ Dervishi et al. (2022); ⁶ Moser-Reischl et al. (2019); ⁷ Rötzer et al. (2021); ⁸ Zhang et al. (2019); ⁹ Rahman et al. (2019); ¹⁰ Percival et al. (2006); ¹¹ Stadt Braunschweig - Fachbereich Stadtgrün (2024)

Auch in den **Wäldern und Forsten** kommt es in Folge der Kombination aus Sturm, Trockenstress und den Befall von Schadinsekten seit 2018 zu einer erhöhten Kronenverlichtung sowie hohen Absterbe- und Ausfallraten (Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz 2022). Auch der Zustand der Feuchtwälder Braunschweigs mit ihren großen Beständen an Eichen ist durch die Dürrephasen sowie den Befall durch Eichenprozessionsspinner stark negativ beeinträchtigt (UNB Braunschweig 2023). Das hat direkte Folgen für die Schutzgebiete und auch auf die Naherholung in den Wäldern und Parks, da nicht nur bei Stürmen die Gefahr von Astbrüchen größer wird.

Neben der Gefährdung vieler Gehölze durch Trockenheit kommen weitere Faktoren hinzu, die möglicherweise durch den Klimawandel verstärkt werden: Pilz-, Bakterien- oder Viruserkrankungen bei Bäumen, die z. B. zum Absterben von Eschen führen (Essl und Rabitsch 2013) oder Roskastanien in Mitleidenschaft ziehen (*Pseudomonas syringae*), Schädlingsbefall wie bspw. der Birnbaumprachtkäfer an *Crategus*- (Weißdorn-)Arten (Stadt Braunschweig - Fachbereich Stadtgrün), die Ausbreitung invasiver Arten, wie die der Traubenkirsche (Kaufmann 2010) oder das inzwischen fast jährliche Vorkommen von Eichenprozessionsspinnerraupe mit stark allergener Wirkung (s. [Kap. 5.3.5](#)) in einigen der städtischen Parks (Braunschweiger Zeitung - Warnung der Stadtverwaltung 2023). Auch die Gefahr für Waldbrände steigt mit zunehmenden Hitze- und Dürreperioden weiter an. Bislang wurden im Braunschweiger Stadtgebiet jedoch keine Waldbrände bekannt. Dies kann möglicherweise mit dem geringen Nutzungsdruck in den für Waldbrand anfälligeren Nadelwäldern in Zusammenhang gebracht werden. Die Laubwälder sind stärker frequentiert, aber nicht so stark waldbrandgefährdet (UNB Braunschweig 2023).

Perspektivisch sollte die Vitalität des Baumbestandes weiter genau beobachtet werden. Dies kann z. B. durch Luftbild- und Satellitendatenauswertungen geschehen. Ein Beispiel dafür ist der Dienst „[ForestWatch](#)“, der im Zuge des bundesweiten Monitoring des Waldzustands entstanden ist. Er zeigt die Vitalitätsbeeinträchtigungen der Wälder in Deutschland in einer räumlichen Auflösung von 10 m. Eine Untersuchung im Auftrag des Fachbereichs Stadtgrün ergab zudem, dass es zwischen 2011 und 2019 in Braunschweig nur an wenigen Stellen zur Reduktion des Baumüberschirmungsgrades gekommen ist und der Baumüberschirmungsgrad im Stadtgebiet insgesamt zugenommen hat. Die Auswirkungen der Trockenheit der letzten Jahre sind in dieser Analyse noch nicht erkennbar (Strohbach und Pietruschka 2023).

5.4.3 Fließgewässer, stehende Gewässer und Feuchtgebiete

Diana Goertzen

Die Oker ist für die meisten Menschen in Braunschweig das stadtbildprägende Fließgewässer. Vor und hinter ihrer Umleitung in die Umflutgräben mäandriert (s. Glossar) sie im Süden und Norden der Stadt. Neben der Oker gibt es in Braunschweig noch zahlreiche weitere Fließgewässer - von der größeren Schunter über Wabe bis hin zu kleineren Bächen und Gräben, die im Alltag kaum auffallen. Abhängig von Gewässergröße, Ufer- und Sohlbeschaffenheit sowie Wasserqualität finden sich unterschiedliche, an die jeweiligen Bedingungen angepasste Lebensgemeinschaften in den Fließgewässern. Der ökologische Zustand eines Fließgewässers kann anhand von Indikatoren bewertet werden. Im Bereich der Fließgewässer wird das sogenannte Makrozoobenthos (s. Exkurs auf S. 93) zur Bewertung der ökologischen Zustandsklasse herangezogen. Seit 2009 werden diese mehrmals jährlich erfasst und für die ökologische Bewertung der Gewässergüte nach Wasserrahmenrichtlinie erfasst. Bis 2019 etwa konnte ein positiver Trend der Artenvielfalt in den Fließgewässern Braunschweigs festgestellt werden (Goertzen et al. 2022). Allerdings zeigen sich Tendenzen, dass die zunehmenden Trockenheitszeiten der letzten Sommer u.a. durch vollständiges Trockenfallen einzelner Fließgewässerabschnitte oder extreme Niedrigwasserführung (s. Abb. 46), zu einem Einbruch im Artenvorkommen führen.

Insbesondere Arten, die sauerstoffreiche Gewässer(-bedingungen) benötigen - also gut durchströmte Gewässer - sind von den Folgen der Hitze- und Dürrephasen betroffen. Seit 2018 sind jedes Jahr überdurchschnittlich viele Fließgewässer des Braunschweiger Stadtgebietes ausgetrocknet. Waren es bis 2018 drei bis vier Fließgewässerabschnitte, die auch nicht jedes Jahr trockenfielen, sind es seit 2018 jedes Jahr im Durchschnitt acht Abschnitte, die austrocknen (Goertzen 2023). Der Betrachtungszeitraum ist noch zu kurz, um einen Trend zu erkennen. Klimaszenarien gehen allerdings von einer größeren Variabilität von Niederschlägen aus (vgl. [Kap. 3.3](#)).

Welche Änderungen ein Verlust einzelner Arten im Fließgewässer und der schlechtere ökologische Zustand für die Lebensgemeinschaften, Ökosystemfunktionen und -leistungen bedeuten, ist bisher schwer abzuschätzen. Eine Zunahme der Lufttemperatur führt auch in Fließgewässern zu erhöhten Wassertemperaturen. Die Wassertemperatur ist ein wichtiger Indikator, um Klimafolgen abzuschätzen. An die Wassertemperatur sind die physikochemischen Eigenschaften der Gewässer geknüpft, wie beispielsweise der Sauerstoffgehalt im Wasser. Zusätzlich hängen Stoffumsätze und die Entwicklungszyklen von Tieren und Pflanzen der Gewässer mit der Wassertemperatur zusammen. Spezifisch für Braunschweig ist es aktuell kaum möglich, Aussagen darüber zu treffen, welche Gewässer und welche Arten möglicherweise besonders von erhöhten Wassertemperaturen betroffen sind, da die Datengrundlage nicht vorhanden ist. Hier würden kontinuierliche Messungen der Wassertemperatur an potenziell betroffenen Gewässerabschnitten und Stichproben-Monitorings bezüglich potenziell betroffener Arten hilfreich sein, um Zusammenhänge und Entwicklungstrends zu erkennen. Bislang werden Gewässertemperaturen lediglich an einer Gütemessstelle des NLWKN in Harxbüttel sowie an den Pegelmessstellen durch SE|BS (SensoWeb) erhoben (Stadt Braunschweig - Untere Wasserbehörde).

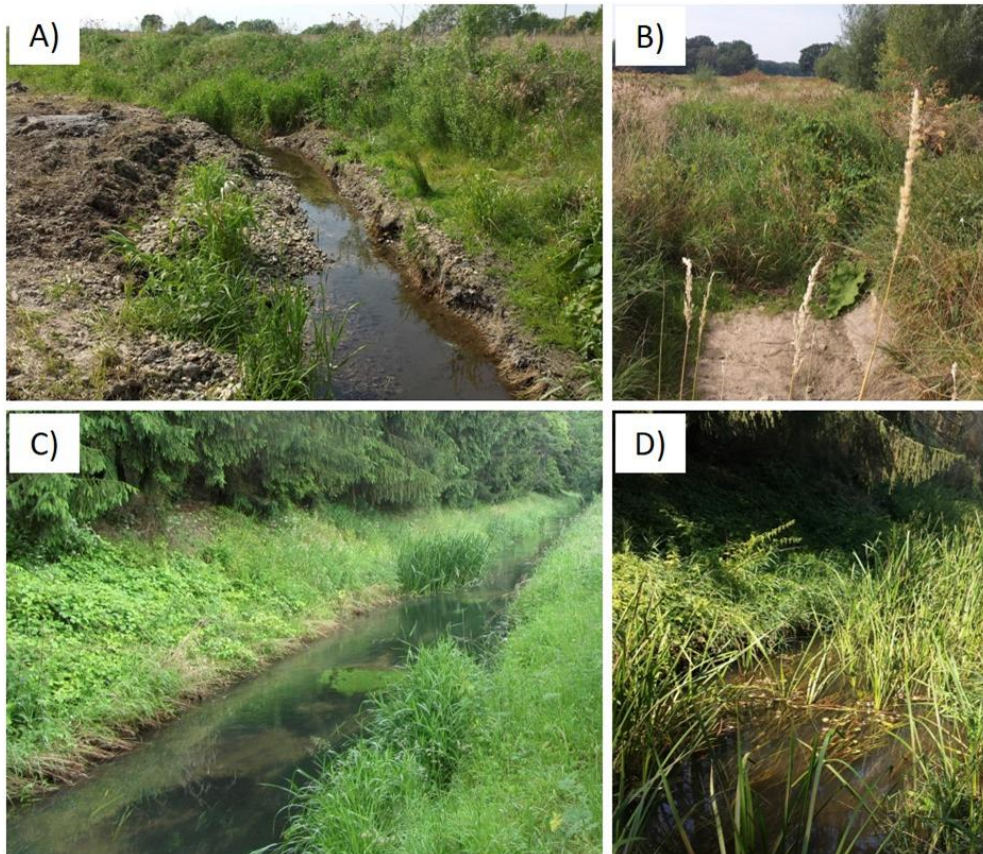


Abbildung 46: A) Renatierte Probestelle am Beberbach im Mai 2016 noch wasserführend, B) im August 2019 ungewöhnlich trocken gefallen und mit Pflanzen des Umlands besiedelt. C) Mittelriede im Juni 2012 mit Wasserpflanzen besiedelt, am Ufer noch gesunde Fichten. D) Der gleiche Fließgewässerabschnitt im August 2019, mit emerser (s. Glossar) Vegetation bewachsen, die Fichten am Ufer stark geschädigt, teilweise abgestorben. Fotos: Diana Goertzen.



Parallel zu den aufgezeigten Entwicklungen wurden bereits erfolgreich sehr viele Gewässerabschnitte an Schunter, Wabe, Mittelriede und an einigen kleineren Gewässern renatiert. Aktuell befinden sich Abschnitte der Schunter im Bereich Querum in der Umsetzungsplanung. Damit sind die Gewässer Wabe, Schunter und Mittelriede im Stadtgebiet weitestgehend in gutem ökologischen Zustand, soweit dies im urbanen Bereich im Rahmen der Möglichkeiten liegt (z. B. Verfügbarkeit der Flächen, keine Verschlechterung der Hochwassersituation für besiedelte Bereiche). Die naturnähere Gestaltung von Fließgewässern verbessert u.a. deren ökologischen Zustand, dient der Biotopvernetzung (s. Glossar), steigert die Aufenthaltsqualität im Umfeld dieser und reduziert bei kleineren Hochwasserereignissen die Überschwemmungsgefahr mit der Schaffung von Rückhalteräumen (s. auch [Kap. 5.2.2](#), [5.2.3](#); Stadt Braunschweig - Untere Wasserbehörde). Die entstandenen naturnäheren Lebensräume können Klimaveränderungen besser abpuffern, jedoch muss bei zukünftigen Maßnahmen auch der Klimawandel berücksichtigt werden (Perry et al. 2015).

Saisonal verschobene bzw. saisonal verringerte Niederschläge in Verbindung mit hoher Verdunstung (s. [Kap. 3.3](#)) führen in den Sommermonaten nicht nur zu teils stark sinkenden Grundwasserständen (vgl. [Kap. 5.2.5](#)), sondern haben auch negative Folgen für stehende Gewässer und Feuchtgebiete in der Stadt, die u.a. Lebensraum für eine große Vielfalt von Amphibien sind. Dazu zählen beispielsweise die Auenbereiche der Schunter, die Kleiwiesen sowie Kleinstgewässer, wie Bombentrichter und Tümpel, die sich hauptsächlich im östlichen Bereich der Stadt befinden (Rehfeldt et al. 2008). Ein häufigeres Trockenfallen dieser Feuchtgebiete und Kleinstgewässer geht mit dem Verlust des Reproduktionshabitats der Amphibien (Kaulquappen) einher und hätte Einfluss auf die Populationsgröße sowie die Biotopvernetzung und damit den genetischen Austausch zwischen Teilpopulationen verschiedener Amphibienarten. Diese Arten sind in Gewässerabschnitten, die in Trockenzeiten trockenfallen, seltener zu finden. Dabei ist das Trockenfallen von Teilen von Gewässern in den Sommermonaten nicht

überall ungewöhnlich. Dort, wo es regelmäßig passiert, haben sich daran angepasste Lebensgemeinschaften etabliert. Problematisch wird es möglicherweise erst dann, wenn weitere Abschnitte trockenfallen oder eine sehr geringe Wasserführung aufweisen, sodass kein Rückzugsraum für Arten besteht, die eine Mindestmenge an Wasser benötigen.



Exkurs: Makrozoobenthos, Fließgewässer und der gute ökologische Zustand

Das Makrozoobenthos sind die Lebewesen, die die Gewässersohle besiedeln und die von ihrer Größe her noch mit bloßem Auge zu erkennen sind. Dabei handelt es sich um Tiere verschiedener wirbelloser Organismengruppen, wie Schnecken, Muscheln, Käfer, Larven von Steinfliegen, Köcherfliegen, Eintagsfliegen oder Libellen, verschiedene Würmer und Krebse. Das Vorkommen von bestimmten Arten, wie der Grundwanze oder Grünen Flussjungfer, wird als Zeiger für einen guten Gewässerzustand angesehen. Der ökologische Zustand eines Fließgewässers gilt als gut, wenn viele für den Gewässertyp charakteristische Arten, darunter v.a. Köcher- und Eintagsfliegen, vorkommen. Viele dieser Arten brauchen eine permanente Wasserführung und einen hohen Sauerstoffgehalt im Wasser. Trockenzeiten stellen für solche Arten eine hohe Gefährdung dar, da sie bei niedrigen Wasserständen mit verringerter Strömung und erhöhten Temperaturen nicht mehr genug Sauerstoff bekommen und passende Lebensraumstrukturen verschwinden. Ein Austrocknen der Gewässer können nur einige Arten überleben, die durch angepasste Lebenszyklen oder Überdauerungsstrategien auf natürlicherweise austrocknende Gewässer spezialisiert sind. Selbst solche Arten können durch überdurchschnittlich langes und vollständiges Austrocknen in Folge des Klimawandels gefährdet sein.

5.4.4 Zusammenfassung Naturschutz und Biodiversität

Die direkten Klimarisiken für Naturschutz und Biodiversität sind auf folgende Schwerpunkte zusammenzufassen: Phänologische Verschiebungen finden bereits statt, aber ihre Auswirkung auf die städtischen Ökosysteme sind bisher nicht absehbar. Die vergangenen Dürreperioden (z. B. 2018 und 2019) haben sich bereits negativ auf die Vitalität von Einzelbäumen und Waldbeständen ausgewirkt und Klimamodelle sagen die Zunahme solcher Perioden voraus. Die Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften von Fließgewässern und Feuchtgebieten verändert sich durch die Dürrezeiten durch verringerten Zufluss und Durchströmung (Niedrigwasserführung bis Trockenfallen), Erwärmung des Wasserkörpers und einhergehende verringerte Sauerstoffsättigung des Gewässers. Davon sind teilweise gesamte Artengruppen, wie beispielsweise Amphibien, betroffen, die für den Naturschutz von besonderer Relevanz sind.

Das Stadtgrün steht durch die klimatischen Veränderungen besonderen Herausforderungen gegenüber. Gleichzeitig ist es im Hinblick auf Klimaanpassung ein Teil der Lösung und leistet viele wertvolle Ökosystemfunktionen, die unverzichtbar für wirksame, naturbasierte Klimaanpassungsmaßnahmen sind. Stadtgrün kühlt bspw. die Umgebung über Verdunstung, bietet Schattenplätze und Lebensraum. Grünanlagen sind wichtige Bereiche zur Versickerung und Rückhaltung von Niederschlagswasser, insbesondere bei Starkregenereignissen und im Falle von Hochwasser. Zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels sollten im Bereich des Naturschutzes und der Biodiversität u.a. bestehende Strategien und Konzepte wie bspw. das Biodiversitäts-, das Biotopverbundkonzept sowie bestehende Arten-

schutzkonzepte der Stadt oder auch der Landschaftsrahmenplan unter Beachtung von Klimaanpassungsfragen ergänzt werden, sodass entsprechende Maßnahmen in die Umsetzung getragen werden.

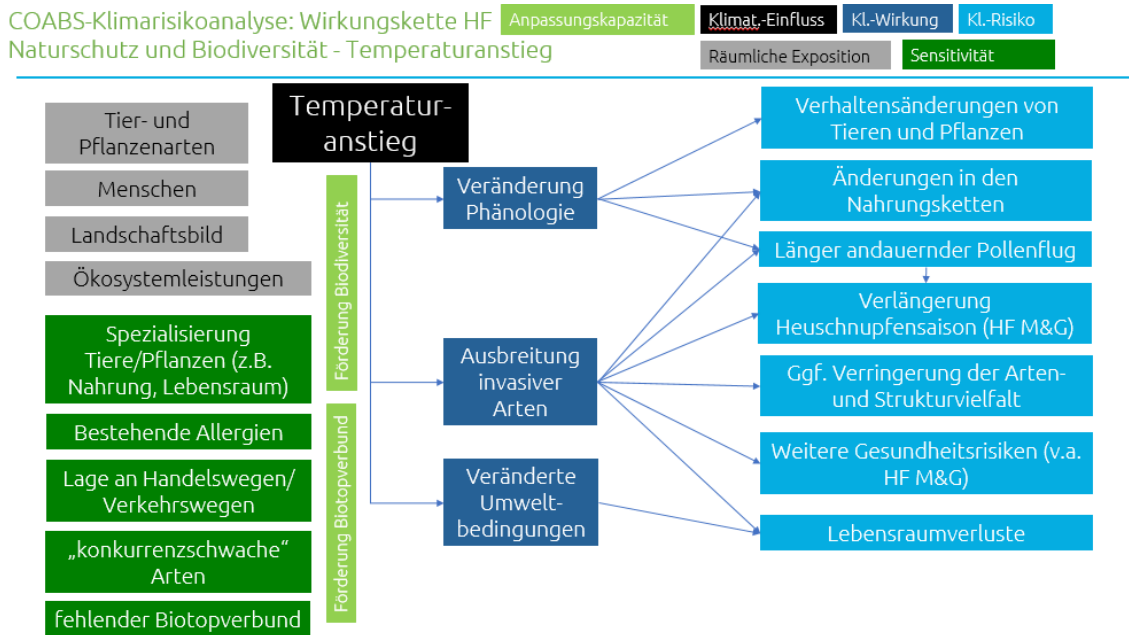


Abbildung 47: Wirkungskette im Handlungsfeld Naturschutz und Biodiversität zum klimatischen Einfluss "Temperaturanstieg" (eigene Darstellung)

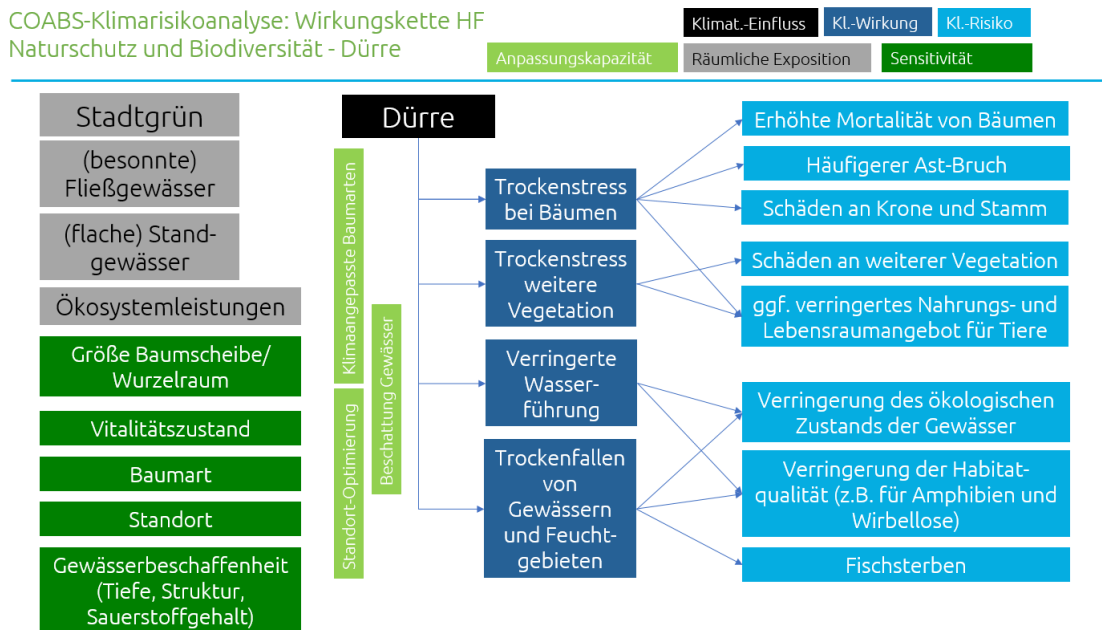


Abbildung 48: Wirkungskette im Handlungsfeld Naturschutz und Biodiversität zum klimatischen Einfluss „Dürre“ (eigene Darstellung)

5. Klimafolgen und Klimarisiken in Braunschweig
5.4 Handlungsfeld Naturschutz und Biodiversität

Tabelle 14: Übersicht Relevanz- und Risikoeinschätzung im Handlungsfeld Naturschutz und Biodiversität- Klimarisiken ohne Anpassung für Gegenwart, 2071 bis 2100 und Extremereignisse in Braunschweig - Erläuterungen zum Vorgehen s. Seite 32

Klimafolge/-risiko	Relevanzeinschätzung Teilnehmende Auftaktforum 21.09.23		Risikoeinschätzung Projektarbeitsgruppe: Klimarisiken ohne Anpassung für Gegenwart, 2071 bis 2100 (ferne Zukunft) sowie Extremereignisse		
	Anzahl Punkte von insg. 386	Prozent der abgegebenen Gesamtpunkte	Risiko in der Gegenwart	Risiko in der fernen Zukunft (2071-2100) - mittlere Veränderung unter RCP8.5	Risiko bei Eintritt von Extremereignissen
Schäden Stadtgrün und Stadtwald	34	9,1			
Verringerung ökologischer Zustand Gewässer	20	5,4			
Ausbreitung invasiver Arten	12	3,2			
Trockenfallen von Gewässern	10	2,7			
Veränderung der Phänologie (periodisch wiederkehrende Wachstums- und Entwicklungserscheinungen von Pflanzen und Tieren)	7	1,9			
Trockenstress Feuchtgebiete (Bestandsrückgang von typischen Arten der Feuchtgebiete)	5	1,3			
Legende	gering	mittel	hoch	unklar	k.A. = keine Angabe

Ausblick

Die Ergebnisse dieses Projektreports 1 zu Klimafolgen und Klimarisiken in Braunschweig sind als Bestandsaufnahme und damit als ein wesentlicher Baustein auf dem Weg zur Braunschweiger Klimaanpassungsstrategie einzuordnen. Die Thematik der Klimaanpassung gewinnt aktuell auch auf Bundesebene an Relevanz. Ende 2023 wurde das erste bundesweite Klimaanpassungsgesetz (KANg) verabschiedet, mit dem der Klimaanpassung in Bund, Ländern und Gemeinden ein verbindlicher Rahmen gegeben wird. Messbare Ziele, länderweite und lokale Klimaanpassungskonzepte sowie Berücksichtigungsgebot für Klimaanpassung sind nur einige der zentralen Schlagworte. Sobald das KANg in Landesrecht überführt ist, werden voraussichtlich neue Pflichtaufgaben auch auf die Stadt Braunschweig zukommen.

Die identifizierten Handlungsfelder „Wassermengenmanagement und Bodenwasserhaushalt“, „Mensch und Gesundheit“ sowie „Naturschutz und Biodiversität“ weisen zahlreiche **Schnittmengen und Synergien** auf. So können grüne Infrastrukturen z. B. zum Wasserrückhalt beitragen, Schatten spenden und Kühlung für die Menschen bereitstellen und gleichzeitig so ausgestaltet werden, dass qualitativ wertvolle Lebensräume für Tier- und Pflanzenarten entstehen, die zugleich als wichtige Trittsteinbiotope im Biotopverbundnetz fungieren. Doch auch Zielkonflikte bleiben beim komplexen Thema Klimaanpassung nicht aus. Flächenkonkurrenzen, v. a. im innerstädtischen Raum machen die Abwägung zwischen allesamt wichtigen Belangen notwendig. Bei der Bereitstellung von Wasser, sei es durch Trinkbrunnen oder Vernebelungsanlagen, müssen hygienische Fragen berücksichtigt werden und bei der Problematik von überhitzten Innenräumen rücken Fragen von Gebäudedämmung und Energieeffizienz sowie die Nutzung regenerativen Energien für Kühlungsanlagen in den Fokus, um möglichst große Synergien mit den Zielen des Klimaschutzes zu erreichen.

Um diesen Herausforderungen und Querschnittsaufgaben im Zuge des Klimawandels zu begegnen, ist eine integrierte Zusammenarbeit unumgänglich. Hierfür wird es notwendig unterschiedlichste Fachdisziplinen, Ressorts und Interessen innerhalb der Stadtgesellschaft gut miteinander ins Gespräch zu bringen, um zielorientiert, zeiteffizient und pragmatisch umsichtige Kompromisslösungen zu finden. Der Klimawandel verschärft viele bereits zuvor existierende Probleme. Dies bietet die Chance, bereits vorhandene Maßnahmenprogramme dahingehend anzupassen, um gemeinsam und mit verstärkter Wirkungskraft in die Umsetzung zu gehen. Klimaanpassung betrifft den gesamten Bereich der kommunalen Daseinsvorsorge, wie etwa die Bereitstellung von Wasser, Infrastrukturen oder Gesundheitseinrichtungen. Dabei fängt man in Braunschweig keineswegs bei „Null“ an. Viel Wissen und sehr wertvolle Erfahrungsansätze sind bereits vorhanden. Es gilt dieses Wissen und die vorhandene Erfahrungspraxis vor dem Hintergrund der neuen Herausforderung zu bündeln und im Sinne der Entwicklung einer klima- und umweltgerechten Stadtentwicklung in einen guten Gleichklang zu bringen.

Für die fortlaufend notwendige Neueinschätzung der für Braunschweig relevanten Klimarisiken und deren Priorisierung sollte ein regelmäßiger Turnus festgelegt werden (z. B. in Anlehnung an die Niedersächsische Anpassungsstrategie alle 5 Jahre). Dabei sollten aktuelle Messdaten sowie die neuesten regionalen Klimamodelle zum Einsatz kommen sowie die Betrachtungszeiträume (nahe/ ferne Zukunft) entsprechend angepasst werden, sodass veränderte Entwicklungen rechtzeitig erkannt und

strategisch berücksichtigt werden können. Wünschenswert wäre außerdem, die mögliche Anpassungskapazität in einem interdisziplinären Team zu bewerten, um einschätzen zu können, wie sich die Risiken durch Anpassung vermindern lassen. Des Weiteren sind für die rahmengebende Strategie sowie für nachgeschaltete Konzepte und Aktionspläne Indikatoren für das Monitoring der Zielerreichung und die Evaluation der Wirksamkeit von Anpassungsmaßnahmen festzulegen. Zielgruppengerechte Informationskampagnen zur Kommunikation der identifizierten Risiken und möglichen Präventionsmaßnahmen sind zum Schutz der Braunschweiger Bevölkerung anzustreben. Mittelfristig sollte eine Identifikation von Stadträumen mit besonders ausgeprägten Klimarisiken oder Mehrfachbelastungen (Hitze, Starkregen, Gründefizit, Lärm etc.) erfolgen. Zudem sind innerhalb der Verwaltung Zuständigkeiten für Aufgaben und Themen zu benennen, die durch den Klimawandel eine neue Relevanz erlangen.

Im weiteren COABS-Projektverlauf liegt der Fokus auf der Vernetzung dieser wertvollen Ansätze sowie den dahinterstehenden Akteuren aus Verwaltung, Forschung und Stadtgesellschaft. In einem integrierten Werkstattprozess wird im Jahr 2024 ein Maßnahmenportfolio entstehen, das die wesentlichen Maßnahmen und Handlungsoptionen zur kommunalen Klimaanpassung aufzeigt und entsprechend eine wertvolle Entscheidungs- und Handlungsgrundlage für Verwaltung, Politik und Stakeholder darstellen kann. So wird ein weiterer wesentlicher Baustein auf dem Weg zur Braunschweiger Klimaanpassungsstrategie erarbeitet. In Klima-Pilotprojekten wird zudem die exemplarische Umsetzung von einzelnen Klimaanpassungsmaßnahmen erprobt.

Abkürzungsverzeichnis

ABAG	Allgemeine Bodenabtragsgleichung
Abb.	Abbildung
AR	Assessment Report = Sachstandsbericht
AR5-NI v2.1	Niedersächsisches Klimamodellensemble
BF _{krit}	Kritischer Bodenwassergehalt
BfN	Bundesamt für Naturschutz
BfS	Bundesamt für Strahlenschutz
BLE	Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2013-2017)
BMUV	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
BMZ	Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung
BVL	Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit
COABS	Co-Adapted Braunschweig
COPD	Chronic obstructive pulmonary disease/chronisch obstruktive Lungenerkrankung
DAS	Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel
DWD	Deutscher Wetterdienst
EFAS	European Flood Awareness System
ET _{pot}	potenzielle Evapotranspiration
ET _{real}	reale Evapotranspiration
FGG	Flussgebietsgemeinschaft
FK	Feldkapazität
FSME	Frühsommer-Meningoenzephalitis
HWSK	Hochwasserschutzkonzept
IKSK	Integriertes Klimaschutzkonzept
ISEK	Integriertes Stadtentwicklungskonzept
Itwh	Institut für technisch-wissenschaftliche Hydrologie GmbH
IPCC	Weltklimarat (engl.: Intergovernmental Panel on Climate Change)
KAnG	Bundes-Klimaanpassungsgesetz
KWRA	Klimawandelrisikoanalyse
LBEG	Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie

LRT	Lebensraumtyp
MU	Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie (Bauen) und Klimaschutz (von 2017 bis 2022 inkl. Bau-Ressort)
NDR	Norddeutscher Rundfunk
nFK	nutzbare Feldkapazität
nFKWe	nutzbare Feldkapazität im effektiven Wurzelraum
NIK LIS	Niedersächsisches Klimainformationssystem
NIKO	Niedersächsisches Kompetenzzentrum Klimaschutz
NKlimaG	Niedersächsisches Gesetz zur Förderung des Klimaschutzes und zur Minderung der Folgen des Klimawandels
NLWKN	Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
PET	Physiologische Äquivalenttemperatur
PWP	permanenter Welkepunkt
REKLIBS	Regionale Klimaanalyse für den Großraum Braunschweig
RCP	Repräsentative Konzentrationspfade (engl.: Representative concentration paths), Szenarien über die Entwicklung der Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre
RGB	Regionalverband Großraum Braunschweig
RKI	Robert-Koch-Institut
SE BS	Stadtentwässerung Braunschweig
SGB	Sozialgesetzbuch
SRI	Starkregenindex
Tab.	Tabelle
UAN	Kommunale Umwelt AktioN e. V.
UBA	Umweltbundesamt
UNB	Untere Naturschutzbehörde
WHO	World Health Organization
WV-WL	Wasserverband Weddel-Lehre

Glossar

Allgemeine Bodenabtragsgleichung

	Modell zur Vorhersage des Ausmaßes des Bodenabtrags und zur Beurteilung der Wirkung von Schutzmaßnahmen. Es fließen Faktoren wie Hanglänge, Hangneigung sowie Bodenbedeckung und -bearbeitung mit ein.
Biodiversität	Biodiversität bezeichnet die Vielfalt des Lebens. Sie umfasst die genetische Vielfalt, die Artenvielfalt und schließt die Vielfalt von Lebensräumen in einem Gebiet ein
Biotopvernetzung	räumliche oder funktionale Verbindung oder Anbindung von Biotopen oder Biotopkomplexen (z. B. durch Trittsteine oder Rastplätze), um eine Zerstörung oder Isolation aufzuheben oder diesen entgegenzuwirken
Anpassungskapazität	Fähigkeit von Systemen, Institutionen, Menschen und anderen Lebewesen, sich auf potenzielle Schäden einzustellen, Vorteile zu nutzen oder auf Auswirkungen zu reagieren.
Bodenwassergehalt	Menge des im Boden vorhandenen Wassers
(Fluss-) Einzugsgebiet	In der Hydrogeographie durch Wasserscheiden begrenztes Gebiet, welches durch einen Fluss mit allen seinen Nebenflüssen entwässert wird. Es wird zwischen dem oberirdischen und dem unterirdischen Einzugsgebiet unterschieden.
Deposition	Vorgang der Ablagerung von Spurenstoffen, welche über die Atmosphäre transportiert wurden, an einem Akzeptor. Die Deposition ist die Voraussetzung, um eine Wirkung von Luftverunreinigungen herbeizuführen. Deponiert werden gasförmige, flüssige oder feste Stoffe, welche durch die Emission freigesetzt wurden oder beim Transport eine physikalische oder chemische Veränderung erfahren haben.
Emers	Bezeichnet die Lebensweise von Pflanzen. Emerse Pflanzen können ganz oder teilweise über die Wasseroberfläche hinauswachsen. Sie können sowohl auf dem Land wachsen als auch als Sumpfpflanze.
Evapotranspiration	Ist die Gesamtverdunstung von einer natürlich bewachsenen Bodenoberfläche. Sie setzt sich aus der Evaporation und der Transpiration zusammen.
Exposition	Vorhandensein von Systemen wie Menschen, Existenzgrundlagen, Arten bzw. Ökosystemen, Umweltfunktionen, -leistungen und -ressourcen, Infrastruktur oder ökonomischem, sozialem oder kulturellem Vermögen in Gegenden und Umständen, die betroffen sein könnten
Feldkapazität	maximale Wassermenge im Boden, die entgegen der Gravitation in einem freidränenden Boden in ungestörter Lagerung oberhalb des Grundwasserspiegels haften bleibt

Health in all policies	Gesundheit in allen Politikfeldern zu verankern ist eine von der WHO verfolgte Strategie, die ressort- sowie politikfeldübergreifende Zusammenarbeit im Sinne einer Gesundheit als gesamtgesellschaftliche Aufgabe verfolgt
HQextrem	Ein HQextrem bezeichnet einen Hochwasserabfluss, der ca. der 1,5-fachen Abflussmenge eines HQ100 entspricht.
HQ100	Der Scheitelabfluss bei einem HQ100 beschreibt die Abflussmenge (in m^3/s) bei einem Hochwasserereignis, das im statistischen Mittel einmal in 100 Jahren zu erwarten ist.
Infiltration	Bewegung des Sickerwassers im Boden nach unten, der Schwerkraft folgend. Infiltration findet statt, sobald die einsickernde Wassermenge das Haltevermögen des Bodens übersteigt.
Interzeption	Anteil des Niederschlages (auch Schnee, Tau und Beregnungswasser), der an den Pflanzen haften bleibt und dort wieder ungenutzt verdunstet. Er steht somit nicht dem Wasserhaushalt der Pflanze zur Verfügung.
Invasive Art	Tier oder Pflanzenart, die nicht heimisch ist und deren Ausbreitung negative Auswirkungen für Ökosysteme und Menschen mit sich bringt
Klimatischer Einfluss (synonym.: Klimaänderungen)	Ein sich ändernder Aspekt des Klimasystems, der eine Komponente eines menschengemachten oder natürlichen Systems beeinflusst.
Klimatische Wasserbilanz	Differenz zwischen Niederschlagshöhe und Höhe der potenziellen Verdunstung an einem bestimmten Ort in einer bestimmten Zeitspanne
Klimarisiko	Das Potenzial für nachteilige Folgen für menschengemachte oder natürliche Systeme, unter Berücksichtigung der Vielfalt der Werte und Ziele, die mit solchen Systemen verbunden sind. Im Kontext der KWRA 2021 wurde der Begriff Klimarisiko angelehnt an die Definition des IPCC ab dem Zeitpunkt verwendet, ab dem eine Bewertung erfolgt (ist).
Klimawirkung (synonym: Klimafolge)	Die potenziellen oder realisierten Folgen von Klimarisiken auf natürliche und menschengemachte Systeme. Klimawirkungen beziehen sich im Allgemeinen auf Auswirkungen auf Leben, Lebensgrundlagen, Gesundheit und Wohlbefinden, Ökosysteme und Arten, wirtschaftliche, soziale und kulturelle Werte, Dienstleistungen (einschließlich Ökosystemdienstleistungen) und Infrastruktur. Sie können als Folgen oder Ergebnisse bezeichnet werden und nachteilig oder vorteilhaft sein.
Mäander	stark gewundene Abschnitte eines mäandrierenden Flusses, bestehend aus einer Abfolge aufeinanderfolgender Flussschleifen
Neophyt	Gebietsfremde Pflanzen, die in den letzten 500 Jahren zu uns gekommen sind (meist durch den Menschen eingeschleppt).
Nutzbare Feldkapazität	Differenz zwischen der Feldkapazität und dem permanenten Welkepunkt
Ökosystemfunktionen /Ökosystemare Dienstleistungen	

	Direkte oder indirekte Beiträge von Ökosystemen zum menschlichen Wohlergehen, die sich in vier Kategorien einteilen lassen: unterstützende, regulierende, bereitstellende und kulturelle Dienstleistungen
Permanenter Welkepunkt	Mit dem permanenten Welkepunkt (PWP) kann der Austrocknungsgrad eines Bodens beschrieben werden. Wird der PWP erreicht bzw. unterschritten, ist der pflanzenverfügbare Wassergehalt des Bodens so gering, dass die meisten Pflanzen irreversibel welken.
Phänologie	Erscheinungslehre, Lehre von meist witterungs- bzw. klimaabhängigen Lebensäußerungen von Organismenarten oder bestimmten ökologischen Bedingungen mit einer im Jahresablauf bestimmten Abfolge
Potenzielle Evapotranspiration	klimatisch mögliche Verdunstung bei ausreichender Wasserversorgung und gegebenem Vegetationsbestand
Räumliche Exposition	Vorhandensein von Systemen wie Menschen, Existenzgrundlagen, Arten bzw. Ökosysteme Umweltfunktionen, -leistungen und -ressourcen, Infrastruktur oder ökonomischem, sozialem oder kulturellem Vermögen in Gegenden und Umständen, die betroffen sein könnten.
Reale Evapotranspiration	von der Landoberfläche real verdunstete Wassermenge
Retention	Rückhalt; Abflusshemmung und -verzögerung durch natürliche Gegebenheiten oder künstliche Maßnahmen; Durchflussverzögerung aufgrund der Speicherwirkung natürlicher Gegebenheiten (Flusssäue) oder künstlicher Maßnahmen (z. B. Rückhaltebecken).
Sensitivität	Ausmaß, zu dem ein System durch Schwankungen oder Änderungen des Klimas vor- oder nachteilig beeinflusst wird.
Statistische Wiederkehrzeit	Die Wiederkehrzeit (auch Jährlichkeit) ist ein Maß dafür, wie oft ein betrachtetes Ereignis innerhalb einer bestimmten Zeitspanne statistisch wahrscheinlich eintreten wird.
Tensiometer	Gerät zur Bestimmung der Saugspannung des Bodenwassers. Ein Tensiometer besteht aus einer porösen, die mit einem Drucksensor in Verbindung steht. Das ganze System ist mit Wasser gefüllt. Die Messeinrichtung ist so eingestellt, dass sie auf Höhe der Grundwasseroberfläche den Wert "0" anzeigt. Oberhalb des Grundwassers wird vom wasserungesättigten Boden Wasser aus dem Tensiometer angesaugt. Da jedoch kein Wasser in das Messsystem nachfließen und durch die wassergefüllten Poren der Zelle keine Luft eindringen kann, stellt sich im Tensiometer ein Unterdruck ein. Der entstehende Unterdruck ist ein Maß für die Saugspannung und steigt mit der Trockenheit des Bodens.
Transpiration	regulationsfähige Abgabe von Wasserdampf durch Pflanzen an die Umgebung über Cuticula oder Spaltöffnungen

Referenzen

- Abwasserverband Braunschweig (2024): Klärschlammverwertung, Klärwerk, Verregnung. Online verfügbar unter: <https://www.abwasserverband-bs.de/de/was-wir-machen/klaerschlammverwertung/>; <https://www.abwasserverband-bs.de/de/was-wir-machen/klaerwerk/>; <https://www.abwasserverband-bs.de/de/was-wir-machen/verregnung/> (Stand: 26.02.2024)
- Ahmed, A. M., Mohammed, A. T., Vu, T. T., Khattab, M., Doheim, M. F., Mohamed, A. A., Abdelhamed, M. M., Shamandy, B. E., Dawod, M. T., Alesaei, W. A., Kassem, M. A., Mattar, O. M., Smith, C., Hirayama, K., Huy, N. T. (2019): Prevalence and burden of dengue infection in Europe: A systematic review and meta-analysis. *Rev. Med. Virol*, 30, 2, e2093. <https://doi.org/10.1002/rmv.2093>.
- Amelung, W., H.-P. Blume, H. Fleige, R. Horn, E. Kandeler, I. Kögel-Knabner, R. Kretzschmar, K. Stahr und B.-M. Wilcke (2018): Scheffer/ Schachtschabel - Lehrbuch der Bodenkunde. Springer Verlag, Berlin, 749 Seiten
- Apel, D., Coenen, M., (2021): Mental health and health-related quality of life in victims of the 2013 flood disaster in Germany – A longitudinal study of health-related flood consequences and evaluation of institutionalized low-threshold psycho-social support. *International Journal of Disaster Risk Reduction* 58, 102179. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102179>.
- App, M., Strohbach, M. W., Schneider, A.-K. & Schröder, B. (2022): Making the case for gardens: Estimating the contribution of urban gardens to habitat provision and connectivity based on hedgehogs (*Erinaceus europaeus*). *Landscape Urban Plan* 220, 104347.
- Bais, A.F., Bernhard, G., McKenzie, R.L., Aucamp, P.J., Young, P.J., Ilyas, M., Jöckel, P., Deushi, M. (2019): Ozone-climate interactions and effects on solar ultraviolet radiation. *Photochem. Photobiol. Sci.* 18, 602–640. <https://doi.org/10.1039/c8pp90059k>.
- Baldermann, C., Lorenz, S. (2019): UV-Strahlung in Deutschland: Einflüsse des Ozonabbaus und des Klimawandels sowie Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung. *Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz* 62, 639–645. <https://doi.org/10.1007/s00103-019-02934-w>.
- Beermann, A.-C., Förster, H., Hünecke, K., Schrems, I., Schuhmacher, K. (2021): Verteilungswirkungen eines fortschreitenden Klimawandels. *Forschungsbericht* 582. Bundesministerium für Arbeit und Soziales. https://www.ssoar.info/ssoar/bitstream/handle/document/75710/ssoar-2021-beermann_et_al-Verteilungswirkungen_eines_fortschreitenden_Klimawandels.pdf?sequence=1&isAllowed=y&lnkname=ssoar-2021-beermann_et_al-Verteilungswirkungen_eines_fortschreitenden_Klimawandels.pdf
- Beermann, S., Dobler, G., Faber, M., Frank, C., Habedank, B., Hagedorn, P., Kampen, H., Kuhn, C., Nygren, T., Schmidt-Chanasit, J., Schmolz, E., Stark, K., Ulrich, R. G., Weiss, S., Wilking, H. (2023): Auswirkungen von Klimaveränderungen auf Vektor- und Nagetier-assoziierte Infektionskrankheiten. *J. Health Monit.* 8, S3. 36-66. <https://doi.org/10.25646/11392>.
- Bergmann, Karl-Christian; Heinrich, Joachim; Niemann, Hildegard (2016): Aktueller Stand zur Verbreitung von Allergien in Deutschland. Positionspapier der Kommission Umweltmedizin am Robert Koch-Institut. In: *Allergo Journal International* (25), Artikel 6, S. 22–26. DOI: 10.1007/s40629-016-0089-1.
- BfN (Hrsg., 2024): FFH-Lebensraumtypen. Online verfügbar unter: [https://www.bfn.de/ffh-lebensraumtypen#:~:text=Im%20Anhang%20der%20FFH,besondere%20Schutzgebiete%20ausgewiesen%20werden%20m%C3%BCssen](https://www.bfn.de/ffh-lebensraumtypen#:~:text=Im%20Anhang%20der%20FFH,besondere%20Schutzgebiete%20ausgewiesen%20werden%20m%C3%BCssen.). (Stand: 01.02.2024)

Referenzen

5.4 Handlungsfeld Naturschutz und Biodiversität

- BfS (Hrsg., 2022): Optische Strahlung - Was ist UV-Strahlung? Online verfügbar unter: <https://www.bfs.de/DE/themen/opt/uv/einfuehrung/einfuehrung.html> (Stand: 12.06.2023)
- Blättner, B., Grewe, H.A. (2023): Arbeitshilfe zur Entwicklung und Implementierung eines Hitzeaktionsplans für Kommunen. Hochschule Fulda, Fulda. https://www.hs-fulda.de/fileadmin/user_upload/FB_Pflege_und_Gesundheit/Forschung___Entwicklung/Klimawandel_Gesundheit/Arbeitshilfe_zur_Entwicklung_und_Implementierung_eines_Hitzeaktionsplans_fuer_Kommunen_21.03_final.pdf. (Stand: 09.06.2023)
- BLE (2017): Agrarmeteorologie. S. 165-167. Online verfügbar unter: <https://www.ble-medien-service.de/1651-1-agrarmeteorologie.html> (Stand: 13.11.2023)
- BMUB (2016): Umweltgerechtigkeit in der sozialen Stadt. Online verfügbar unter: https://www.bmwsb.bund.de/SharedDocs/downloads/Webs/BMWSB/DE/publikationen/wohnen/soziale-stadt-umweltgerechtigkeit.pdf?__blob=publicationFile&v=5 (Stand: 13.04.2023).
- BMUB (2017): Weißbuch Stadtgrün - Grün in der Stadt für eine lebenswerte Zukunft. Online verfügbar unter: https://www.bmwsb.bund.de/SharedDocs/downloads/Webs/BMWSB/DE/publikationen/wohnen/weissbuch-stadtgruen.pdf?__blob=publicationFile&v=3 (Stand: 13.04.2023)
- BMUV (2023): Klimaanpassung – Worum geht es? Online verfügbar unter: <https://www.bmuv.de/themen/klimaschutz-anpassung/klimaanpassung/worum-geht-es> (Stand: 17.05.2023).
- BMWK (2023): Was uns die Folgen des Klimawandels kosten, Merkblatt 1, 3, 4, 8 und 9. Online verfügbar unter: https://www.ioew.de/publikation/was_uns_die_folgen_des_klimawandels_kosten (Stand: 17.04.2023).
- Brandes, D. (2023): Die aktuelle Situation der Neophyten in Braunschweig. In: Braunschweiger Naturkundliche Schriften. 6 (4): 705 - 760. Online verfügbar unter: https://leopard.tu-braunschweig.de/servlets/MCRFileNodeServlet/dbbs_derivate_00001537/Document.pdf (Stand: 02.02.2024)
- Brasseur, G. P., Jacob, D., Schuck-Zöller, S. (Hrsg., 2017): Klimawandel in Deutschland: Entwicklung, Folgen, Risiken und Perspektiven. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum, 348 S.
- Braunschweiger Zeitung - Warnung der Stadtverwaltung (2023): Achtung, Gift: Gefährliche Raupenplage auch in Braunschweig. In: Braunschweiger Zeitung 2023, 2023. Online verfügbar unter <https://www.braunschweiger-zeitung.de/braunschweig/article238590955/Achtung-Gift-Gefahrliche-Raupenplage-auch-in-Braunschweig.htm> (Stand: 14.06.2023)
- Breuste, J.; Pauleit, S.; Haase, D.; Sauerwein, M. (2016): Stadtökosysteme. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Buccolieri, R., Gromke, C., Di Sabatino, S., Ruck, B. (2009): Aerodynamic effects of trees on pollutant concentration in street canyons. *Sci. Tot. Environ.* 407, 5247–5256. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.06.016>.
- Buccolieri, R., Sandberg, M., Di Sabatino, S. (2010): City breathability and its link to pollutant concentration distribution within urban-like geometries. *Atmos. Environ.* 44, 1894–1903. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2010.02.022>.
- Bundesregierung (2008): Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Online abrufbar unter: https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaanpassung/das_gesamt_bf.pdf (Stand: 07.03.2024).
- Buters, J., Oteros, J., Gebauer, R., Heigl, K. (2020): Automatisches Pollenmonitoring in Deutschland: Eine Arbeit der Sektion Umwelt- und Arbeitsmedizin der Deutschen Gesellschaft für Allergologie und klinische Immunologie (DGAKI). *Allergo J.* 29, 14–16. <https://doi.org/10.1007/s15007-020-2527-0>.

Referenzen

5.4 Handlungsfeld Naturschutz und Biodiversität

- BVL (Hrsg., o.J.): Überblick über lebensmittelbedingte Infektionen und Intoxikationen. Online verfügbar unter: https://www.bvl.bund.de/DE/Arbeitsbereiche/01_Lebensmittel/03_Verbraucher/09_InfektionenIntoxikationen/01_GenerelleRegeln/lm_LMVergiftungRegeln_node.html (Stand: 26.01.2024)
- Copernicus (2023): Global Climate Highlights 2022. Online verfügbar unter: <https://climate.copernicus.eu/global-climate-highlights-2022> (Stand: 15.05.2023).
- Dahlkamp, S. (2023): Klimawandel erhöht das Risiko für späte Fehlgeburten deutlich. Online verfügbar unter: <https://www.uke.de/landingpage/zukunftsplan-2050/medizin-der-zukunft/klimawandel-erhoeht-risiko-fuer-fruehgeburten.html> (Stand: 18.01.2024)
- Datzmann, T., Schoffer, O., Meier, F., Seidler, A., Schmitt, J. (2022): Are patients benefiting from participation in the German skin cancer screening programme? A large cohort study based on administrative data. *Br. J. Dermatol.* 186, 69–77. <https://doi.org/10.1111/bjd.20658>.
- Dervishi, V.; Poschenrieder, W.; Rötzer, T.; Moser-Reischl, A.; Pretzsch, H. (2022): Effects of Climate and Drought on Stem Diameter Growth of Urban Tree Species. In: *Forests* 13 (5), S. 641. DOI: 10.3390/f13050641.
- Dietrich, J., Hammerl, J.-A., Johne, A., Kappenstein, O., Loeffler, C., Nöckler, K., Rosner, B., Spielmeyer, A., Szabo, I., Richter, M. H. (2023): Auswirkungen des Klimawandels auf lebensmittelassoziierte Infektionen und Intoxikationen. In: RKI - Robert Koch Institut, Hrsg., 2023: *Journal of Health Monitoring. Auswirkungen des Klimawandels auf Infektionskrankheiten und antimikrobielle Resistenzen - Teil 1 des Sachstandsberichts Klimawandel und Gesundheit 2023*, S. 65 - 101. Online verfügbar unter: https://www.rki.de/DE/Content/Gesundheitsmonitoring/Gesundheitsberichterstattung/GBEDownloadsJ/JHealthMonit_2023_S3_Sachstandsbericht_Klimawandel_Gesundheit_Teil1.pdf?__blob=publicationFile; (Stand: 06.07.2023)
- DIN 4049 (1994): *Hydrologie, Teil 3: Begriffe zur quantitativen Hydrologie*, Beuth-Verlag, Berlin: Deutsches Institut für Normung, 80 Seiten.
- DIN EN ISO 14091 (2021): *Anpassung an den Klimawandel - Vulnerabilität, Auswirkungen und Risikobewertung*. Berlin: Deutsches Institut für Normung, Juli 2021.
- Dupke, S., Buchholz, U., Fastner, J., Förster, C., Frank, C., Lewin, A., Rickerts, V., Selinka, H.-C. (2023): Auswirkungen des Klimawandels auf wasserbürtige Infektionen und Intoxikationen. In: RKI - Robert Koch Institut, Hrsg., 2023: *Journal of Health Monitoring. Auswirkungen des Klimawandels auf Infektionskrankheiten und antimikrobielle Resistenzen - Teil 1 des Sachstandsberichts Klimawandel und Gesundheit 2023*, S. 67 - 84. Online verfügbar: https://www.rki.de/DE/Content/Gesundheitsmonitoring/Gesundheitsberichterstattung/GBEDownloadsJ/JHealthMonit_2023_S3_Sachstandsbericht_Klimawandel_Gesundheit_Teil1.pdf?__blob=publicationFile (Stand: 06.07.2023)
- DWD (2018): *Klimareport Niedersachsen*. Offenbach am Main, 52 Seiten.
- DWD (2023): *Wetter- und Klimalexikon*. Online verfügbar unter <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?lv2=100578&lv3=603288> (Stand: 20.06.2023)
- DWD (Hrsg., 2023): *Klimatologischer Rückblick auf 2022: Das sonnenscheinreichste und eines der beiden wärmsten Jahre in Deutschland*. 32 Seiten. Online verfügbar unter: https://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/temperatur/20230123_klimaruueckblick-2022.html. (Stand: 17.04.2023)
- DWD (Hrsg., 2024): *Hydro-klimatische Einordnung der Stark- und Dauerniederschläge in Teilen Deutschlands vom 19. Dezember 2023 bis 05. Januar 2024*. Online verfügbar unter: https://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/niederschlag/20240116_dauerniederschlaege_2023-2024.html (Stand: 23.01.2024)

Referenzen

5.4 Handlungsfeld Naturschutz und Biodiversität

- DWD (Hrsg., o.J.): Deutscher Klimaatlas des DWD. Online verfügbar unter: https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaatlas/klimaatlas_node.html (Stand: 25.01.2024).
- DWD, Climate Data Center (Hrsg., 2023): Online verfügbar unter: https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/ (Stand: 25.01.2024)
- DWD, NLWKN (Hrsg., 2018): Klimareport Niedersachsen: Fakten bis zur Gegenwart - Erwartungen für die Zukunft. 52 Seiten. Online verfügbar unter: https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimareport_ns/klimareport_ns_download_2018.pdf?__blob=publicationFile&v=3. (Stand: 18.04.2023)
- Eleftheratos, K., Kapsomenakis, J., Zerefos, C.S., Bais, A.F., Fountoulakis, I., Dameris, M., Jöckel, P., Haslerud, A.S., Godin-Beekmann, S., Steinbrecht, W., Petropavlovskikh, I., Brogniez, C., Leblanc, T., Liley, J.B., Querel, R., Swart, D.P.J. (2020): Possible Effects of Greenhouse Gases to Ozone Profiles and DNA Active UV-B Irradiance at Ground Level. *Atmosphere* 11, 228. <https://doi.org/10.3390/atmos11030228>.
- Essl, F.; Rabitsch, W. (Hrsg., 2013): Biodiversität und Klimawandel. Auswirkungen und Handlungsoptionen für den Naturschutz in Mitteleuropa. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- European Environment Agency (2019): Germany - air pollution country fact sheet. Online verfügbar unter: <https://www.eea.europa.eu/themes/air/country-fact-sheets/2022-country-fact-sheets/germany-air-pollution-country>
- Farooq, Z., Sjödin, H., Semenza, J. C., Tozan, Y., Sewe, M. O., Wallin, J., Rocklöv, J. (2023): European projections of West Nile virus transmission under climate change scenarios. *One Health* 16. 100509. <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2023.100509>.
- Fekete, A., Sandholz, S. (2021): Here Comes the Flood, but Not Failure? Lessons to Learn after the Heavy Rain and Pluvial Floods in Germany 2021. *Water* 13, 3016. <https://doi.org/10.3390/w13213016>.
- FGG Weser (Hrsg., 2021): Hochwasserrisikomanagementplan 2021-2027 für die Flussgebietseinheit Weser. Online verfügbar unter: https://aktion-fluss.de/wp-content/uploads/2021/12/03_DVD_Staatsanzeiger_2021/data/Hochwasserrisikomanagementplan_Weser.html (Stand: 05.01.2024)
- Fortems-Cheiney, A., Foret, G., Siour, G., Vautard, R., Szopa, S., Dufour, G., Colette, A., Lacressonniere, G., Beekmann, M. (2017): A 3 °C global RCP8.5 emission trajectory cancels benefits of European emission reductions on air quality. *Nat. Commun.* 8, 89. <https://doi.org/10.1038/s41467-017-00075-9>.
- GEO-NET (2018): Stadtklimaanalyse Braunschweig 2017 - Teil II: Stadtklima 2050 und Vulnerabilitätsanalyse. Stadt Braunschweig (Hrsg.). Online verfügbar unter: https://www.braunschweig.de/leben/umwelt_naturschutz/klima/stadtklima/stadtklima_start.php. (Stand: 17.04.2023)
- Gillner, S.; Bräuning, A.; Roloff, A. (2014): Dendrochronological analysis of urban trees: climatic response and impact of drought on frequently used tree species. In: *Trees* 28 (4), S. 1079–1093. DOI: 10.1007/s00468-014-1019-9.
- Goertzen, D. (2023): EPTs in der Stadt?! Artenvielfalt und Entwicklungstrends in Braunschweig. EPT-Tagung. Bad Bevensen, 2023.
- Goertzen, D.; Schneider, A.-K.; Eggers, T.; Ols Suhling, F. (2022): Temporal changes of biodiversity in urban running waters – Results of a twelve-year monitoring study. In: *Basic and Applied Ecology* 58, S. 74–87. DOI: 10.1016/j.baae.2021.11.007.
- Götzl, M.; Krüess, A.; Essl, F.; Moser, D.; Beierkuhnlein, C.; Herberg, A.; Kube, A. (2013): Was leistet die Biodiversität für die Anpassung der vom Klimawandel betroffenen menschlichen Gesellschaft?: Springer Spektrum Berlin Heidelberg.

Referenzen

5.4 Handlungsfeld Naturschutz und Biodiversität

- Guerreiro, S.B., Dawson, R.J., Kilsby, C., Lewis, E., Ford, A. (2018): Future heat-waves, droughts and floods in 571 European cities. *Environ. Res. Lett.* 13, 34009. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aaaad3>.
- Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH - UFZ (2023): UFZ-Dürremonitor. Online verfügbar unter: <https://www.ufz.de/index.php?de=47252> (Stand: 25.01.2024).
- Helmholtz Zentrum München (2024): Geschlechterforschung bei allergischen Erkrankungen. Online verfügbar unter: <https://www.allergieinformationsdienst.de/forschung/geschlechterforschung> (Stand: 08.03.2024).
- Henninger, S. und Weber, S. (2020): Stadtklima. Ferdinand Schöningh, Paderborn, Deutschland. 260 Seiten.
- Hertig, E. (2019): Gesundheitsrelevante Temperatur-Ozon-Ereignisse am Beispiel Bayern. In: Lozán, J.L., Breckle, S.-W., Graßl, H., Kuttler, W., Matzarakis, A. (Hrsg.). *Warnsignal Klima: Die Städte*, Seiten 133–140.
- Hertig, E., Hunger, I., Kaspar-Ott, I., Matzarakis, A., Niemann, H., Schulte-Droesch, L., Voss, M. (2023): Klimawandel und Public Health in Deutschland – Eine Einführung in den Sachstandsbericht Klimawandel und Gesundheit 2023. *J. Health Monit.* 8, S3. 7-35. <https://doi.org/10.25646/11391>.
- Hertig, E., Russo, A., Trigo, R.M. (2020): Heat and Ozone Pollution Waves in Central and South Europe—Characteristics, Weather Types, and Association with Mortality. *Atmosphere* 11, 1271. <https://doi.org/10.3390/atmos11121271>.
- Hirsch, M.; Böddeker, H.; Albrecht, A.; Saha, S. (2023): Drought tolerance differs between urban tree species but is not affected by the intensity of traffic pollution. In: *Trees* 37 (1), S. 111–131. DOI: 10.1007/s00468-022-02294-0.
- Höflich, C. (2018): Pollen-assoziierte allergische Erkrankungen in Zeiten des Klimawandels – Neue Daten zur Entwicklung in Deutschland. *UMID: Umwelt und Mensch - Informationsdienst*, 5–14.
- Huber, V., Krummenauer, L., Peña-Ortiz, C., Lange, S., Gasparrini, A., Vicedo-Cabrera, A.M., Garcia-Herrera, R., Frieler, K. (2020): Temperature-related excess mortality in German cities at 2 °C and higher degrees of global warming. *Environ. Res.* 186, 109447. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109447>.
- Imholt, C., Reil, D., Eccard, J. A., Jacob, D., Hempelmann, N., Jacob, J (2015): Quantifying the past and future impact of climate on outbreak patterns of bank voles (*Myodes glareolus*). *Pest Manag. Sci.* 71. 166-172. <https://doi.org/10.1002/ps.3838>.
- IPCC (2018): Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. Online unter: <https://www.ipcc.ch/sr15/> (Stand: 05.01.2024)
- IPCC (2021): Klimawandel 2021 - Naturwissenschaftliche Grundlagen - Zusammenfassung für die politische Entscheidungsfindung. Beitrag der Arbeitsgruppe I zum Sechsten Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC). Online verfügbar unter: https://www.de-ipcc.de/media/content/AR6-WGI-SPM_deutsch_barrierefrei.pdf (Stand: 05.01.2024)
- IPCC (2022): Klimawandel 2022 - Folgen, Anpassung und Verwundbarkeit - Zusammenfassung für die politische Entscheidungsfindung. Beitrag der Arbeitsgruppe II zum sechsten Sachstandsbe-

- richt des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC). Online verfügbar unter: https://www.de-ipcc.de/media/content/AR6-WGII-SPM_deutsch_barrierefrei.pdf (Stand: 05.01.2024)
- IPCC (2023): Synthesebericht zum Sechsten IPCC-Sachstandsbericht (AR6). Hauptaussagen aus der Zusammenfassung für die politische Entscheidungsfindung. Online verfügbar unter: https://www.de-ipcc.de/media/content/Hauptaussagen_AR6-SYR.pdf (Stand: 05.01.2024)
- Jahn, S., Hertig, E. (2021): Modeling and projecting health-relevant combined ozone and temperature events in present and future Central European climate. *Air Qual. Atmos. Health.* 14, 563–580. <https://doi.org/10.1007/s11869-020-00961-0>.
- Kahlenborn, W., Linsenmeier, M., Porst, L., Voß, M., Dorsch, L., Lacombe, S., Huber, B., Zebisch, M., Bock, A., Klemm, J., Crespi, A., Renner, K., Wolf, M., Schönthaler, K., Lutz, C., Becker, L., Ulrich, P., Distelkam, M., Behmer, J., Walter, A., Leps, N., Wehring, S., Nilson, E., Jochumsen, K. (2021): Klimawirkungs- und Risikoanalyse 2021 für Deutschland. Teilbericht 1: Grundlagen. Umweltbundesamt (UBA), Dessau-Roßlau.
- Kaufmann, W. (2010): Invasive Arten in der Naturschutzpraxis. Hannover. Online verfügbar unter: <https://www.nlwkn.niedersachsen.de/download/54127>, (Stand: 14.06.2023)
- Koch, L. K., Cunze, S., Werblow, A., Kochmann, J., Dörge, D. D., Mehlhorn, H., Klimpel, S. (2016): Modeling the habitat suitability for the arbovirus vector *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in Germany. *Parasitol. Res.* 155. 957-964. <https://doi.org/10.1007/s00436-015-4822-3>.
- Kong, J., Zhao, Y., Carmeliet, J., Lei, C. (2021): Urban Heat Island and Its Interaction with Heatwaves: A Review of Studies on Mesoscale. *Sustainability* 13, 10923. <https://doi.org/10.3390/su131910923>.
- Krebs, R., M. Egli, R. Schulin, S. Tobias (2017): Bodenschutz in der Praxis. Haupt Verlag, 360 Seiten.
- Kuttler, W. und Weber, S. (2023): Characteristics and phenomena of the urban climate. *Meteorol. Z.* (akzeptiert). <https://doi.org/10.1127/metz/2023/1153>.
- Lange, F.-M., H. Mohr, A. Lehmann, J. Haaf, K. Stahr (2017): Bodenmanagement in der Praxis. Springer Vieweg, 434 Seiten.
- LBEG (2023): LBEG veröffentlicht Zeitreihenanalyse der Grundwasserneubildung: Trockenperiode beeinflusst vor allem zentrale Landesteile. Online verfügbar unter <https://www.lbeg.niedersachsen.de/aktuelles/pressemitteilungen/lbeg-veroeffentlicht-zeitreihenanalysen-der-grundwasserneubildung-trockenperiode-beeinflusst-vor-allem-zentrale-landesteile-222373.html> (Stand: 14.06.2023)
- Lengfeld, K., Walawender, E., Winterrath, T., Becker, A. (2021): CatRaRE: A Catalogue of radar-based heavy rainfall events in Germany derived from 20 years of data. *Meteorol. Z.* 30, 469–487. <https://doi.org/10.1127/metz/2021/1088>.
- Lepczyk, C. A.; Aronson, M. F. J.; Evans, K. L.; Goddard, M. A.; Lerman, S. B.; MacIvor, J. S. (2017): Biodiversity in the City: Fundamental Questions for Understanding the Ecology of Urban Green Spaces for Biodiversity Conservation. In: *BioScience* 67 (9), S. 799–807. DOI: 10.1093/biosci/bix079.
- Matzarakis, A. (2022): Communication Aspects about Heat in an Era of Global Warming—The Lessons Learnt by Germany and Beyond. *Atmosphere* 13, 226. <https://doi.org/10.3390/atmos13020226>.
- Matzarakis, A., Amelung, B. (2008): Physiological Equivalent Temperature as Indicator for Impacts of Climate Change on Thermal Comfort of Humans. In: Thomson, M.C., Garcia-Herrera, R., Beniston, M. (Eds.) *Seasonal Forecasts, Climatic Change and Human Health*. Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 161–172.

- Moser-Reischl, A.; Rahman, M. A.; Pauleit, S.; Pretzsch, H.; Rötzer, T. (2019): Growth patterns and effects of urban micro-climate on two physiologically contrasting urban tree species. In: *Landscape and Urban Planning* 183, S. 88–99. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2018.11.004.
- MU (2022b): Wasserversorgungskonzept Niedersachsen. Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz (Hrsg.)
- MU (Hrsg., 2019): Klimawirkungsstudie Niedersachsen. Wissenschaftlicher Hintergrundbericht. Online verfügbar unter: <https://www.umwelt.niedersachsen.de/themen/klima/klimawirkungsstudie-niedersachsen--176873.html> (Stand: 05.01.2024)
- MU (Hrsg., 2022a): Niedersächsische Strategie zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels 2021. Online verfügbar unter: <https://www.umwelt.niedersachsen.de/startseite/themen/klima/Klimaanpassung/klimaanpassung-in-niedersachsen-199341.html> (Stand: 17.05.2023).
- MU (Hrsg., 2023): Umweltkarten des NIKLIS. Online verfügbar unter: <https://www.umweltkarten-niedersachsen.de/niklis/> (Stand: 25.01.2024).
- MU (Hrsg., o.J.): Lufthygienische Überwachung Niedersachsen. Online verfügbar unter: https://www.umwelt.niedersachsen.de/startseite/themen/luftqualitat/lufthygienische_uberwachung_niedersachsen/lufthygienische-ueberwachung-niedersachsen-9107.html (Stand: 26.01.2024)
- MU und Regierungskommission Klimaschutz (2012): Empfehlung für die niedersächsische Strategie zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels. Online verfügbar unter: https://www.umwelt.niedersachsen.de/themen/klima/klimawandel_anpassung/anpassung_an_den_klimawandel/anpassung-an-den-klimawandel-134410.html (Stand: 29.08.2019).
- Mues, A., Manders, A., Schaap, M., Kerschbaumer, A., Stern, R., Bultjes, P. (2012): Impact of the extreme meteorological conditions during the summer 2003 in Europe on particulate matter concentrations. *Atmos. Environ.* 55, 377–391. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.03.002>.
- Naturkapital Deutschland - TEEB DE (2016): Ökosystemleistungen in der Stadt. Gesundheit schützen und Lebensqualität erhöhen. Leipzig, Berlin: Naturkapital Deutschland - TEEB DE.
- NDR (2023): Wegen Trockenheit: Diese Landkreise schränken Wassernutzung ein (Hallo Niedersachsen). Norddeutscher Rundfunk, 14.06.2023. Online verfügbar unter: <https://www.ndr.de/nachrichten/niedersachsen/Wegen-Trockenheit-Diese-Landkreise-schraenken-Wassernutzung-ein,trockenheit548.html> (Stand: 14.06.2023)
- Neale, R.E., Barnes, P.W., Robson, T.M., Neale, P.J., Williamson, C.E., Zepp, R.G., Wilson, S.R., Madronich, S., Andrady, A.L., Heikkilä, A.M., Bernhard, G.H., Bais, A.F., Aucamp, P.J., Banaszak, A.T., Bornman, J.F., Bruckman, L.S., Byrne, S.N., Foereid, B., Häder, D.-P., Hollestein, L.M., Hou, W.-C., Hylander, S., Jansen, M.A.K., Klekociuk, A.R., Liley, J.B., Longstreth, J., Lucas, R.M., Martinez-Abaigar, J., McNeill, K., Olsen, C.M., Pandey, K.K., Rhodes, L.E., Robinson, S.A., Rose, K.C., Schikowski, T., Solomon, K.R., Sulzberger, B., Ukpebor, J.E., Wang, Q.-W., Wängberg, S.-Å., White, C.C., Yazar, S., Young, A.R., Young, P.J., Zhu, L., Zhu, M. (2021): Environmental effects of stratospheric ozone depletion, UV radiation, and interactions with climate change: UNEP Environmental Effects Assessment Panel, Update 2020. *Photochem. Photobiol. Sci.* 20, 1–67. <https://doi.org/10.1007/s43630-020-00001-x>.
- NLWKN (2017): Globaler Klimawandel - Wasserwirtschaftliche Folgenabschätzung für das Binnenland, Gesamtbericht des Projektes KliBiW, Themenbereich Hochwasser. Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (Hrsg.). In: *Oberirdische Gewässer Band 41*. Online verfügbar unter: https://www.nlwkn.niedersachsen.de/startseite/wasserwirtschaft/klimawandel/projekt_klibiw/das-projekt-klibiw-104191.html (Stand: 05.01.2024)

Referenzen

5.4 Handlungsfeld Naturschutz und Biodiversität

- NLWKN (Hrsg., 2019a): Der Klimawandel und seine Folgen für die Wasserwirtschaft im niedersächsischen Binnenland. Erkenntnisse aus dem Projekt KliBiW (im Bereich Niedrigwasser). In: Informationsdienst Gewässerkunde | Flussgebietsmanagement 2: Seite 1-12.
- NLWKN (Hrsg., 2019b): Globaler Klimawandel. Wasserwirtschaftliche Folgenabschätzung für das Binnenland, Gesamtbericht des Projektes KliBiW, Themenbereich Niedrigwasser. In: Oberirdische Gewässer Band 42. Online verfügbar unter: https://www.nlwkn.niedersachsen.de/startseite/wasserwirtschaft/klimawandel/projekt_klibiw/das-projekt-klibiw-104191.html (Stand 05.01.2024)
- Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (Hrsg., 2022): Waldzustandsbericht 2022 für Niedersachsen. Online verfügbar unter: <https://www.nw-fva.de/wir/aktuelles/wzb-2022-ni> (Stand: 11.08.2023)
- Osborne, S. P., Radnor, Z., Strokosch, K. (2016). Co-Production and the Co-Creation of Value in Public Services: A suitable case for treatment? *Public Management Review*, 18(5): 639-653.
- Pascal, M., Wagner, V., Alari, A., Corso, M., Le Tertre, A. (2021): Extreme heat and acute air pollution episodes: A need for joint public health warnings? *Atmos. Environ.* 249, 118249. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2021.118249>.
- Percival, G.C.; Keary, I. P.; AL-Habsi, S. (2006): An assessment of the drought tolerance of *Fraxinus* genotypes for urban landscape plantings. In: *Urban Forestry & Urban Greening* 5 (1), S. 17–27. DOI: 10.1016/j.ufug.2006.03.002.
- Perry, L. G., Reynolds, L. V., Beechie, T. J., Collins, M. J., & Shafroth, P. B. (2015): Incorporating climate change projections into riparian restoration planning and design. In: *Ecohydrology*, 8(5), 863-879.
- Rahman, M. A.; Moser, A.; Rötzer, T.; Pauleit, S. (2019): Comparing the transpirational and shading effects of two contrasting urban tree species. In: *Urban Ecosyst* 22 (4), S. 683–697. DOI: 10.1007/s11252-019-00853-x.
- Rehfeldt, G.; Wilke-Jäkel, N.; Löder, V.; Werner, A. (2008): Pflanzen- und Tierartenschutzkonzept Stadt Braunschweig. Hg. v. Stadt Braunschweig, Fachbereich Stadtplanung und Umweltschutz, Abteilung Umweltschutz. Braunschweig. Online verfügbar unter: https://www.braunschweig.de/leben/umwelt_naturschutz/natur/pdf_natur/Artenschutzkonzept_Braunschweig25112008.pdf (Stand: 12.06.2023)
- Ren, C., Ng, E.Y., Katzschner, L. (2011): Urban climatic map studies: a review. *Int. J. Climatol.* 31, 2213–2233. <https://doi.org/10.1002/joc.2237>.
- RGB (2019): Regionale Klimaanalyse für den Großraum Braunschweig (REKLIBS). Kurzbericht. Online verfügbar unter: <https://www.regionalverband-braunschweig.de/reklibs/> (Stand: 05.01.2024)
- RGB (Hrsg., 2019): Regionale Klimaanalyse für den Großraum Braunschweig (REKLIBS): Abschlussbericht. 192 Seiten. Online verfügbar unter: <https://www.regionalverband-braunschweig.de/reklibs/>. (Stand: 17.04.2023)
- Richter, D., Schneider, A.-K., Schibalski, A., Dahlkamp, A., Schröder, B. (2023): Features in and around residential gardens affecting the presence and abundance of questing *Ixodes ricinus* ticks. In: *Infect. Ecol. Epidemiology* 13, 1, 2207878. <https://doi.org/10.1080/20008686.2023.2207878>.
- Ritz, B., Hoffmann, B., Peters, A. (2019): The Effects of Fine Dust, Ozone, and Nitrogen Dioxide on Health. *Deutsches Ärzteblatt International* 51-52, 881–886. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2019.0881>.
- RKI (2010): Klimawandel und Gesundheit. Ein Sachstandsbericht. Online verfügbar unter: www.rki.de/klimabericht (Stand: 24.01.2020).

- RKI (Hrsg., 2023a): Journal of Health Monitoring - Auswirkungen des Klimawandels auf nicht-übertragbare Erkrankungen und die psychische Gesundheit - Teil 2 des Sachstandberichts Klimawandel und Gesundheit 2023. Online verfügbar unter: https://www.rki.de/DE/Content/Gesundheitsmonitoring/Gesundheitsberichterstattung/GBEDownloadsJ/JHealthMonit_2023_S4_Sachstandsbericht_Klimawandel_Gesundheit_Teil2.pdf?__blob=publicationFile (zuletzt geprüft am: 20.11.2023).
- RKI (Hrsg., 2023b): Saison stechmückenübertragener Krankheitserreger beginnt. Unter Mitarbeit von Jamela Seedat, Maren Winkler und Heide Monning. Hg. v. Robert Koch-Institut. Robert Koch-Institut. Berlin (Epidemiologisches Bulletin. Aktuelle Daten und Informationen zu Infektionskrankheiten und Public Health, 22). Online verfügbar unter: https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Archiv/2023/Ausgaben/22_23.pdf?__blob=publicationFile (Stand:30.06.2023)
- RKI (Hrsg., 2023c): FSME-Risikogebiete in Deutschland. Unter Mitarbeit von Jamela Seedat, Maren Winkler und Heide Monning. Hg. v. Robert Koch-Institut. Robert Koch-Institut. Berlin (Epidemiologisches Bulletin. Aktuelle Daten und Informationen zu Infektionskrankheiten und Public Health, 9). Online verfügbar unter: https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Archiv/2023/Ausgaben/09_23.pdf?__blob=publicationFile (Stand: 15.06.2023)
- Rötzer, T.; Moser-Reischl, A.; Rahman, M. A.; Hartmann, C.; Paeth, H.; Pauleit, S.; Pretzsch, H. (2021): Urban tree growth and ecosystem services under extreme drought. In: *Agricultural and Forest Meteorology* 308-309, S. 108532. DOI: 10.1016/j.agrformet.2021.108532.
- Rousi, E., Selten, F., Rahmstorf, S., Coumou, D. (2021): Changes in North Atlantic Atmospheric Circulation in a Warmer Climate Favor Winter Flooding and Summer Drought over Europe. *J. Climate* 34, 2277–2295. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-20-0311.1>.
- Sandholz, S., Sett, D., Greco, A., Wannewitz, M., Garschagen, M. (2021): Rethinking urban heat stress: Assessing risk and adaptation options across socioeconomic groups in Bonn, Germany. *Urban Clim.* 37, 100857. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100857>.
- Schröter, K., Kunz, M., Elmer, F., Mühr, B., Merz, B. (2015): What made the June 2013 flood in Germany an exceptional event? A hydro-meteorological evaluation. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 19, 309–327. <https://doi.org/10.5194/hess-19-309-2015>.
- Shiple, J. Ryan; Twining, Cornelia W.; Mathieu-Resuge, Margaux; Parmar, Tarn Preet; Kainz, Martin; Martin-Creuzburg, Dominik et al. (2022): Climate change shifts the timing of nutritional flux from aquatic insects. In: *Current Biology* 32 (6), 1342-1349.e3. DOI: 10.1016/j.cub.2022.01.057.
- Singh, A.B., Kumar, P. (2022): Climate change and allergic diseases: An overview. *Front. Allergy* 3, 964987. <https://doi.org/10.3389/falgy.2022.964987>.
- Slominski, A. H.; Burkle, L. A. (2021): Asynchrony between solitary bee emergence and flower availability reduces flower visitation rate and may affect offspring size. In: *Basic and Applied Ecology* 56, S. 345–357. DOI: 10.1016/j.baae.2021.08.003.
- Smith, P.J., Pappenberger, F., Wetterhall, F., Del Thielen Pozo, J., Krzeminski, B., Salamon, P., Muraro, D., Kalas, M., Baugh, C. (2016): On the Operational Implementation of the European Flood Awareness System (EFAS). In: Adams, T.E., Pagano, T.C. (Eds.) *Flood Forecasting*. Elsevier, 313–348.
- Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH (o.J.): Online-Lexika. Online verfügbar unter: <https://www.spektrum.de/lexikon/> (Stand: 27.02.2024)

Referenzen

5.4 Handlungsfeld Naturschutz und Biodiversität

- Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim (Hrsg., 2023): Luftqualitätsüberwachung in Niedersachsen – Jahresbericht 2022 – Kurzfassung. Online verfügbar unter: https://www.umwelt.niedersachsen.de/startseite/themen/luftqualitat/luftthygienische_uberwachung_niedersachsen/berichte/jahresberichte/bewertung-der-luftqualitaet-2018-9127.html. (Stand: 19.06.2023)
- Stadt Braunschweig (2019a): Leitlinie klimagerecht Bauleitplanung. Online verfügbar unter: <https://ratsinfo.braunschweig.de/bi/vo020.asp?VOLFDNR=1012415#searchword> (Stand: 16.05.2023).
- Stadt Braunschweig (2019b): Hochwasserschutzkonzept für die Stadt Braunschweig. Online unter https://www.braunschweig.de/leben/umwelt_naturschutz/wasser/hws_startseite.php (Stand: 05.01.2024)
- Stadt Braunschweig (2021): Biodiversität in der Stadt Braunschweig. Ein Maßnahmenkonzept. Stadt Braunschweig, Fachbereich Umwelt. Braunschweig.
- Stadt Braunschweig (2022): Altersstrukturen in der Stadt Braunschweig 2022. In: Stadtforschung aktuell Stadtentwicklung - Stadtforschung - Statistiken - Wahlen. Online verfügbar unter: https://www.braunschweig.de/politik_verwaltung/fb_institutionen/fachbereiche_referate/fb01/ref0120/stadtforschung/Infoline_StaFo_BS_2023-03_Altersstruktur_2022.pdf (Stand: 22.11.2023).
- Stadt Braunschweig (2022a): Hantavirus-Erkrankung. Gesundheitsdienst Stadt Braunschweig. Online verfügbar unter: <https://www.braunschweig.de/leben/gesundheit/gesundheitsdienst/gesundheitschutz/hanta.php> (Stand: 15.06.2023)
- Stadt Braunschweig (2022b): Natur- und Landschaftsschutz. Hg. v. Stadt Braunschweig. Stadt Braunschweig, Fachbereich Umwelt, Untere Naturschutzbehörde Braunschweig. Braunschweig. Online verfügbar unter: https://www.braunschweig.de/leben/umwelt_naturschutz/natur/natur_landschaft_start.php (Stand: 14.06.2023)
- Stadt Braunschweig (2023): Starkregenanalyse. Online verfügbar unter: https://www.braunschweig.de/leben/umwelt_naturschutz/klima/klimawandelanpassung/starkregen/starkregenanalyse.php (Stand: 24.07.2023)
- Stadt Braunschweig – Fachbereich Stadtgrün (2024): Schriftliche Mitteilung durch Fachbereich Stadtgrün – Sonderaufgaben.
- Stadt Braunschweig und HGN Beratungsgesellschaft mbH (2021): Analyse der Starkregengefährdung - Klimawandelanpassung in Braunschweig.
- Stadt Jena (2016): Bäume in Jena. Stadt- und Straßenbäume im Klimawandel. Stadtbaumkonzept. Jena.
- Stratópoulos, L. M. F.; Duthweiler, S.; Häberle, K.-H.; Pauleit, S. (2018): Effect of native habitat on the cooling ability of six nursery-grown tree species and cultivars for future roadside plantings. In: *Urban Forestry & Urban Greening* 30, S. 37–45. DOI: 10.1016/j.ufug.2018.01.011.
- Strohbach, M. & Pietruschka, T. (2023): Baumüberschirmung 2019 und Veränderung seit 2011 - Unveröffentlichter Endbericht. Im Auftrag von: Stadt Braunschweig - Fachbereich Stadtgrün.
- Sulikowska, A., Wypych, A. (2020): Summer temperature extremes in Europe: how does the definition affect the results? *Theor Appl Climatol* 141, 19–30. <https://doi.org/10.1007/s00704-020-03166-8>.
- Sulikowska, A., Wypych, A. (2021): Seasonal Variability of Trends in Regional Hot and Warm Temperature Extremes in Europe. *Atmosphere*. 12, 612. <https://doi.org/10.3390/atmos12050612>.
- Süss, J. (2005): Zunehmende Verbreitung der Frühsommer-Meningoenzephalitis in Europa. In: *Deutsche medizinische Wochenschrift* (1946) 130 (22), S. 1397–1400. DOI: 10.1055/s-2005-868741.

Referenzen

5.4 Handlungsfeld Naturschutz und Biodiversität

- UBA (2017): Die Stadt für Morgen. Umweltschonend mobil - lärmarm - grün - kompakt - durchmischt. Online verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/421/publikationen/20170505_stadt_von_morgen_2_auflage_web.pdf (Stand: 13.04.2023).
- UBA (2021): Klimawirkungs- und Risikoanalyse 2021 für Deutschland – Teilbericht 5: Risiken und Anpassung in den Clustern Wirtschaft und Gesundheit. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/KWRA-Teil-5-Wirtschaft-Gesundheit>. (Stand: 13.06.2023)
- UBA (2022a): Anpassung auf kommunaler Ebene. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/anpassung-an-den-klimawandel/anpassung-auf-kommunaler-ebene> (Stand: 20.04.2023).
- UBA (2022b): Dreifache Innenentwicklung – Definition, Aufgaben und Chancen für eine umweltorientierte Stadtentwicklung. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/dreifache-innenentwicklung> (Stand: 17.04.2023).
- UBA (Hrsg., 2022c): Klimarisikoanalysen auf kommunaler Ebene. Handlungsempfehlungen zur Umsetzung der ISO 14091. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/klimarisikoanalysen-auf-kommunaler-ebene> (Stand: 22.11.2023)
- UBA (2023): Luftqualität 2022 – Vorläufige Auswertung. Online verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/2023_uba_hgp_luftqualitaet_dt_neu_bf.pdf. (Stand: 13.06.2023)
- UNB Braunschweig (2023): Mündliche Mitteilung Theresa Bode, Mitarbeiterin Öffentlichkeitsarbeit und Naturschutzprojekte, 23.05.2023.
- Ward, K., Lauf, S., Kleinschmit, B., Endlicher, W. (2016): Heat waves and urban heat islands in Europe: A review of relevant drivers. *Sci. Tot. Environ.* 569-570, 527–539. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.119>.
- WHO (2020): Personal interventions and risk communication on air pollution: Online verfügbar unter: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240000278>. (Stand: 13.06.2023)
- WHO (2021): WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Online verfügbar unter: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>. (Stand: 13.06.2023)
- Winklmayr, C., Matthies-Wiseler, F., Muthers, S., Buchien, S., Kuch, B., an der Heiden, M., Mücke, H.G. (2023): Hitze in Deutschland: gesundheitliche Risiken und Maßnahmen zur Prävention. In: RKI - Robert Koch Institut, Hrsg., 2023: *Journal of Health Monitoring*. Auswirkungen des Klimawandels auf nicht-übertragbare Erkrankungen und die psychische Gesundheit - Teil 2 des Sachstandsberichts Klimawandel und Gesundheit 2023, S. 3-34. Online verfügbar unter: https://www.rki.de/DE/Content/Gesundheitsmonitoring/Gesundheitsberichterstattung/GBE-Downloads/JHealthMonit_2023_S4_Sachstandsbericht_Klimawandel_Gesundheit_Teil2.pdf?__blob=publicationFile (Stand: 28.02.2024)
- Winklmayr, C., Muthers, S., Niemann, H., Mücke, H.-G., Heiden, M.A.d. (2022): Heat-Related Mortality in Germany From 1992 to 2021. *Deutsches Ärzteblatt International* 119, 451–457. <https://doi.org/10.3238/arztebl.m2022.0202>.
- Wischott, V., Leuchner, M. (2021): Starkregenereignisse und ihre Auswirkungen auf das Einsatzgeschehen der Feuerwehr – Das Fallbeispiel Wuppertal. *Standort* 45, 286–293. <https://doi.org/10.1007/s00548-021-00759-x>.
- Wittig, R.; Niekisch, M. (2014): *Biodiversität: Grundlagen, Gefährdung, Schutz*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- WV-WL (Hrsg., 2021): *Hochwasserschutzkonzept für die Hochwasserpartnerschaft Schunter - Wabe*.

Referenzen

5.4 Handlungsfeld Naturschutz und Biodiversität

Zentrale Beratungsstelle Niedersachsen (2023): Erhebung 2022 / 2023 - Wohnungslose Personen in Braunschweig. Online verfügbar unter: <https://www.zbs-niedersachsen.de/download/1626/?tmstv=1707119818> (Stand: 05.02.2024)

Zhang; Stratopoulos; Pretzsch; Rötzer (2019): How Do Tilia Cordata Greenspire Trees Cope with Drought Stress Regarding Their Biomass Allocation and Ecosystem Services? In: Forests 10 (8), S. 676. DOI: 10.3390/f10080676.

Anhang I: Ergebnisse Umfrage Klimafolgen

Auswertung der Online-Umfrage zu Klimafolgen und Betroffenheit von Bürgerinnen und Bürgern in der Stadt Braunschweig



Inhalt

1. Zusammenfassung.....	1
2. Befragungsmethodik und Rahmenbedingungen.....	2
3. Auswertung der Ergebnisse.....	4
3.1 Demographische Angaben	4
3.2 Wahrnehmung Extremereignisse	7
3.3 Klimafolgenanpassung und Dringlichkeit	8
3.4 Betroffenheiten (Gesundheit, Umfeld, Aktivitäten).....	9
3.5 Information in Bezug auf Klimaanpassung	13
3.6 Vision Klimaangepasstes Braunschweig 2040.....	15
Anhang 1: Pressemitteilung zur Online-Umfrage.....	17
Anhang 2: Fragebogen	18

1. Zusammenfassung

Im Zuge des Projektes „Co-Adapted Braunschweig“ zur Anpassung der Stadt an die Folgen des Klimawandels wurde die Braunschweiger Stadtgesellschaft im Juni/Juli 2023 in einer Online-Umfrage als Expertinnen und Experten ihrer Stadt danach gefragt, welche Folgen des Klimawandels sie konkret in Braunschweig wahrnehmen, von welchen Folgen sie sich direkt oder indirekt betroffen sehen und welche Vision sie für ein klimaangepasstes Braunschweig skizzieren. Die Umfrage hatte zum Ziel die dringlichsten Handlungsbereiche in Braunschweig auch aus Sicht der Bevölkerung zu identifizieren. Ein besonderer Dank gilt den 1228 Menschen der Braunschweiger Bevölkerung (s. 3.1), die mit ihrer Teilnahme als Experten und Expertinnen vor Ort einen wertvollen Beitrag auf dem Weg zur Braunschweiger Klimaanpassungsstrategie geleistet haben.

Durch die hohe Beteiligung konnte auch ein Beitrag zur Sensibilisierung der Stadtbevölkerung für Themen der Klimaanpassung geleistet werden. Über 3000 genannte Ideen und Vorstellungen für ein klimaangepasstes Braunschweig im Jahr 2040 (vgl. Kap. 3.6) zeigen die Vielfalt der Anpassungsmöglichkeiten sowie den potenziellen Zugewinn an Lebensqualität in der Stadt z.B. durch Stadtgrün, Mobilitätswende, Flächenentsiegelung, Wassermengenmanagement oder Hitze- bzw. Kühlungskonzepte auf (vgl. Kap. 3.6).

Die Umsetzung entsprechender Maßnahmen zur Anpassung wird angesichts des fortschreitenden Klimawandels und der damit einhergehenden Zunahme von Extremwetterereignissen zunehmend dringlich. Dies zeigen auch die Umfrageergebnisse. Vier von fünf Befragten halten Klimaanpassung für extrem dringlich oder ziemlich dringlich (vgl. Kap. 3.3) und nehmen bereits heute in Braunschweig die Folgen von extremen Wetterereignissen oder anderen negativen Klimawandelfolgen wahr. Am häufigsten wurden Wetterextreme wie Starkregen (89 %) und Hitzeperioden (79 %) wahrgenommen und benannt (vgl. Kap. 3.2). Mehr als zwei Drittel der teilnehmenden Befragten fühlen sich stark betroffen bzw. betroffen durch die Folgen des Klimawandels (vgl. Kap. 3.4).



Die Beeinträchtigung des körperlichen Wohlbefindens und der Leistungsfähigkeit durch Hitzewellen sowie die durch Extremwetter entstehenden Einschränkungen im Freizeitverhalten betreffen jeweils ca. zwei Drittel der Befragten. 72 % fühlen sich dahingehend betroffen, dass Pflanzen und Tiere in ihrem Wohnumfeld, ihrer Wahrnehmung nach, unter den veränderten Klimabedingungen leiden. Im Hinblick auf Schäden an Eigentum durch Klimafolgen, Einschränkungen in der Mobilität oder steigende Sorgeverantwortung benennen jeweils gut 40 % der Teilnehmenden eine Betroffenheit (vgl. Kap. 3.4).

38 % der Befragten fühlen sich in Bezug auf Themen der Klimaanpassung gar nicht oder nur etwas informiert. Dies zeigt den bestehenden Bedarf an Informationsangeboten. Ein Großteil der Befragten kann sich vorstellen, auf verschiedenste Weise für Klimaanpassung in der Stadt aktiv zu werden (vgl. Kap. 3.5). In den kommenden Jahren 2024/25 wird es im Rahmen des Projektes Co-Adapted Braunschweig dazu mehrfach Gelegenheiten geben.

Die Ergebnisse der Online-Umfrage zu Klimafolgen und Betroffenheit der Bürgerinnen und Bürger in der Stadt Braunschweig leisten einen wichtigen Beitrag, um notwendige Schritte in Richtung einer auf die Folgen des Klimawandels vorbereiteten Stadt zu gehen. Die gelungene, frühzeitige Beteiligung stimmt außerdem optimistisch, viele Unterstützende für die anstehende Maßnahmenumsetzung zu gewinnen. Das Wissen über die Auswirkungen der Klimafolgen auf die Braunschweiger Stadtbevölkerung sowie viele der Ideen werden in den Maßnahmenprozess zur Aufstellung einer städtischen Klimaanpassungsstrategie mit einfließen, um die Stadt Braunschweig langfristig klimaresilient aufzustellen und als lebenswerten und zukunftsfähigen Ort zu erhalten. Viele der genannten Themen und Maßnahmenvorschläge werden sich in den angedachten Maßnahmen wiederfinden.

2. Befragungsmethodik und Rahmenbedingungen

Die vorliegende Online-Befragung entspricht forschungsmethodisch einer qualitativen Querschnittstudie, die mittels standardisierter, zumeist geschlossener Frageitems explorativ ermitteln will, welche klimawandelbedingten Folgen Bürger:innen in der Stadt Braunschweig wahrnehmen und wie sie sich davon betroffen fühlen. Die Befragung wurde einmalig auf Initiative des Kooperationsprojekts „Co-Adapted Braunschweig“ (COABS) durchgeführt. Die Zielsetzung war v.a. eine möglichst große Anzahl Bürgerinnen und Bürger auf das Thema Klimafolgenanpassung aufmerksam zu machen und lokale oder individuelle Betroffenheitserfahrungen abzufragen. Ebenso sollten Befragungsteilnehmende auf die Möglichkeit aufmerksam gemacht werden, sich aktiv in das COABS-Projekt einzubringen und wurden nach Abschluss des Fragebogens eingeladen sich für einen Projekt-Newsletter einzutragen.

Entsprechend dieser vielschichtigen Zielstellungen erheben die vorliegende Online-Befragung bzw. die erreichten Umfrageergebnisse ausdrücklich keinen Anspruch auf Repräsentativität oder forschungsmethodischen Perfektionismus. Dies drückt sich auch im gewählten Methodenansatz und der pragmatischen Ergebnisauswertung aus. Die vorliegende Auswertung beschränkt sich zunächst auf eine Zusammenfassung der wichtigsten Resultate, die einen Gesamteindruck über den bestehenden Sensibilisierungsgrad und die individuelle Betroffenheit der Braunschweiger Bürger:innen geben. Nichtsdestotrotz bietet diese erste explorative Analyse zur Wahrnehmung von Klimafolgen und lokaler Betroffenheit eine gute Grundlage und vielfältige Anknüpfungspunkte für zahlreiche weitere Fragestellungen im Themenkomplex der Klimaanpassung.

Im Zeitraum vom 29. Juni bis zum 16. Juli 2023 konnten Interessierte über <https://limesurvey.rz.tu-bs.de/745664?lang=de> anonym an der Online-Umfrage teilnehmen. Die Fragen (Items) der Umfrage wurden durch ein Team aus Mitarbeitenden der Stadtverwaltung (Fachbereich Umwelt) und Technischer Universität (Institut für Geoökologie, beraten durch Madita Olvermann, Abt. Arbeits-, Organisations- und Sozialpsychologie des Instituts für Psychologie) ausgearbeitet. Allen Beteiligten sei an dieser Stelle ganz herzlich gedankt! Der Fragebogen wurde mit Hilfe der Software LimeSurvey erstellt und ausgewertet. Alle erhobenen Daten sind vollständig anonymisiert und können nicht auf die teilnehmenden Personen zurückgeführt werden. Die Verknüpfung der abhängigen Antwortvariablen (Alter, Wohnort, Geschlecht, usw.) werden mit dem Antwortverhalten zu den Fragen der Klimaanpassung (unab-

hängige Variablen) ausschließlich mittels einer eindeutigen Fall-ID verknüpft. Der vollständige Fragebogenbau mit den einzelnen Frage-Items, Antwortskalen sowie Datenschutzbestimmungen kann im Anhang II dieses Dokumentes eingesehen werden.

Um möglichst viele Menschen der Stadtgesellschaft aus unterschiedlichen Bereichen zu erreichen, wurden zur Bewerbung der Umfrage mehrere Kommunikationskanäle genutzt:

- 1) Über eine Pressemitteilung (s. Anhang 1) wurde in lokalen Printmedien zur Teilnahme aufgerufen. Neben der städtischen Zeitung griffen mehrere Online-Portale die Meldung auf und verbreiteten sie.
- 2) Zusätzlich wurde die Umfrage auf den städtischen Social-Media Kanälen beworben (s. Abb. 1).
- 3) Ebenso wurde auf den Webseiten von der Stadt und der Technischen Universität zur Teilnahme aufgerufen.



Abbildung 1: Social-Media Post zur Online-Umfrage auf den Kanälen der Stadt Braunschweig

Informationen zur Gruppe der Teilnehmenden (teilnehmende Stichprobe) sind unter „3.1 Demographische Angaben“ zu finden.

Ausdrücklich erwähnt werden sollten die vorherrschenden Wetterbedingungen als Randbedingung der Umfrage, da davon auszugehen ist, dass diese Wetterbedingungen Einfluss auf die Anzahl der Teilnehmenden sowie auf das Antwortverhalten genommen haben. Zu nennen sind zum einen das im Vorfeld der Umfrage in großen Teilen der Stadt aufgetretene extreme Starkregenereignis vom 22.06.2023. Zum anderen sind die hohen Lufttemperaturen vor und während der Umfrage bemerkenswert: Die maximale durchschnittliche tägliche Lufttemperatur an der Wetterstation Braunschweig-Völkenrode lag im zeitlichen Umfeld der Umfrage (vom 01. Juni bis 16. Juli) bei 26,1 °C. In diesem Zeitraum gab es 20 Sommertage mit Temperaturen über 25 °C und 4 heiße Tage mit Temperaturen über 30°C (DWD 2023).

Perspektivisch wären in Bezug auf die Auswertung der Umfrageergebnisse verschiedene weiterführende Fragestellungen spannend, z.B. eine Analyse des Antwortverhaltens nach Wohnort der Beteiligten, sodass Rückschlüsse auf einzelne Stadträume mit spezifischen Belastungen durch Klimawandel gezogen werden können. Entsprechende Auswertungen wären auch im Hinblick auf die Umweltgerechtigkeit sowie Mehrfachbelastungen in Braunschweig aufschlussreich. Ferner könnten ein Vergleich zu den Ergebnissen der bundesweit durchgeführten Umweltbewusstseinsstudie (repräsentative Trend- bzw. Längsschnittstudie), die alle zwei Jahre im Auftrag des Umweltbundesamtes (UBA) durchgeführt wird, gezogen werden. Ebenso interessant könnte der Vergleich mit den Befragungsergebnissen der im Herbst 2023 bundesweit durchgeführten Kampagne „Dialog Klimaanpassung“ sein, um die Braunschweiger Ergebnisse in einen übergeordneten Kontext zu setzen. Sehr gern stellt das Projekt Co-Adapted Braunschweig die Rohdaten zur weiteren Auswertung (z.B. mittels multivariater Verfahren) zur Verfügung.

3. Auswertung der Ergebnisse

3.1 Demographische Angaben

Im 18-tägigen Umfragezeitraum nahmen 1228 Menschen, die angaben in Braunschweig zu leben, an der Umfrage teil. Aus fast allen Stadtteilen Braunschweigs waren Befragte vertreten. 23 % der Befragten gaben an, im Östlichen Ringgebiet zu wohnen, 10 % im Westlichen Ringgebiet und 9 % in der Innenstadt. Wie Abbildung 2 zeigt, gab es in den allermeisten der dicht besiedelten Stadtbereichen entsprechend viele Teilnehmende. Die meisten Befragten gaben an, zwischen 26 und 65 Jahren alt zu sein. Die Gruppen der unter 18-jährigen und der über 75-jährigen waren dagegen kaum vertreten (s. Abb. 3). In Bezug auf die Geschlechtszugehörigkeit zeigt sich ein ausgewogenes Bild. 48 % ordneten sich dem weiblichen Geschlecht zu, 46 % dem männlichen, 5 % gaben keine Antwort und 1 % der Befragten gab „Weiteres“ an. (s. Abb. 4). Auffällig ist, dass auf die Frage nach dem „höchsten erworbenen Bildungsabschluss“ fast 60 % der Befragten mit (Fach-) Hochschulabschluss und 27 % mit Abitur oder (Fach-)Hochschulreife antworteten (s. Abb. 5). Um mehr über die Exposition der Teilnehmenden gegenüber Extremwetter wie bspw. Hitze herauszufinden, wurde gefragt, wo diese bei der Arbeit überwiegend tätig sind. 82 % gaben an, überwiegend drinnen tätig zu sein. Lediglich 6 % gaben an, überwiegend draußen tätig zu sein (s. Abb. 6). Außerdem wurde erhoben, mit welcher Grünausstattung das Umfeld der Wohnstätte der Teilnehmenden ausgestattet ist. Dabei fiel auf, dass 64 % der Befragten über einen eigenen Balkon verfügen. Die Hälfte wohnt in der Nähe von Straßenbäumen und in fußläufiger Nähe zu öffentlichen Parkanlagen (s. Abb.7).

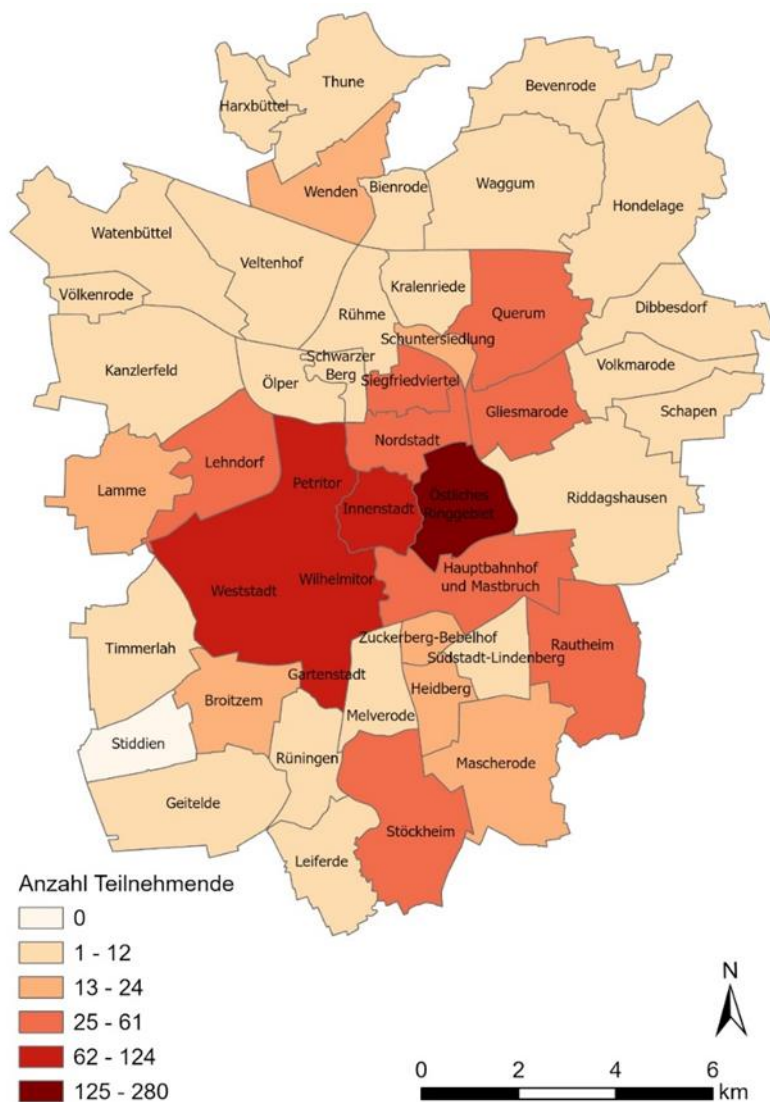


Abbildung 2: Räumliche Verortung der Umfrage-Teilnehmenden (© TU BS - Institut für Geoökologie)

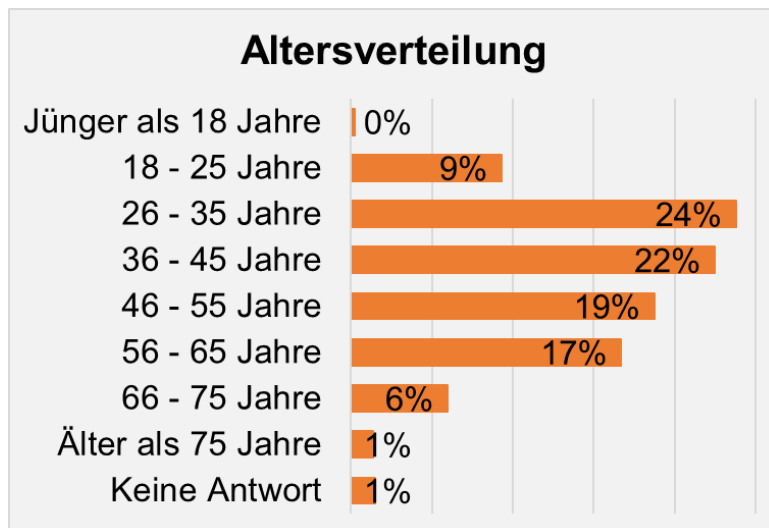


Abbildung 3: Altersverteilung der Befragten in Prozent

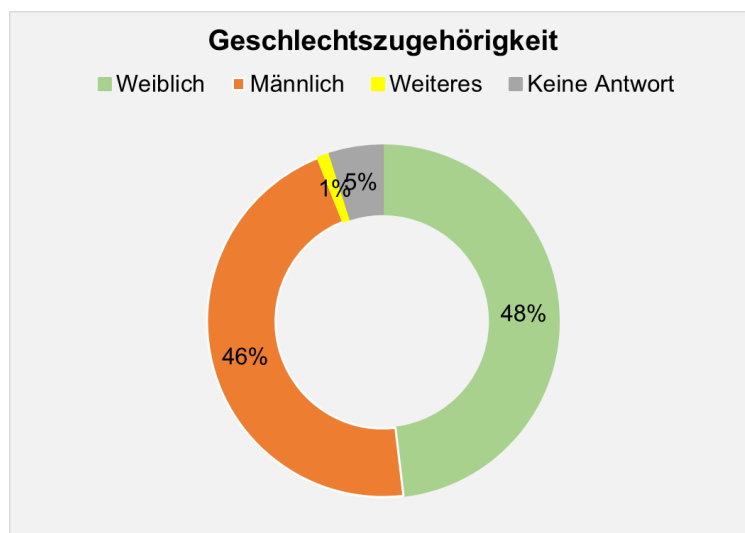


Abbildung 4: Geschlechtszugehörigkeit

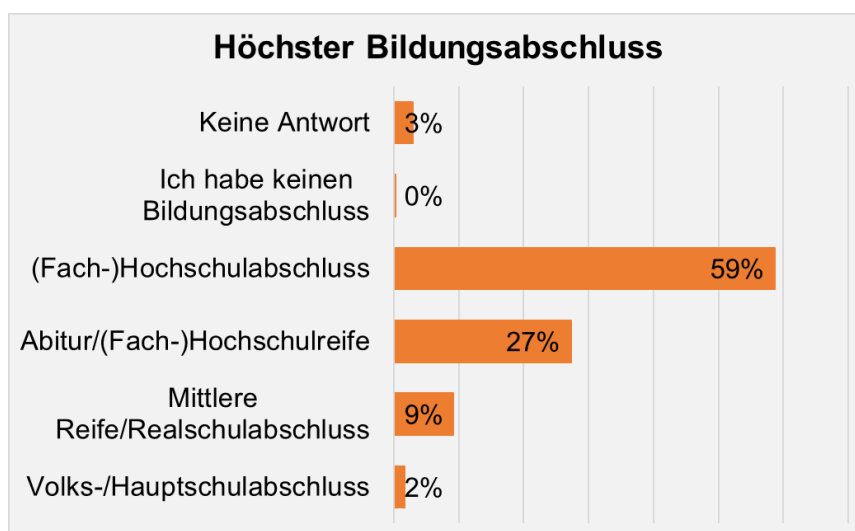


Abbildung 5: Höchster Bildungsabschluss

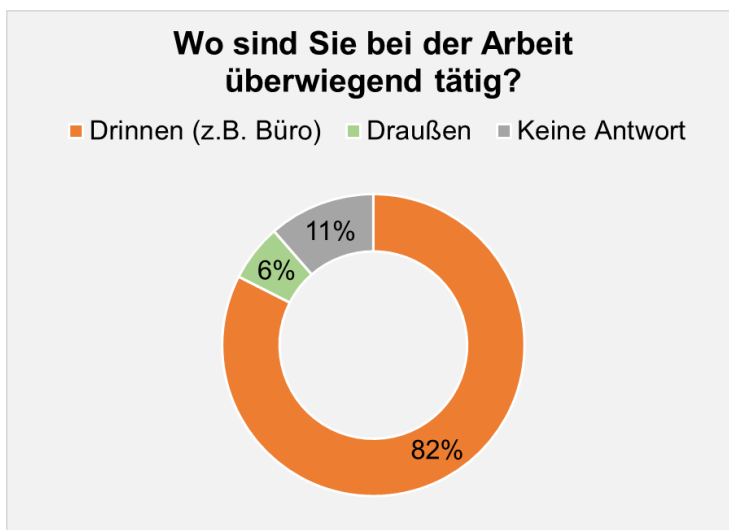


Abbildung 6: Tätigkeitsbereich bei der Arbeit - Drinnen oder Draußen

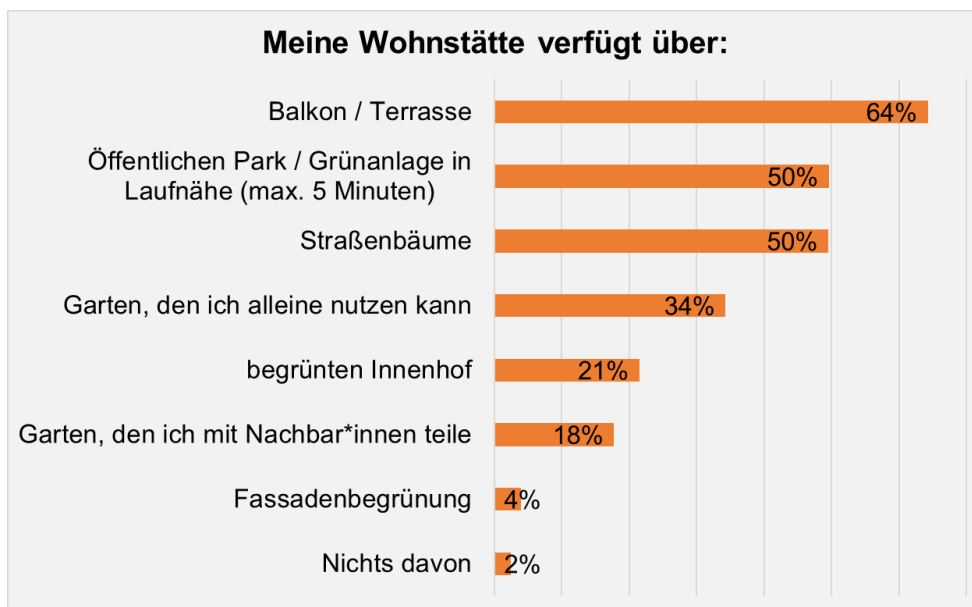


Abbildung 7: Grünausstattung der Wohnstätte.

3.2 Wahrnehmung Extremereignisse

Beinahe vier von fünf Befragten haben in den letzten Jahren Folgen von extremen Wetterereignissen oder anderen negativen Klimawandelfolgen wahrgenommen (s. Abb. 8). Dabei sind Starkregen (89 % der Teilnehmenden), Hitzeperioden (79 %), Schäden an Bäumen oder anderen Pflanzen sowie Dürre (jeweils 64 %) die von den meisten Befragten wahrgenommenen Ereignisse. Unter der Antwortmöglichkeit „Sonstiges“ wurden am häufigsten Artenveränderungen (30 Mal), Beeinträchtigungen der Gesundheit (21 Mal), die Aufheizung der Stadt (13 Mal) und extremer Schneefall (14 Mal) genannt (s. Abb. 9).

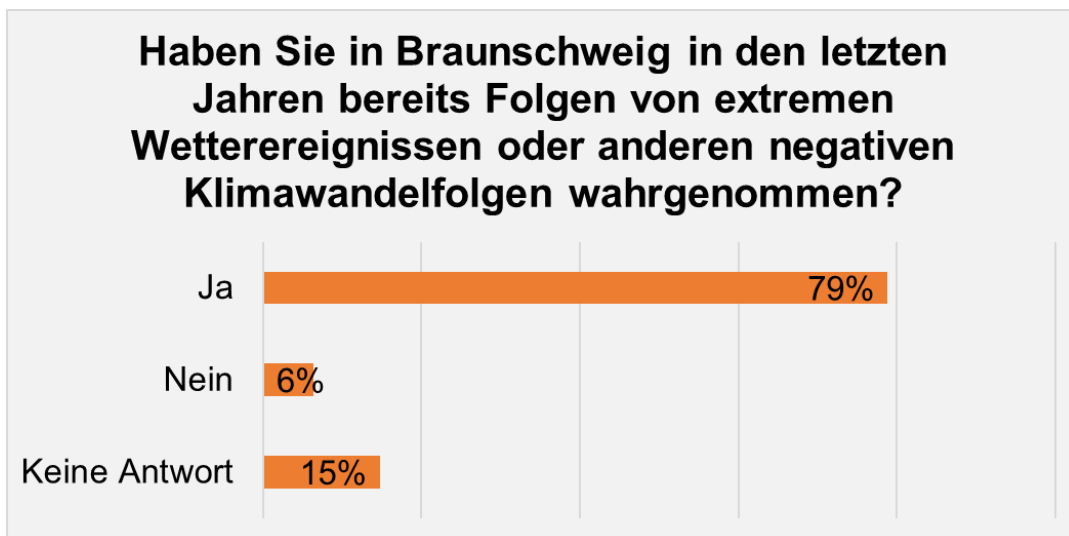


Abbildung 8: Wahrnehmung von Extremwetterereignissen und Klimawandelfolgen

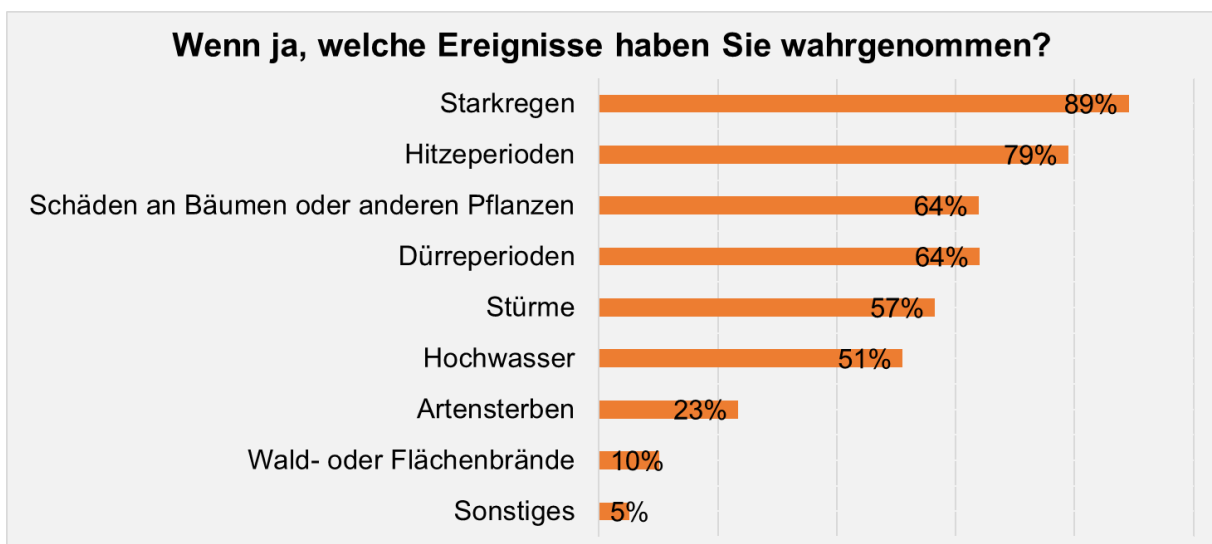


Abbildung 9: Wahrgenommene Ereignisse

3.3 Klimafolgenanpassung und Dringlichkeit

Zwei Drittel der Befragten hält Klimaanpassung für extrem dringlich. Weitere 25 % halten Klimaanpassung entweder für ziemlich dringlich oder dringlich. 8 % finden andere Probleme auf der Welt dringlicher oder halten Klimaanpassung für nicht dringlich (s. Abb. 10). Vier von fünf Befragten denken nicht, dass vieles sehr übertrieben wird, wenn es um die Folgen des Klimawandels geht. 87 % denken zudem, dass der Klimawandel auch die Lebensgrundlagen in Deutschland bedroht. Eine Mitverantwortung für die Folgen des Klimawandels in ärmeren Ländern sehen 84 % der Befragten (s. Abb. 11).

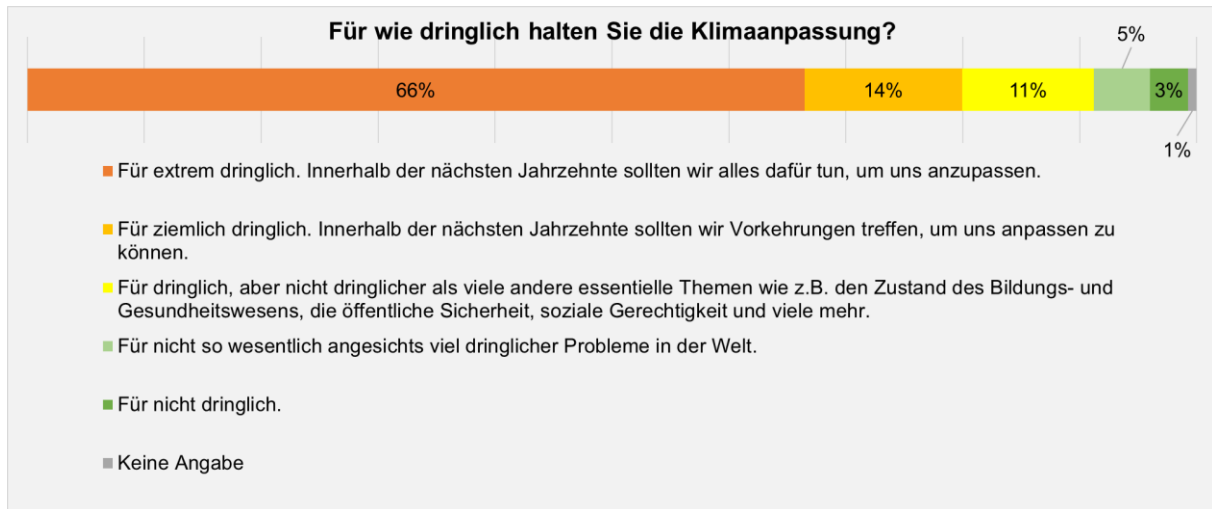


Abbildung 10: Dringlichkeit von Klimaanpassung

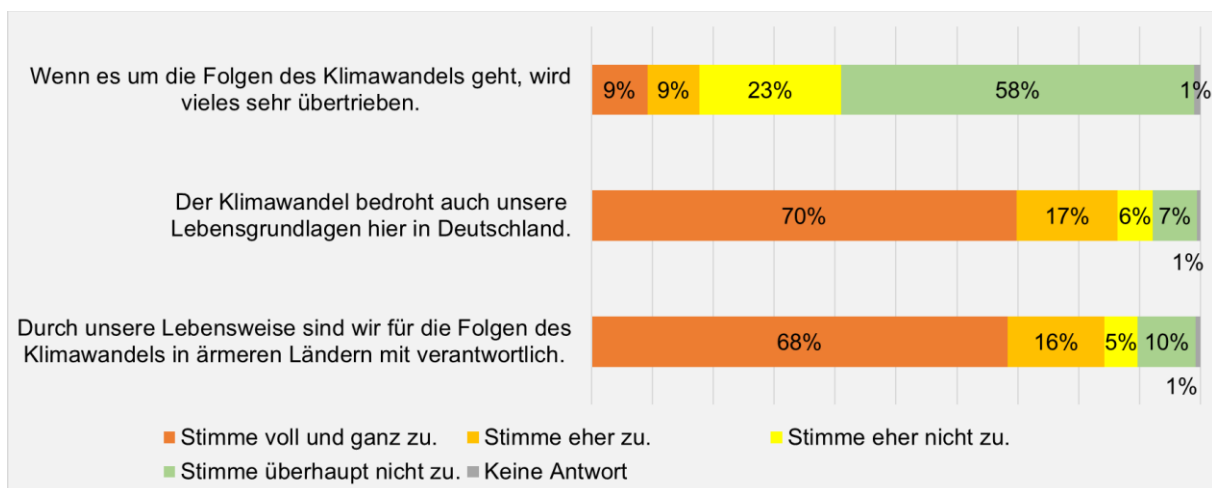


Abbildung 11: Ergebnisse allgemeine Aussagen zu Klimawandel und Klimafolgen

3.4 Betroffenheiten (Gesundheit, Umfeld, Aktivitäten)

Die Teilnehmenden waren dazu eingeladen, einzuschätzen, wie stark sie durch bestimmte Folgen des Klimawandels in ihrer persönlichen Lebensführung bereits betroffen waren.

Insgesamt fühlen sich von den Folgen des Klimawandels knapp 70 % der Befragten entweder „stark betroffen“ oder „betroffen“. 20 % gaben an, weniger betroffen zu sein und 10 % fühlen sich nicht betroffen (s. Abb. 12). Wenn die Betroffenheit in Bezug auf die Klimawandelfolgen nach Geschlechterzugehörigkeit getrennt ausgewertet wird, fällt auf, dass Menschen, die sich dem weiblichen Geschlecht oder weiteren Geschlechtern zuordnen, sich stärker betroffen fühlen als jene, die sich dem männlichen Geschlecht zuordnen (s. Abb. 13).

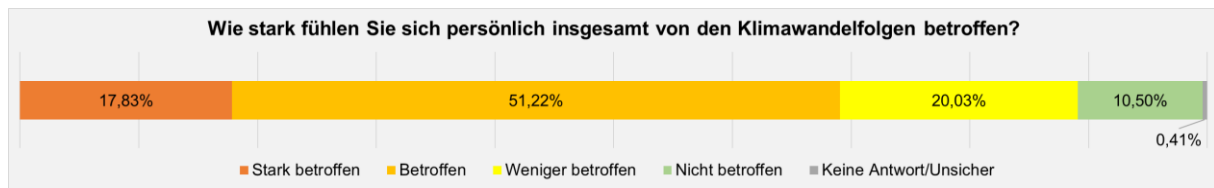


Abbildung 12: Betroffenheit in Bezug auf Klimawandelfolgen insgesamt

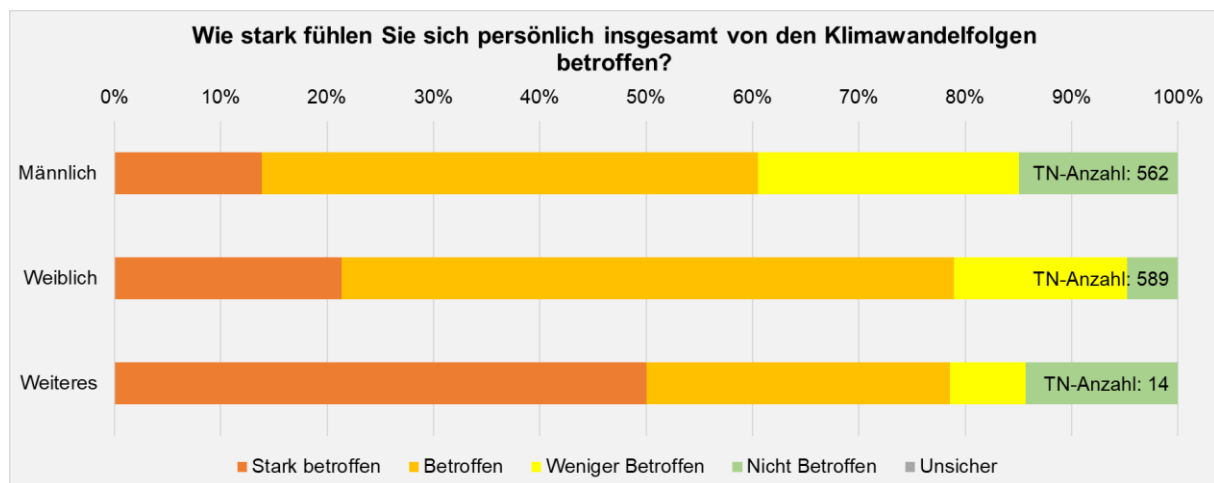


Abbildung 13: Betroffenheit in Bezug auf Klimawandelfolgen insgesamt - Auswertung nach Geschlecht

Im Bereich der **Gesundheit** gaben rund zwei Drittel der Teilnehmenden an, dass Hitzewellen vermehrt ihr körperliches Wohlbefinden und ihre Leistungsfähigkeit beeinträchtigen („stark betroffen“ und „betroffen“). Anderweitige Beeinträchtigungen der Gesundheit durch Folgen des Klimawandels liegen bei gut einem Drittel der Befragten vor. Durch Extremwetterereignisse wie Hitzewellen bestehen bei knapp einem Drittel der Teilnehmenden akut erhöhte Risiken für die Gesundheit (s. Abb. 14). Auch bei der Beeinträchtigung durch Hitzewellen fällt auf, dass sich Teilnehmende, die sich dem weiblichen oder weiteren Geschlechtern zugeordnet haben, sich stärker betroffen fühlen als jene, die sich dem männlichen Geschlecht zuordneten (s. Abb. 15).

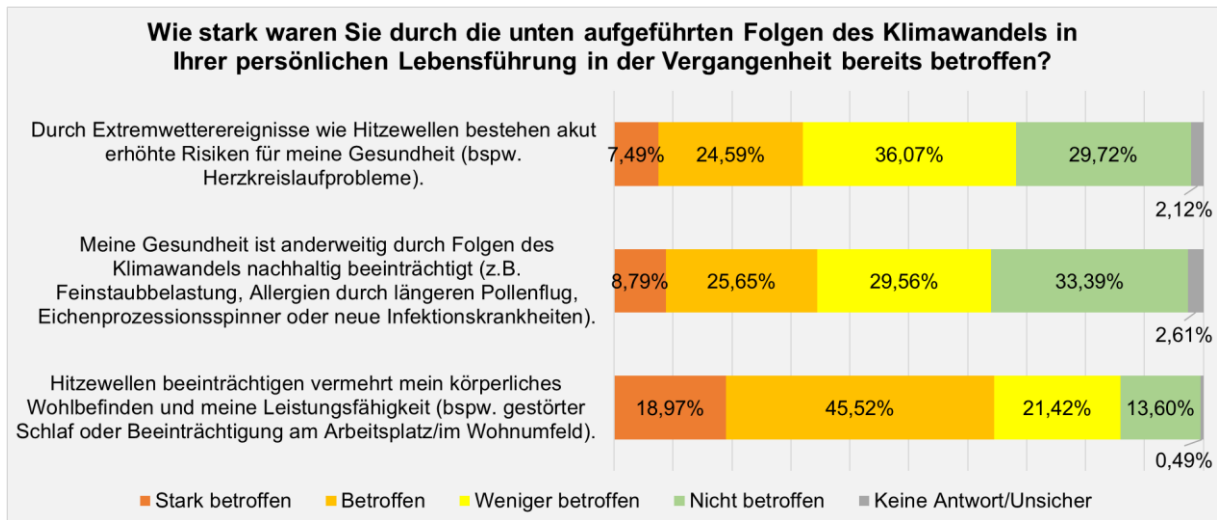


Abbildung 14: Betroffenheit im Bereich der Gesundheit

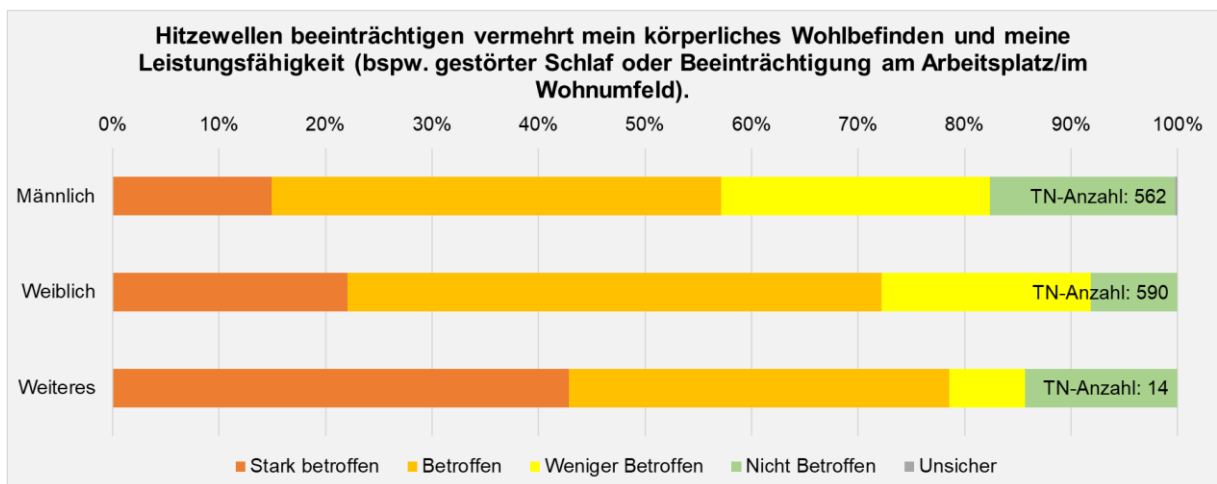


Abbildung 15: Betroffenheit in Bezug auf Hitzewellen - Auswertung nach Geschlecht

In Bezug auf Betroffenheiten im direkten (Wohn-) **Umfeld** gaben gut 40 % der Befragten an, dass ihre Sorgeverantwortung für pflegebedürftige Menschen oder Kinder durch die Folgen des Klimawandels ansteigt („stark betroffen“ oder „betroffen“). Dabei sind in Bezug auf die Sorgeverantwortung erneut Unterschiede in Bezug auf die Geschlechter festzustellen (s. Abb. 17). Über zwei Drittel der Befragten stellten bereits fest, dass Pflanzen und Tiere im Wohnumfeld unter den veränderten Klimabedingungen wie Trockenheit oder Hitze leiden. Von Schäden durch Extremwetterereignisse an Haus, Wohnung, Grundstück oder anderen Besitztümern sind gut 40 % der Befragten „stark betroffen“ oder „betroffen“. Knapp 30 % gaben an „weniger betroffen“ zu sein (s. Abb. 16).

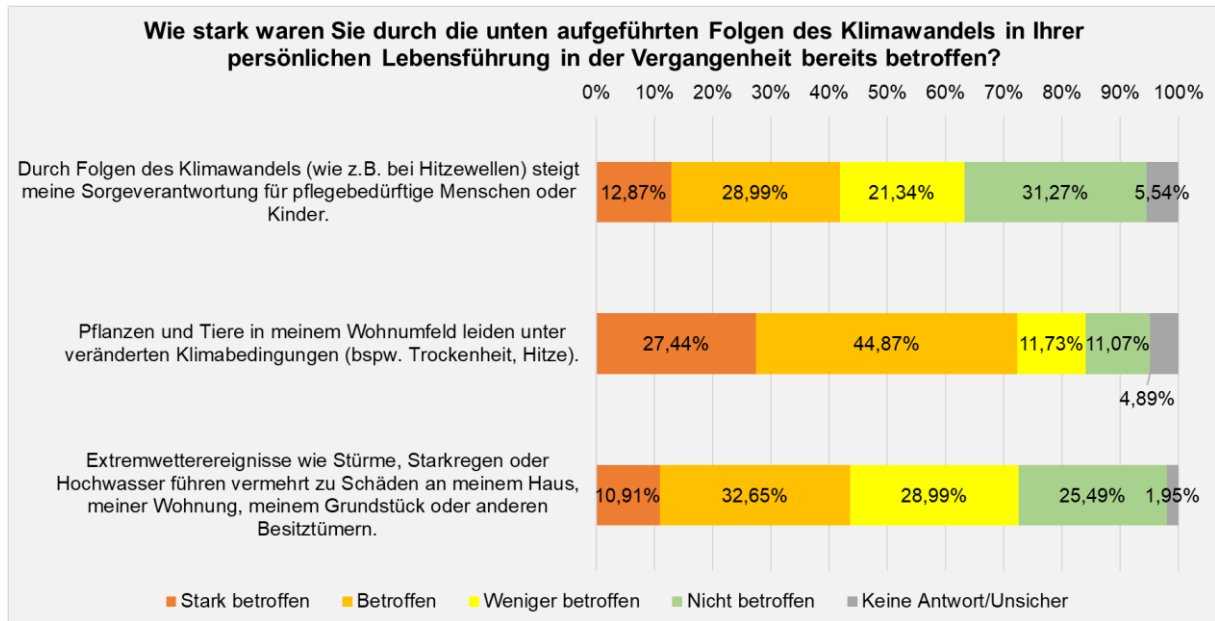


Abbildung 16: Betroffenheit im direkten Umfeld

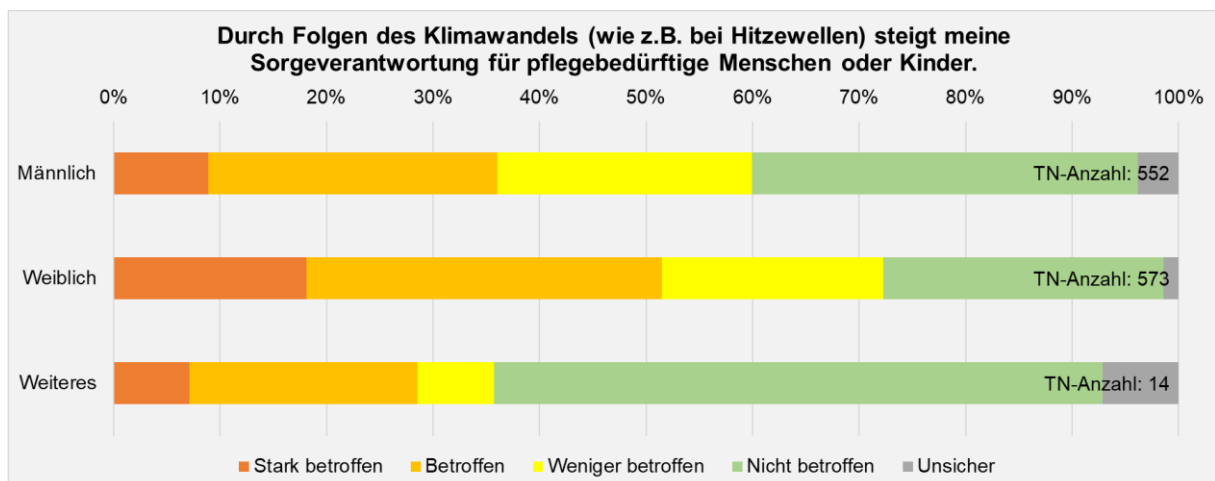


Abbildung 17: Betroffenheit in Bezug auf die Sorgeverantwortung - Auswertung nach Geschlecht

Bei den **Aktivitäten** gaben fast zwei Drittel der Befragten an, dass ihre Freizeitaktivitäten durch Extremwetter wie Hitzewellen beeinträchtigt werden. 45 % der Befragten sieht sich durch Extremwetter in ihrer Mobilität eingeschränkt. Von Einschränkungen im Urlaubsverhalten fühlen sich lediglich knapp 25 % der Befragten „stark betroffen“ oder „betroffen“ (s. Abb. 18). In Bezug auf die Gelegenheit, sich im Alltag vor Extremwetter zu schützen, gaben 54 % der Befragten an, dazu an allen Wochentagen die Möglichkeit zu haben. 22 % der Befragten kann sich an mehr als der Hälfte der Wochentage schützen, 9 % an weniger als der Hälfte der Wochentage, 9 % an weniger als der Hälfte der Wochentage, 9 % an weniger als der Hälfte der Wochentage. Jede 10. befragte Person gab an, sich im Alltag kaum vor Extremwetter schützen zu können (s. Abb. 19).

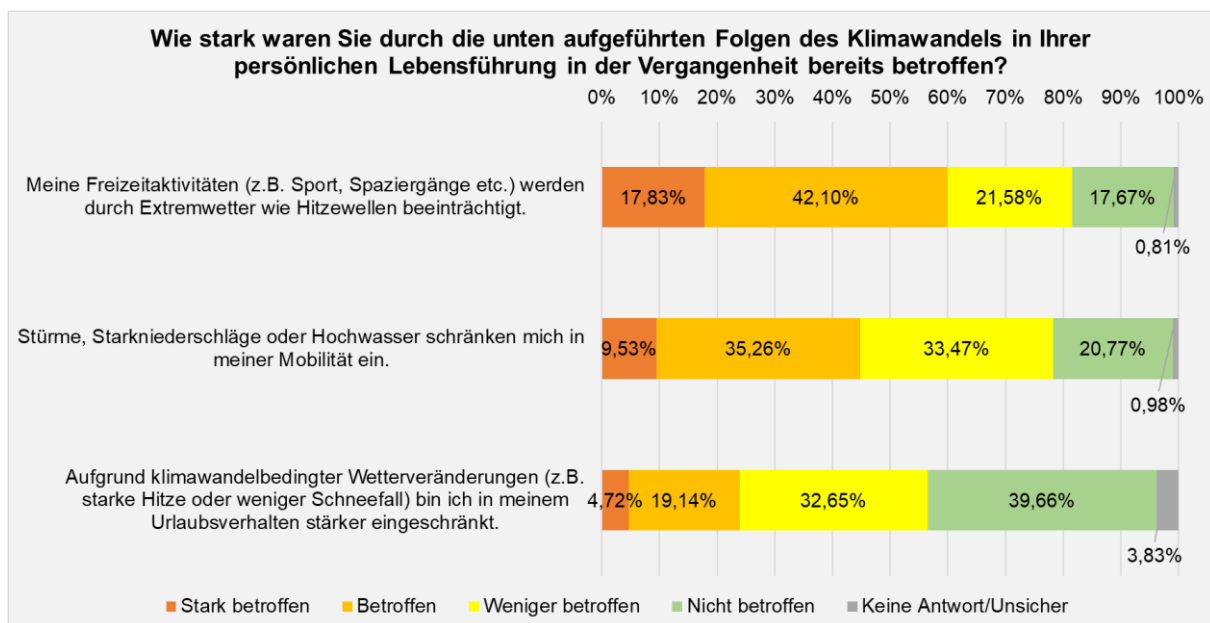


Abbildung 18: Betroffenheit in Bezug auf Aktivitäten

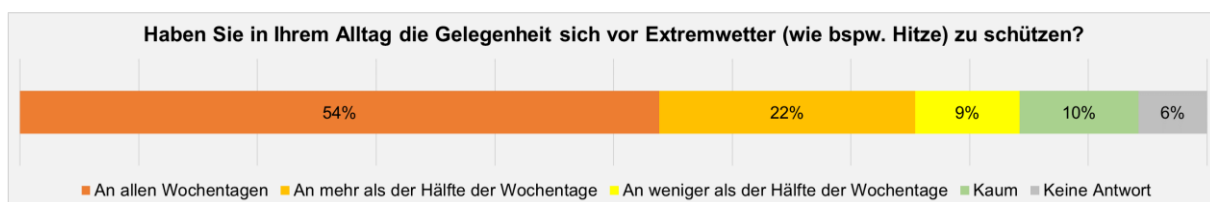


Abbildung 19: Schutz vor Extremwetter

3.5 Information in Bezug auf Klimaanpassung

Um herauszufinden, welche Bedarfe es im Bereich der Information und Öffentlichkeitsarbeit im Themenfeld der Klimaanpassung gibt und welche Beteiligungsformate im weiteren Projektverlauf auf Interesse stoßen könnten, wurden einige Fragen im Bereich der Kommunikation gestellt. Es stellte sich heraus, dass sich 60 % der Befragten über das Thema Klimaanpassung bereits sehr gut oder gut informiert fühlen. Bei gut einem Drittel der Befragten besteht hingegen noch Informationsbedarf (s. Abb. 20). Als Informationskanäle werden von den Teilnehmenden das Fernsehen (58 %), Zeitungen (56 %), Social Media (55 %), Radio (45 %) sowie Vorträge (38 %) bevorzugt, um über Klimaanpassung informiert zu werden (s. Abb. 21). Als sonstige Informationsquellen wurden hauptsächlich das Internet (40 Mal), wissenschaftliche Fachzeitschriften (23 Mal) sowie Podcasts (15 Mal) genannt. Ein Großteil der Befragten kann sich vorstellen im Bereich der Klimaanpassung in der Stadt aktiv zu werden. 63 % der Befragten würden z.B. an einer weiteren Umfrage teilnehmen. Jeweils über die Hälfte kann sich vorstellen, private Freiflächen umzugestalten (Begrünung/Versickerungsflächen) und Eigenvorsorge am Haus (z.B. zum Schutz vor Hitze) zu betreiben. Auch weitere Formate zur Beteiligung treffen auf Interesse bei den Befragten (s. Abb. 22). Sonstige Kommentare umfassten hauptsächlich die Teilnahme an praktischer Mithilfe innerhalb der Stadtumgestaltung (32 Mal), sich selbst umweltbewusst und nachhaltig zu verhalten (25 Mal) sowie politisches Engagement (16 Mal).

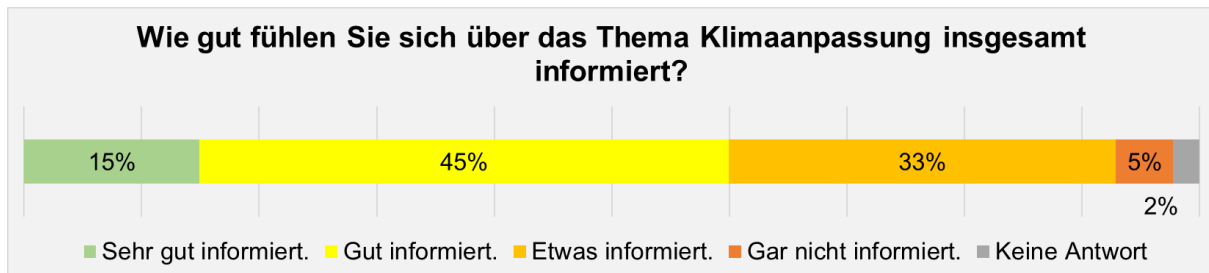


Abbildung 20: Stand der Informiertheit im Bereich der Klimaanpassung

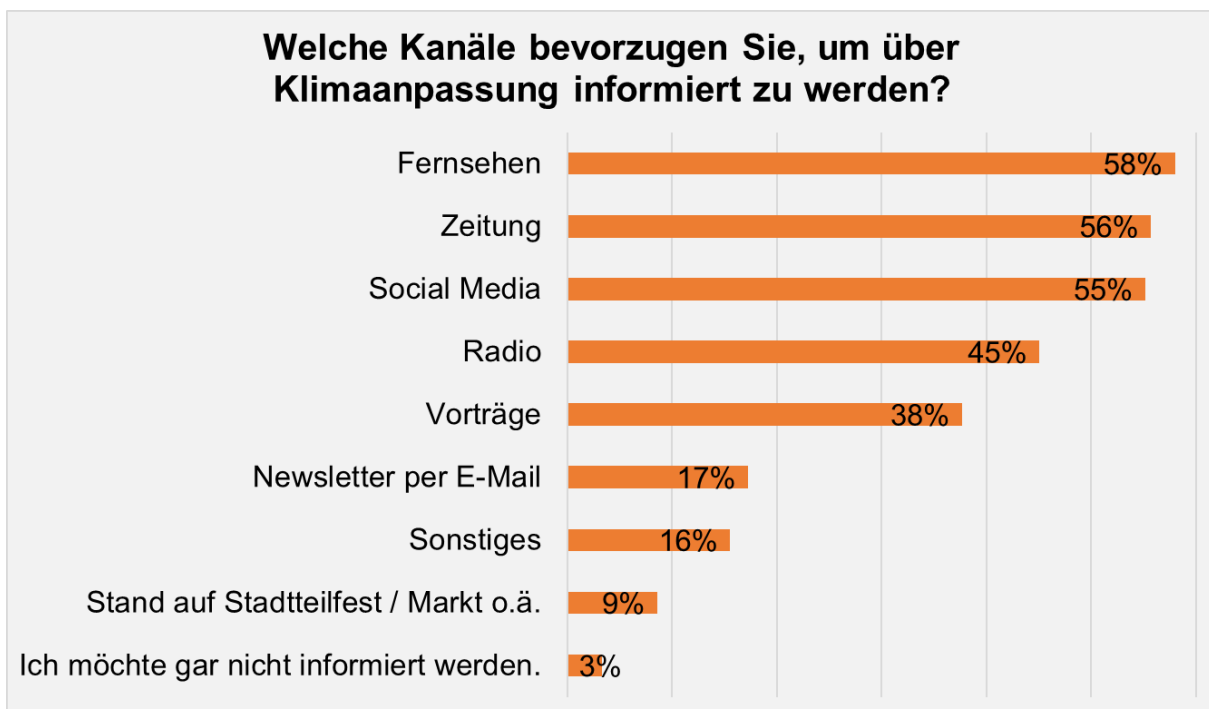


Abbildung 21: Bevorzugte Informationskanäle



Abbildung 22: Beteiligung für Klimaanpassung

3.6 Vision Klimaangepasstes Braunschweig 2040

Visionen bezeichnen positiv formulierte Vorstellungen der Zukunft. Mit Hilfe solch positiver Zukunftsbilder kann z.B. in Prozessen, für die ein langer Atem notwendig ist, die Motivation aller Beteiligten gesteigert werden. Es gibt ein gemeinsames, positives Zielbild, auf das es sich lohnt hinzuarbeiten. In der durchgeführten Online-Umfrage wurde allen Teilnehmenden folgende Frage gestellt:

„Was gehört für Sie zu einem klimaangepassten Braunschweig im Jahr 2040?“

83 % der Teilnehmenden gaben zu dieser offen formulierten Frage insg. 1025 Freitextbeiträge ab. Diese Freitextantworten wurden von den Beitragenden teils in Stichpunkten, teils als Fließtext formuliert. Alle Antworten wurden anschließend nach den Grundsätzen der qualitativen Inhaltsanalyse mit Hilfe des Programms F4analyse strukturiert analysiert und zusammengefasst. In diesem Zuge wurden 3500 Textstellen händisch codiert und in Kategorien geclustert (induktive Kategorienbildung). Textstellen ohne erkennbaren Bezug zur Klimaanpassung wurden nicht codiert und entsprechend auch nicht in die weitere Auswertung einbezogen.

Am häufigsten fanden sich Aspekte des **Stadtgrüns** in den Antworten wieder (1111 der abgegebenen Antworten; s. Abb. 23). Sehr häufig fand sich hierbei die Forderung nach „mehr Grün“ im Allgemeinen. Auch die Schaffung von nachhaltig grünen Flächen wie z.B. von kleinen Parks oder das Anpflanzen von Bäumen und Blühwiesen wurden thematisiert. Dabei wurden auch hitzeresistente Arten gefordert. Gebäude- und Fassadenbegrünung wurde häufig genannt. Aus den Nennungen ließen sich weitere Unterkategorien bilden: „Gebäude-/ Dachbegrünung“, „Biodiversität/Naturschutz/Biotope“, „Straßenbegleitgrün“ sowie „Urbanes Gärtnern und Landwirtschaft“ (s. Abb. 24).

937 der Antworten bezogen sich auf den Bereich der **Mobilitätswende**, also eine klimafreundliche Verkehrswende, wobei der Fokus auf dem Ausbau des ÖPNV lag, der Förderung des Radverkehrs sowie der Reduktion des Autoverkehrs vor allem in der Innenstadt. Ideen zur **Flächenentsiegelung** machten 530 der abgegebenen Antworten aus. Dabei wurden das Management versiegelter Flächen, Flächenkonkurrenz und -verbrauch sowie der Umgang mit privaten Flächen thematisiert. Auch konkrete Wünsche wie die Entsiegelung des Schlossplatzes wurden geäußert.

Die Anmerkungen zu Hochwasser-, Starkregen- und Katastrophenschutz, blauen Infrastrukturen, dem Wasserverbrauch im Allgemeinen sowie dem Schwammstadt-Prinzip in der Kategorie „**Wassermengenmanagement**“, machten 382 der abgegebenen Antworten aus (s. Abb. 25).

Ebenso verwiesen zahlreiche Antworten (327) auf den **Umgang mit Hitze** bzw. **Kälte** sowie die Notwendigkeit der besseren Vorbereitung auf solche länger anhaltenden Wetterlagen. Der Fokus lag auf Hitzekonzepten, wobei auch Vorschläge zu Maßnahmen bei extremer Kälte genannt wurden. Es stachen Vorschläge zu Trinkwasserbrunnen (und auch Wasserspielen) sowie der Einrichtung von kühlen bzw. warmen Räumen, vor allem für besonders betroffene Bevölkerungsgruppen, hervor. Weitere Ideen waren die kostenlose Abgabe von Sonnencreme und der Steigerung der Aufenthaltsqualität an Fußwegen, z.B. durch Beschattung oder attraktive Verweilmöglichkeiten.

254 der abgegebenen Anmerkungen zielten auf eine **Energie- & Wärmewende** hin. Diese sind als Anstrengung zum Klimaschutz wichtig, damit die Folgen des Klimawandels beherrschbar bleiben. Weitere Themencluster, die im Vergleich zu den bereits genannten allerdings eine eher untergeordnete Rolle spielen (jeweils unter 90 Antworten) ließen sich zu den Kategorien „Information und Beteiligung“, „Renaturierung“ sowie „Nachhaltigkeitsmanagement“ clustern.

Hitze-/Kältekonzepte
Wassermengenmanagement
Flächenentsiegelung
Mobilitätswende
Stadtgrün
Energie-/Wärmewende

Abbildung 23: Vision Klimaanpassung - Hauptkategorien dargestellt nach Größe entsprechend relativer Häufigkeit der Erwähnung

Gebäude-/ Dachbegrünung
Stadtgrün
Biodiversität/Naturschutz/Biotope

Abbildung 24: Vision Klimaanpassung - Hauptkategorie Stadtgrün mit Unterkategorien dargestellt nach Größe entsprechend relativer Häufigkeit der Erwähnung

Wassermengenmanagement
Hochw.-/Starkregen-/Katastr.schutz
Schwammstadt
Blauer Infrastruktur

Abbildung 25: Vision Klimaanpassung - Hauptkategorie Wassermengenmanagement mit Unterkategorien dargestellt nach Größe entsprechend relativer Häufigkeit der Erwähnung

Anhang 1: Pressemitteilung zur Online-Umfrage

Meldungsdatum: 29.06.2023

Online-Umfrage: Folgen des Klimawandels in Braunschweig

Alle Braunschweigerinnen und Braunschweiger haben ab sofort die Gelegenheit, bis zum 16. Juli an einer Online-Umfrage zum Klimawandel teilzunehmen und zu beschreiben, wo und wie sie die Folgen des Klimawandels in Braunschweig konkret wahrnehmen. Die Umfrage-Ergebnisse leisten einen wichtigen Beitrag, um notwendige Schritte in Richtung einer auf die Folgen des Klimawandels vorbereiteten Stadt zu gehen. Zur Umfrage geht es unter

<https://limesurvey.rz.tu-bs.de/745664?lang=de>.

Der Klimawandel und seine Folgen sind bereits heute in Braunschweig spürbar. Um diesen zu begegnen, hat die Stadt Braunschweig zusammen mit der Technischen Universität das Projekt „Co-Adapted Braunschweig“ (COABS) gestartet. Im Zuge eines strategischen Prozesses werden Risiken des Klimawandels analysiert und gemeinsam zielführende Anpassungsmaßnahmen entwickelt. Neben effektiven Maßnahmen zum Klimaschutz, die eine weitere Anheizung des Klimas vermeiden, ist es schon heute notwendig, Maßnahmen zur Anpassung an die veränderten Klimaverhältnisse umzusetzen. Bürgerfragen zur Umfrage beantwortet Lotta Becker im Fachbereich Umwelt, Mail: klimaanpassung@braunschweig.de, Telefon: 0531/470-6338.

Anhang 2: Fragebogen

Ich - Du - Wir - Jetzt! Die Stadt gemeinsam an die Folgen des Klimawandels anpassen.

Als Braunschweiger*in sind Sie Expert*in für Ihre Stadt. Von Ihrem Wissen wollen wir erfahren, um Braunschweig klimagerecht für alle zu gestalten. Sie sind gefragt als Expert*in vor Ort!

Ob Starkregen, Hitze oder Trockenheit, der Klimawandel und seine Folgen sind bereits heute in Braunschweig spürbar. Um diesen Folgen möglichst vorausschauend zu begegnen, hat die Stadt Braunschweig zusammen mit der Technischen Universität das Projekt „Co-Adapted Braunschweig“ (COABS) gestartet, welches sich mit Risiken des Klimawandels sowie Anpassungsstrategien und -maßnahmen auseinandersetzt. Neben effektiven Maßnahmen zum Klimaschutz, die eine weitere Anheizung des Klimas vermeiden, ist es heute schon notwendig, Maßnahmen zur Anpassung an die veränderten Klimaverhältnisse umzusetzen. Ziel von COABS ist es, durch Co-Creation (eine Form der Bürger*innenbeteiligung) für Klimaanpassung zu sensibilisieren, Menschen zusammenzubringen und gemeinsam erste Bausteine für eine Braunschweiger Klimaanpassungsstrategie zu entwickeln.

In dieser Online-Umfrage geht es darum, zu erfahren, wie sich die Folgen des Klimawandels auf Sie konkret auswirken, um die dringlichsten Handlungsbereiche in der Stadt zu identifizieren. Der Schutz Ihrer Privatsphäre und Daten ist uns sehr wichtig. Alle erhobenen Daten können auf Sie als Person nicht zurückgeführt werden (anonymisiert). Die Beantwortung des Fragebogens dauert ca. 10 Minuten. Die Umfrage ist bis zum **16. Juli 2023** verfügbar. Die Ergebnisse fließen in die Analyse der Klimarisiken ein und werden im Herbst 2023 auf unserer [CO-ABS-Webseite](#) veröffentlicht.

Sie leben in Braunschweig und kennen die Stadt damit besonders gut.

Helfen Sie uns jetzt mit ihren Beiträgen, Erfahrungen und Hinweisen Braunschweig klimagerecht zu gestalten!



In dieser Umfrage sind 17 Fragen enthalten.

Weiter

Einwilligung und Datenschutz

Der Schutz Ihrer Privatsphäre und Daten ist uns sehr wichtig. Alle erhobenen Daten können auf Sie als Person nicht zurückgeführt werden (anonymisiert). Die Ergebnisse der Umfrage werden nur zu Forschungszwecken innerhalb des COABS-Projektes verwendet.

Zuständigkeit

Zuständig für die wissenschaftliche Erhebung sind Dr. Ines Bruchmann, Lotta Becker und Dr. Anne-Kathrin Schneider. Die Hauptansprechpartnerinnen für diese Erhebung sind Frau Dr. Schneider von der Technischen Universität Braunschweig (anne-kathrin.schneider@tu-braunschweig.de) und Lotta Becker von der Stadt Braunschweig (lotta.becker@braunschweig.de). Falls Sie Fragen zum Datenschutz haben, wenden Sie sich auch gerne an den Datenschutzbeauftragten der TU-Braunschweig Herrn Nörtemann unter datenschutz@tu-braunschweig.de.

Freiwilligkeit

Wir danken Ihnen sehr für Ihre Bereitschaft an dieser Studie teilzunehmen. Die Teilnahme an dieser Studie ist freiwillig. Sie können jederzeit und ohne Angabe von Gründen Ihre Einwilligung zur Teilnahme an dieser Studie widerrufen, ohne dass Ihnen daraus Nachteile entstehen. Sie können Ihre Einwilligung zur Speicherung der persönlichen Daten jederzeit widerrufen. Klicken Sie hierfür bitte auf „Umfrage verlassen und Antworten löschen“ oder wenden Sie sich an die Hauptansprechpartnerin für diese Studie (Anne-Kathrin Schneider).

Sie ermöglichen wissenschaftliche Forschung zum Themenfeld Klimaanpassung und Klimarisiken.

Abbruchs- und Widerrufsrecht

Sie können die Studie jederzeit abbrechen, ohne negative Konsequenzen befürchten zu müssen. Schließen Sie dafür einfach das Browser-Fenster bevor Sie die Umfrage abschicken.

Recht auf Aufklärung

Sie als Studienteilnehmer/in haben das Recht, nach Beendigung der Studie auf Nachfrage nähere Informationen über den Zweck und weiteren Ablauf der Studie zu erhalten. Wenden Sie sich dafür an Lotta Becker. Zudem erfolgt die Information über das Ziel der Studie nach Abschluss der Umfrage.

Datenschutz

Die Befragung erfolgt unter strengster Beachtung der Datenschutzbestimmung der DSGVO. Unsere Datenschutzerklärung finden Sie hier. Der Ort der Datenspeicherung ist geschützt und die Online-Befragung erfolgt über SSL-verschlüsselte, sichere Internetseiten. Alle Fragebogendaten werden anonymisiert erhoben.

Besonderer Datenschutz in der Wissenschaft

Eine Zuordnung der anonymisierten Daten kann nicht vorgenommen werden. Zur Wahrung guter wissenschaftlicher Praxis werden die anonymisierten Daten für mindestens zehn Jahre gespeichert.

Verwendung der anonymisierten Daten

Die Ergebnisse und Daten dieser Studie werden auf der Projektwebseite ab Herbst 2023 veröffentlicht. Dies geschieht in anonymisierter Form, d. h. ohne dass die Daten einer spezifischen Person zugeordnet werden können.

*Die Einwilligung zum Datenschutz habe ich gelesen und stimme der Nutzung der Daten im Rahmen des Forschungsprojekts zu:

Ja, ich stimme zu und unterstütze die Forschung.

Zurück

Weiter

In diesem Block folgen Fragen zu **Extremereignissen**. Wir sind besonders an Ihrer Wahrnehmung dieser Ereignisse interessiert.

Haben Sie in Braunschweig in den letzten Jahren bereits Folgen von extremen Wetterereignissen oder anderen negativen Klimawandelfolgen wahrgenommen?



Ja



Nein



Keine Antwort

Wenn ja, welche Ereignisse haben Sie wahrgenommen?

! Bitte wählen Sie die zutreffenden Antworten aus:

- Starkregen
- Hochwasser
- Hitzeperioden
- Dürreperioden
- Stürme
- Wald- oder Flächenbrände
- Artensterben
- Schäden an Bäumen oder anderen Pflanzen
- Sonstiges

In diesem Block folgen Fragen zu **Klimawandel und Klimaanpassung**. Ihre Einschätzung ist gefragt. Es gibt keine richtigen oder falschen Antworten, antworten Sie einfach so spontan wie möglich.

Im Folgenden sehen Sie allgemeine Aussagen zum Thema Klimawandel. Bitte geben Sie hier an, inwiefern Sie jeweils zustimmen.

	Stimme überhaupt nicht zu.	Stimme eher nicht zu.	Stimme eher zu.	Stimme voll und ganz zu.	Keine Antwort
Durch unsere Lebensweise sind wir für die Folgen des Klimawandels in ärmeren Ländern mit verantwortlich.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Der Klimawandel bedroht auch unsere Lebensgrundlagen hier in Deutschland.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Wenn es um die Folgen des Klimawandels geht, wird vieles sehr übertrieben.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

Für wie dringlich halten Sie die Klimaanpassung?

Bitte wählen Sie eine der folgenden Antworten:

- Für extrem dringlich. Innerhalb der nächsten Jahrzehnte sollten wir alles dafür tun, um uns anzupassen.
- Für ziemlich dringlich. Innerhalb der nächsten Jahrzehnte sollten wir Vorkehrungen treffen, um uns anpassen zu können.
- Für dringlich, aber nicht dringlicher als viele andere essentielle Themen wie z.B. den Zustand des Bildungs- und Gesundheitswesens, die öffentliche Sicherheit, soziale Gerechtigkeit und viele mehr.
- Für nicht so wesentlich angesichts viel dringlicher Probleme in der Welt.
- Für nicht dringlich.
- Keine Antwort

Es folgen Fragen zu verschiedenen **Folgen des Klimawandels**, die Sie in Ihrer persönlichen Lebensführung betreffen könnten.

Wie stark waren Sie durch die unten aufgeführten Folgen des Klimawandels in Ihrer persönlichen Lebensführung in der Vergangenheit bereits betroffen?

	Stark betroffen	Betroffen	Weniger betroffen	Nicht betroffen	Weiß nicht	Keine Antwort
Hitzewellen beeinträchtigen vermehrt mein körperliches Wohlbefinden und meine Leistungsfähigkeit (bspw. gestörter Schlaf oder Beeinträchtigung am Arbeitsplatz/im Wohnumfeld).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Meine Gesundheit ist anderweitig durch Folgen des Klimawandels nachhaltig beeinträchtigt (z.B. Feinstaubbelastung, Allergien durch längeren Pollenflug, Eichenprozessionsspinner oder neue Infektionskrankheiten).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Durch Folgen des Klimawandels (wie z.B. bei Hitzewellen) steigt meine Sorgeverantwortung für pflegebedürftige Menschen oder Kinder.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Meine Freizeitaktivitäten (z.B. Sport, Spaziergänge etc.) werden durch Extremwetter wie Hitzewellen beeinträchtigt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Stürme, Starkniederschläge oder Hochwasser schränken mich in meiner Mobilität ein.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

	Stark betroffen	Betroffen	Weniger betroffen	Nicht betroffen	Weiß nicht	Keine Antwort
Aufgrund klimawandelbedingter Wetterveränderungen (z.B. starke Hitze oder weniger Schneefall) bin ich in meinem Urlaubsverhalten stärker eingeschränkt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Pflanzen und Tiere in meinem Wohnumfeld leiden unter veränderten Klimabedingungen (bspw. Trockenheit, Hitze).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Durch Extremwetterereignisse wie Hitzewellen bestehen akut erhöhte Risiken für meine Gesundheit (bspw. Herz-Kreislaufprobleme).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Extremwetterereignisse wie Stürme, Starkregen oder Hochwasser führen vermehrt zu Schäden an meinem Haus, meiner Wohnung, meinem Grundstück oder anderen Besitztümern.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Wie stark fühlen Sie sich persönlich insgesamt von den Klimawandelfolgen betroffen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

Zurück

Weiter

Uns interessiert, wie wir über das Thema Klimaanpassung bürger*innennah informieren können. Bitte teilen Sie Ihre Einschätzung mit uns.

Wie gut fühlen Sie sich über das Thema Klimaanpassung insgesamt informiert?

Bitte wählen Sie eine der folgenden Antworten:

- Gar nicht informiert.
- Etwas informiert.
- Gut informiert.
- Sehr gut informiert.
- Keine Antwort

Welche Kanäle bevorzugen Sie, um über Klimaanpassung informiert zu werden?

Bitte wählen Sie die zutreffenden Antworten aus:

- Zeitung
- Social Media
- Stand auf Stadtfest / Markt o.ä.
- Newsletter per E-Mail
- Vorträge
- Radio
- Fernsehen
- Ich möchte gar nicht informiert werden.
- Sonstiges

Bürger*innenbeteiligung lebt vom Mitmachen! Wie können Sie sich vorstellen selbst für die Klimaanpassung in der Stadt aktiv zu werden?

Bitte wählen Sie die zutreffenden Antworten aus:

- Teilnahme an Ideenwettbewerb zu Anpassungsmaßnahmen
- Teilnahme an interaktiven Workshops
- Teilnahme an weiterer Umfrage
- Teilnahme an Veranstaltung mit Diskussionsmöglichkeit
- Teilnahme an Netzwerktreffen zum Thema Klimaanpassung
- Eigenvorsorge am Haus (z.B. Schutz vor Starkregen/Hitze)
- Umgestaltung privater Freiflächen (Begrünung/Versickerungsmöglichkeiten)
- Information und Unterstützung besonders vulnerabler Gruppen (z.B. ältere Menschen bei Hitze)
- Keine der angegebenen Antwortmöglichkeiten
- Sonstiges

Zurück

Weiter

Um Braunschweig auch in Zukunft lebenswert zu gestalten, braucht es Zielbilder, wie ein klimaangepasstes Braunschweig zukünftig idealerweise aussehen soll.

Was gehört für Sie zu einem klimaangepassten Braunschweig im Jahr 2040? Nennen Sie mindestens 3 Stichpunkte.

Zurück

Weiter

Zur besseren Auswertung der Ergebnisse benötigen wir abschließend noch ein paar allgemeine Angaben zu Ihrer Person, die wir selbstverständlich im Sinne des Datenschutzes anonymisiert und nur zusammenfassend verarbeiten werden.

Wie alt sind Sie?

Bitte wählen Sie eine der folgenden Antworten:

- Jünger als 18 Jahre
- 18 - 25 Jahre
- 26 - 35 Jahre
- 36 - 45 Jahre
- 46 - 55 Jahre
- 56 - 65 Jahre
- 66 - 75 Jahre
- Älter als 75 Jahre
- Keine Antwort

Welchem Geschlecht fühlen Sie sich zugehörig?

Bitte wählen Sie eine der folgenden Antworten:

- Weiblich
- Männlich
- Weiteres
- Keine Antwort

Wo sind Sie bei der Arbeit überwiegend tätig?

Bitte wählen Sie eine der folgenden Antworten:

- Drinnen (z.B. Büro)
- Draußen
- Keine Antwort

Haben Sie in Ihrem Alltag die Gelegenheit sich vor Extremwetter (wie bspw. Hitze) zu schützen?

Bitte wählen Sie eine der folgenden Antworten:

- An allen Wochentagen
- An mehr als der Hälfte der Wochentage
- An weniger als der Hälfte der Wochentage
- Kaum
- Keine Antwort

Meine Wohnstätte verfügt über:

Bitte wählen Sie die zutreffenden Antworten aus:

- Balkon / Terrasse
- Garten, den ich alleine nutzen kann
- Garten, den ich mit Nachbar*innen teile
- begrünten Innenhof
- Fassadenbegrünung
- Öffentlichen Park / Grünanlage in Laufnähe (max. 5 Minuten)
- Straßenbäume
- Nichts davon

In welchem Stadtteil wohnen Sie? Falls Sie sich unsicher sind, schauen Sie hier nach Ihrem Stadtteil.

Bitte wählen Sie eine der folgenden Antworten:

Bitte auswählen ...

Welchen höchsten Bildungsabschluss haben Sie bisher?

Bitte wählen Sie eine der folgenden Antworten:

- Volks-/Hauptschulabschluss
- Mittlere Reife/Realschulabschluss
- Abitur/(Fach-)Hochschulreife
- (Fach-)Hochschulabschluss
- Ich habe keinen Bildungsabschluss
- Keine Antwort

Zurück

Absenden

Vielen Dank für die Teilnahme! Die Befragung ist nun abgeschlossen.

Die Ergebnisse fließen in die Analyse der Klimarisiken ein und werden im Herbst 2023 auf unserer [COABS-Webseite](#) veröffentlicht.

Informationen zu Klimawandel und Klimaanpassung in Braunschweig finden Sie [hier](#).

Wir laden im Verlauf des Projekts immer wieder zu Veranstaltungen mit Bürgerbeteiligung ein. Sie können sich [hier](#) für unseren Newsletter anmelden. Wir freuen uns auf die gemeinsame Konzeption, Gestaltung und Organisation von Projekten zur Anpassung an den Klimawandel.



Anhang II: Ergebnisse Beteiligung Auftaktforum

Dokumentation Auftaktforum „Co-Adapted Braunschweig“ – Gemeinsam für Klimaanpassung!



21.09.2023 - 16:30 bis 20:00 Uhr - im TRAFU Hub



Abbildung 1,2,3 und 4: Austausch, Impulse und Stationsarbeit beim COABS-Auftaktforum (Fotos: Max Fuhrmann)

Inhalt

1. Veranstaltungsrahmen	2
2. Priorisierung Klimafolgen/-risiken - Ergebnisse	3
3. Themenworkshops - Ergebnisse.....	6
3.1 Naturschutz und Biodiversität.....	6
3.2 Gesundheit	8
3.3 Mensch und Stadtentwicklung.....	12
3.4 Wassermengenmanagement	20
3.5 Bodenwasserhaushalt	24
3.6 Vision Klimaanpassung	27
4. Impulsvorträge - Folien	33

*****Hinweis: Dies ist eine Dokumentation der Bürger:innenbeteiligung im Zuge des COABS-Auftaktforums. Die dargestellten Ergebnisse stellen daher nicht zwingend die Perspektiven von der Technischen Universität oder der Stadt Braunschweig dar*****

1. Veranstaltungsrahmen

Das Auftaktforum fand am 21.09.2023 im Rahmen des Projektes [Co-Adapted Braunschweig](#) statt. Die Stadt Braunschweig ist damit eine von zahlreichen Kommunen, die das Thema Anpassung an die Folgen des Klimawandels in der bundesweiten [Woche der KlimaAnpassung](#) adressierte.

Aufbauend auf drei Impulsvorträge zu den Themen „Klimaanpassung in Kommunen - Herausforderungen und Praxisbeispiele“, „Klimaänderungen und Klimafolgen in Braunschweig“ sowie „Klimaanpassung gemeinsam gestalten - das Projekt Co-Adapted Braunschweig“ hatten alle 114 Teilnehmenden (aus Wissenschaft, Verwaltung, Verbänden, Vereinen, Initiativen, Unternehmen sowie Bürger:innen) die Gelegenheit an sechs Themenstationen gemeinsam Maßnahmen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels zusammenzutragen und sich auszutauschen. In der kreativen Pause gab es die Möglichkeit die für Braunschweig identifizierten Klimafolgen /-risiken zu priorisieren.

Die Ergebnisse werden im Folgenden dargestellt. Dabei wurden die vorgeschlagenen Maßnahmenideen in vier Kategorien geclustert „**Weiche**“ **Maßnahmen** setzen z.B. über Informationen, Vergünstigungen, veränderte Vorgaben in der Planung oder veränderte Abgaben Anreize zur Klimaanpassung. Als „**grüne**“ **Maßnahmen** werden z.B. das Anlegen von Parks, Gärten oder begrünten Innenhöfen sowie die Begrünung von Dächern oder das Freihalten von Frischluftschneisen verstanden. „**Blaue**“ **Maßnahmen** umfassen u.a. die Anlage von Kleinstgewässern zur Retention und Kühlung, die Schaffung von Retentionsflächen sowie die Renaturierung von Fließgewässern. **Graue Maßnahmen** bezeichnen technische Infrastrukturen sowie Baumaßnahmen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels wie bspw. den Neubau von Regenrückhaltebecken oder Gebäudeisolierung zum Schutz vor Hitze.

Ablauf

Ab 16:00	Ankommen
16:30	Begrüßung Holger Herlitschke (Umwelt-, Stadtgrün-, Sport- und Hochbaudezernent) Prof. Dr.-Ing. Joseph Hölscher (Moderation / Werkstatt35 gGmbH)
16:40	Impulsvortrag „Klimaanpassung in Kommunen - Herausforderungen und Praxisbeispiele“ Dr. Beatrice John (Zentrum KlimaAnpassung)
17:00	Klimaänderungen und Klimafolgen in Braunschweig Prof. Dr. Stephan Weber (TU Braunschweig - Klimatologie und Umweltmeteorologie)
17:10	Klimaanpassung gemeinsam gestalten – das Projekt „Co-Adapted Braunschweig“ Dr. Ines Bruchmann (Stadt Braunschweig - Abteilung Klimaschutz und strategische Umweltplanung)
17:30	Pause
18:00	Themenworkshops zu Klimaanpassung (20 min. Stationsarbeit mit 2 Wechseln zwischen den Themenstationen) <ul style="list-style-type: none"> • Naturschutz und Biodiversität • Gesundheit • Mensch und Stadtentwicklung • Wassermengenmanagement • Bodenwasserhaushalt • Vision Klimaanpassung
19:30	Schlussworte Ausklang der Veranstaltung

2. Priorisierung Klimafolgen/-risiken - Ergebnisse



Abbildung 5 und 6: Priorisierung der identifizierten Klimafolgen/-risiken durch Teilnehmende (Fotos: Max Fuhrmann)

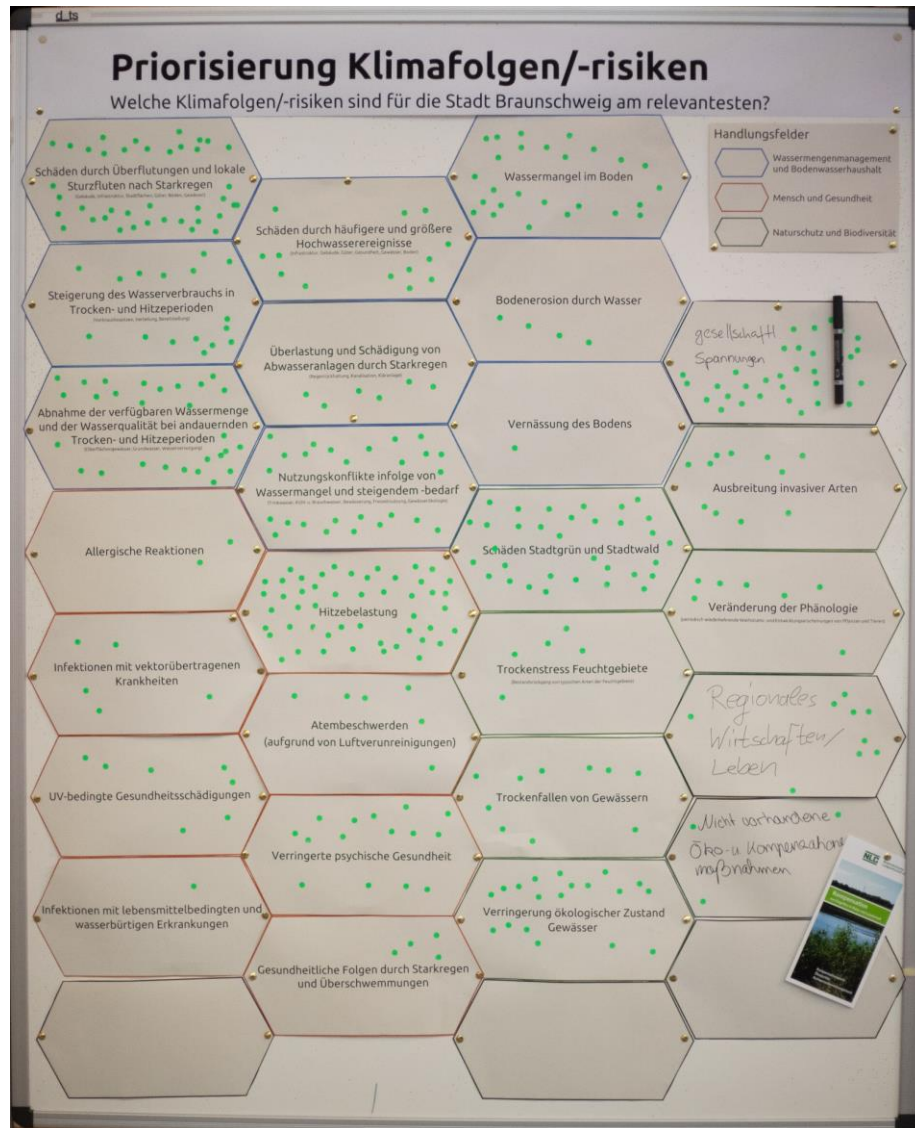
„Welche Klimafolgen/-risiken sind für die Stadt Braunschweig am relevantesten?“

Anhand dieser Frage waren alle Teilnehmenden dazu eingeladen, die im Vorfeld des Auftaktforums gemeinsam von der TU Braunschweig und Stadtverwaltung identifizierten Klimafolgen/-risiken für Braunschweig zu priorisieren. Es gab außerdem die Möglichkeit, weitere relevante Klimafolgen zu ergänzen.

Es wurden 570 Klebepunkte ausgegeben (114 Teilnehmende mal 5 Stk.), davon wurden 386 Stk. angewendet und auf die Stellwand geklebt. Die Punkte wurden im Anschluss des Auftaktforums ausgezählt und mit Hilfe von Wortwolken visualisiert. Die Größe der Schrift bildet dabei die Häufigkeit der Priorisierung ab (je größer, desto häufiger priorisiert).



Abbildung 7: Wortwolke Priorisierung der identifizierten Klimafolgen/-risiken **alle Projekt-Handlungsfelder**



Klimafolge/-risiko	Anzahl Punkte
Hitzebelastung	50
Schäden durch Überflutungen und lokale Sturzfluten nach Starkregen	38
Schäden Stadtgrün und Stadtwald	34
Gesellschaftliche Spannungen	33
Abnahme der verfügbaren Wassermenge und der Wasserqualität bei andauernden Trocken- und Hitzeperioden	28
Wassermangel im Boden	26
Nutzungskonflikte infolge von Wassermangel und steigendem -bedarf	26
Verringerung ökologischer Zustand Gewässer	20
Steigerung des Wasserverbrauchs in Trocken- und Hitzeperioden	16
Verringerte psychische Gesundheit	15
Schäden durch häufigere und größere Hochwasserereignisse	13
Ausbreitung invasiver Arten	12
Trockenfallen von Gewässern	10
Regionales Wirtschaften/Leben	9
UV-bedingte Gesundheitsschädigungen	8
Atembeschwerden (aufgrund von Luftverunreinigungen)	7
Veränderung der Phänologie (periodisch wiederkehrende Wachstums- und Entwicklungserscheinungen von Pflanzen und Tieren)	7
Überlastung und Schädigung von Abwasseranlagen durch Starkregen	6
Infektionen mit vektorübertragenen Krankheiten	6
Bodenerosion durch Wasser	5
Trockenstress Feuchtgebiete (Bestandsrückgang von typischen Arten der Feuchtgebiete)	5
Gesundheitliche Folgen durch Starkregen und Überschwemmungen	4
Nicht vorhandene Öko- und Kompensationsmaßnahmen	4
Allergische Reaktionen	2
Vernässung des Bodens	1
Infektionen mit lebensmittelbedingten und wasserbürtigen Erkrankungen	1
Summe	386
Bei der Darstellung nicht berücksichtigt, da kein erkennbarer inhaltlicher Bezug zu Klimafolgen/risiken	

Abbildung 8 und 9: Ergebnisse der Priorisierung der identifizierten Klimafolgen/-risiken durch Teilnehmende an Stellwand und in tabellarischer Form (Foto: Max Fuhrmann; Tabelle: eigene Darstellung)

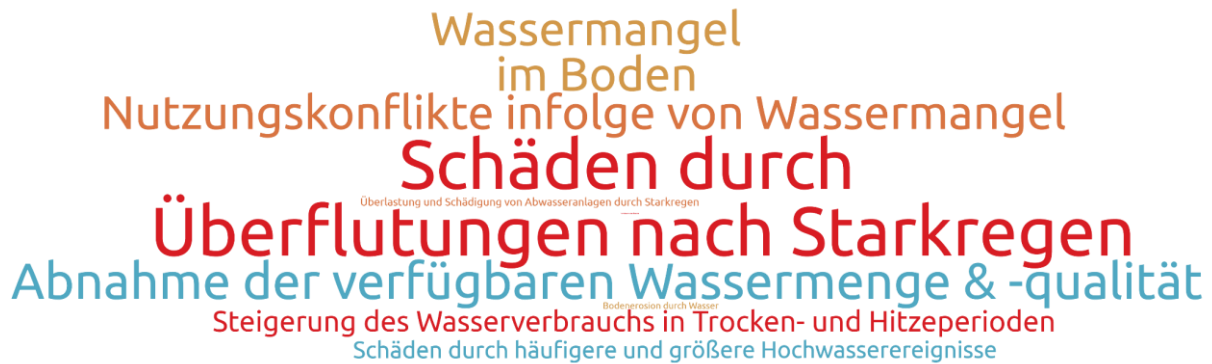


Abbildung 10: Wortwolke Priorisierung der identifizierten Klimafolgen/-risiken **Handlungsfeld Wassermengenmanagement und Bodenwasserhaushalt** (einige Titel eingekürzt, damit darstellbar)



Abbildung 11: Wortwolke Priorisierung der identifizierten Klimafolgen/-risiken **Handlungsfeld Mensch und Gesundheit**

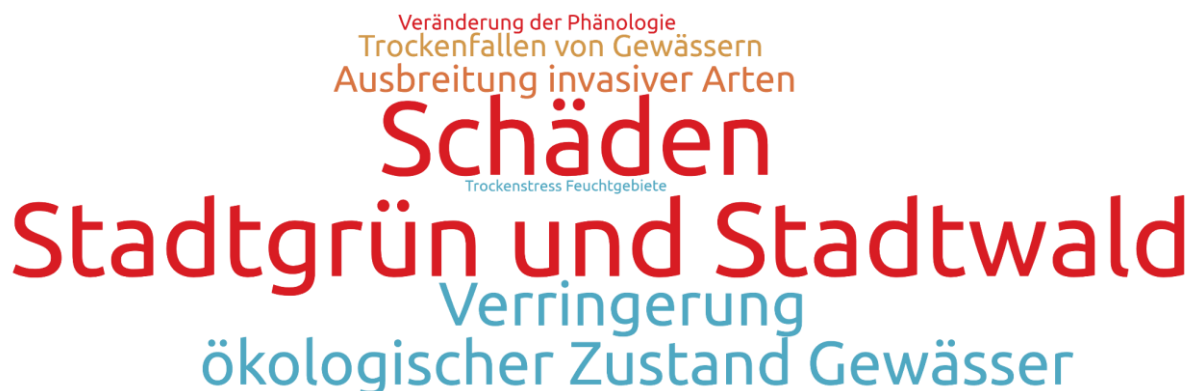


Abbildung 12: Wortwolke Priorisierung der identifizierten Klimafolgen/-risiken **Handlungsfeld Naturschutz und Biodiversität**

3. Themenworkshops - Ergebnisse

3.1 Naturschutz und Biodiversität



Abbildung 13 bis 15: Impressionen Stationsarbeit Naturschutz und Biodiversität (Fotos: Max Fuhrmann)

Stationsmoderation:

- Dr. Michael Strohbach (Institut für Geoökologie - Abteilung Landschaftsökologie und Umweltsystemanalyse - TU Braunschweig)
- Anna Seeler (Stadt Braunschweig - Untere Naturschutzbehörde)
- Helena Heidenblut (Institut für Geoökologie - Abteilung Landschaftsökologie und Umweltsystemanalyse - TU Braunschweig)

Kurzbeschreibung:

Ausgehend von drei vorbereiteten Karten zu Naturschutzflächen, Gewässern und Kleingärten in Braunschweig sowie einer kurzen Einleitung zu den relevanten Klimafolgen im Handlungsfeld wurden gemeinsam bereits bestehende, für den Themenbereich relevante Maßnahmen als auch Maßnahmenideen zusammengetragen.

Tabelle 1: Zusammenfassung der erwähnten Maßnahmen im Bereich Naturschutz und Biodiversität (Farbliche Markierung nach Gesprächsrunde: gelb = 1. Runde; blau = 2. Runde; orange = 3. Runde)

Maßnahmenidee im COABS-Forum	Maßnahmen-Kategorien			
	grün	blau	grau	weich
Aufklärung und Umweltbildung für Maßnahmen zur Förderung Biodiversität/Grün				x
Erhebungen zur Veränderung des Grundwasserspiegels durchführen				x
Renaturierung von Flussläufen (Bsp.: Beberbach)	x	x		
Auenrenaturierung	x	x		
Klimagünstige Bewirtschaftung/ Biodiversität in Kleingartenvereinen (veraltete Regeln überarbeiten; Wettbewerb „Bester Klimagarten“ u.ä.)	x	x		x
Verpachtung landwirtschaftlicher Flächen an Bioland/ Verbot von Pestiziden: Ackerlebensraum erhalten und optimieren	x			x
Verbesserung städtischer Grünflächen über die Förder-RL Landschaftswerte 2.0	x			
Maßnahmen des FUN im Bereich Hondelage auf das Stadtgebiet ausweiten	x	x		x
Extensives und naturnahes Management von Grünflächen (Vermeidung Angsträume beachten)	x			
Ungenutzte Kleingärten zu Pocket-Parks entwickeln	x	x		
Wälder erhalten / naturbelassene Entwicklung; Prozessschutz + Habitatbäume	x			
Entsiegelung (+ Experiment „Nichts-tun“ auf den Flächen: Was wächst?)	x			
Gewässer innerhalb Oker-Umflut wieder an die Oberfläche bringen		x	x	
Rückbau Wehre, um Durchgängigkeit Gewässer zu erhöhen			x	
Schwammstadt-Konzept anwenden (u.a. Wasser von Fußwege auf Grünflächen umleiten)	x	x	x	x
Bewässerung Bäume verbessern	x	x		
Baumgesundheit weiter in den Fokus rücken	x	x		x
Nachpflanzprojekte und Wuchsmöglichkeiten für große Stadtbäume	x	x	x	x
Bekämpfung invasiver Arten	x			

Weitere Anmerkungen aus der Diskussion:

- wichtigstes Thema für Naturschutz: Wassermangel in Still- und Fließgewässern
- Generell großes Interesse an Bäumen und mehr Grün in der Stadt (Spielplätze, Straßen, Innenstadt)
- Zielkonflikte vorhanden in vielen Bereichen, diese beachten
- Engagement der Bevölkerung gebraucht

3.2 Gesundheit



Abbildung 16 bis 18: Impressionen Stationsarbeit Gesundheit (Fotos: Max Fuhrmann)

Stationsmoderation:

- Prof. Dr. Stephan Weber (Institut für Geoökologie - Abt. Klimatologie und Umweltmeteorologie - TU Braunschweig)
- Anke Scholz (Stadt Braunschweig - Sozialreferat - Gesundheitsplanung)

Kurzbeschreibung:

Aufbauend auf die für Braunschweig vorgestellten Klimaänderungen wurden in einem Brainstorming relevante Anpassungsmaßnahmen für den Gesundheitsbereich zusammengetragen. Den von den Teilnehmenden selbst gewählten Schwerpunkt bildeten Maßnahmen zum Schutz vor Hitze. Am Rande wurden auch Folgen von vektorübertragenen Krankheiten diskutiert. Die Maßnahmen wurden in der Nachbereitung in vier Kategorien geordnet zusammengefasst (s. Tabelle 2 auf S. 11) und zwar nach „weichen“, „grünen“, „blauen“ sowie „grauen“ Maßnahmen.

Dabei wurden schwerpunktmäßig mehr Informationen im Bereich des Gesundheitsschutzes z.B. in Bezug auf Hitze gefordert. So wurde u.a. vorgeschlagen, Plakate im öffentlichen Bereich (z.B. im ÖPNV) zum Thema „Trinken - Heute schon ein Glas Wasser getrunken?“ zu platzieren. Auch Förderprogramme für Begrünung sowie für Klimaanlage in sozialen Einrichtungen wurden gewünscht.

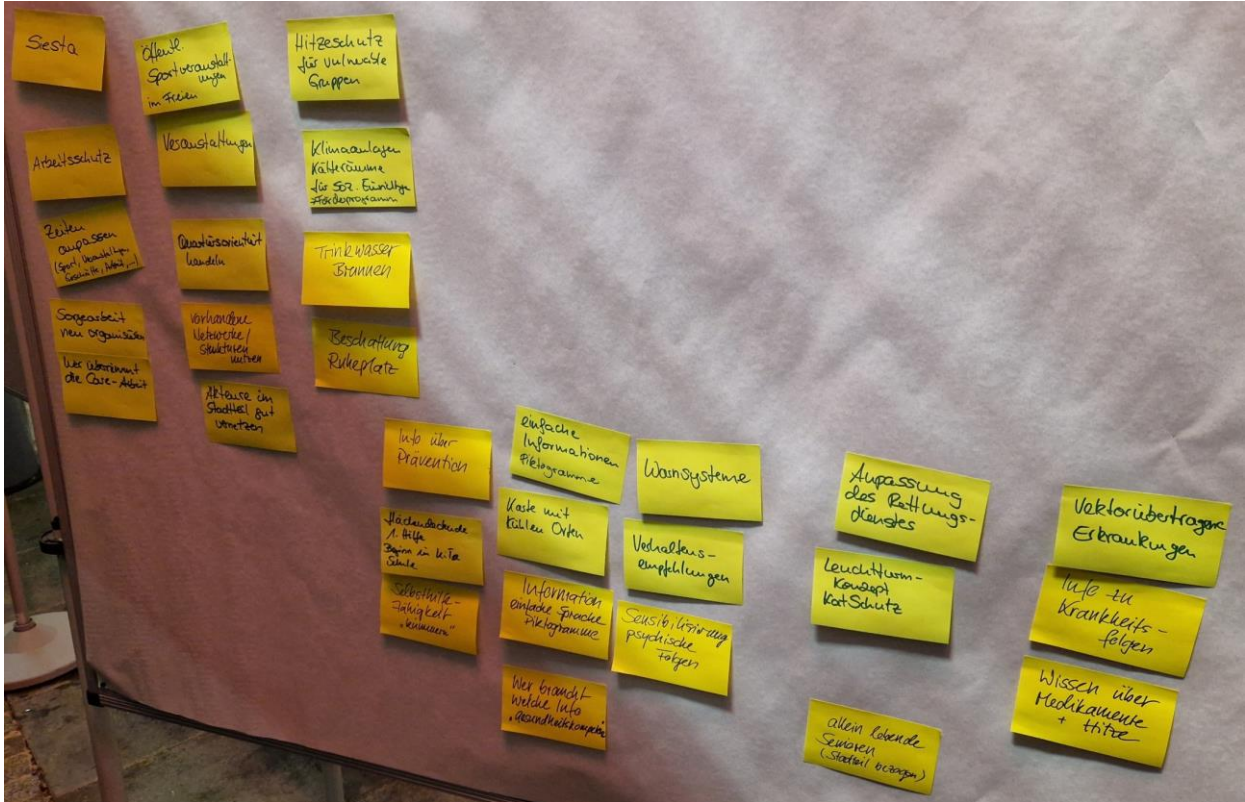


Abbildung 19: Dokumentation „Runde 1“ mit 13 Teilnehmenden (s. auch gelb markierte Tabellenabschnitte) (Foto: Stephan Weber)

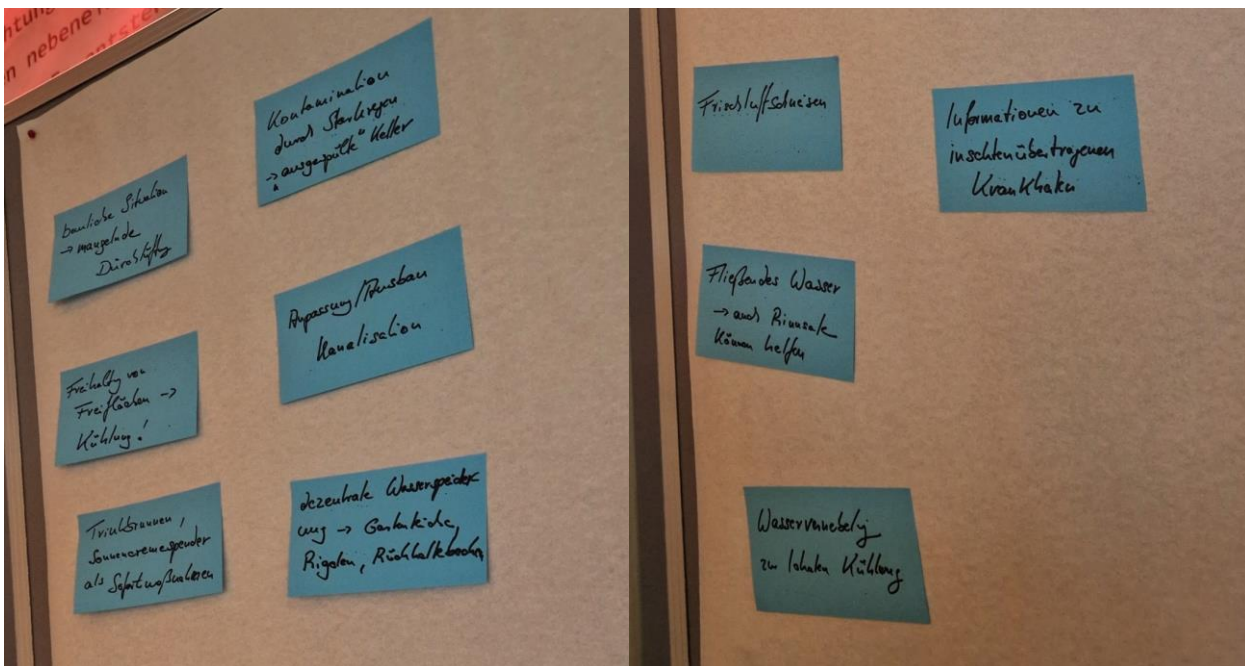


Abbildung 20: Dokumentation „Runde 2“ mit 5 Teilnehmenden (s. auch blau markierte Tabellenabschnitte) (Foto: Stephan Weber)



Abbildung 21: Dokumentation „Runde 3“ mit 10 Teilnehmenden (s. auch orange markierte Tabellenabschnitte) (Foto: Stephan Weber)

Anmerkungen aus der Diskussion:

- Zielkonflikt: Fassadengestaltung vs. Wärmedämmung & Sicherheitsaspekte bei Wärmedämmung: Brandschutz/Sondermüll
- Hinweis zur Stadt Freiburg (Konzept zur Klimawandelanpassung)

Tabelle 2: Zusammenfassung der erwähnten Maßnahmen im Bereich Gesundheit nach 4 Kategorien (Farbliche Markierung nach Gesprächsrunde: gelb = 1. Runde; blau = 2. Runde; orange = 3. Runde)

Maßnahmenidee im COABS-Forum	Maßnahmen-Kategorien			
	grün	blau	grau	weich
Warnsysteme				x
Karte mit kühlen Orten (Beschattung, Räume)				x
Trink-Erinnerungen (z.B. im ÖPNV)				x
Flächendeckend Erste-Hilfe-Kurse; schon ab KiTa/Schule				x
Selbsthilfefähigkeit/Gesundheitskompetenz stärken				x
Information über Prävention/Verhaltensempfehlungen				x
Wissen über Medikamente und Hitze				x
Infos zu Folgen von hitzebedingten sowie vektorübertragenen Krankheiten				x
Einfache Infos / Piktogramme				x
Sensibilisierung für psychische Folgen				x
Quartiersorientiert/Stadtteilbezogen handeln / Akteure im Stadtteil gut vernetzen				x
Vorhandene Netzwerke und Strukturen nutzen				x
(vulnerable) Zielgruppen beachten z.B. allein lebende Senioren				x
Siesta/Zeiten anpassen (Sport, Veranstaltungen, Geschäfte, Arbeit)				x
Checklisten für Sport- und Freizeitaktivitäten				x
Sorgearbeit neu organisieren; Care-Arbeit berücksichtigen (personelle Ressourcen)				x
Arbeitsschutz				x
Anpassung des Rettungsdienstes				x
Schottergärten reduzieren/verbieten	x		x	x
Beschattung Ruheplätze und Innenstadt	x		x	
Freihaltung Freiflächen und Frischluftschneisen zur Kühlung	x			
Dezentrale Wasserspeicherung (Gartenteiche, Rigolen, Rückhaltebecken)		x		
Fließendes Wasser / Rinnsale zur Kühlung / Wasserspiele		x		
Fassadenbegrünung	x			
Ruheorte (z.B. Bänke) / Parks	x		x	
Anteil Dachbegrünungen erhöhen	x			
Grüne Hinterhöfe	x			
Grünflächen, um psychische Gesundheit zu fördern	x			
Sportstättengestaltung der Hitze anpassen	x	x	x	
Klimaanlagen und Kälteräume für soziale Einrichtungen (Förderprogramm)			x	
Trinkwasserbrunnen		x		
Anpassung/Ausbau Kanalisation zur Prävention von Kontaminationen durch Starkregen		x		
Aufstellung Sonnencremespender			x	x
Wasservernebelungsanlagen zur lokalen Kühlung		x		
Kühle Räume und Hallen			x	x
Quartierszentren als kühle Orte			x	x
Geeignete Wohnungsgrundrisse			x	
Anteil Dachbegrünungen erhöhen	x			
Hitzeschutz für vulnerable Gruppen	x	x	x	x
Leuchtturmkonzept wie beim Katastrophenschutz -> Anlaufstellen	x	x	x	x

3.3 Mensch und Stadtentwicklung



Abbildung 22 bis 25: Impressionen Stationsarbeit Mensch und Stadtentwicklung (Fotos untere Reihe: Max Fuhrmann; Fotos obere Reihe: Olaf Mumm)

Stationskonzept und -moderation:

- Prof. Dr. Vanessa Miriam Carlow (SpACE Lab at ISU – Institute for Sustainable Urbanism, TU Braunschweig)
- Chantal Karadag (SpACE Lab at ISU – Institute for Sustainable Urbanism, TU Braunschweig)
- Dr. Katja Knecht (SpACE Lab at ISU – Institute for Sustainable Urbanism, TU Braunschweig)
- Olaf Mumm (SpACE Lab at ISU – Institute for Sustainable Urbanism, TU Braunschweig)

Kurzbeschreibung:

An dieser Themenstation waren alle Teilnehmenden dazu eingeladen, Orte in Braunschweig zu identifizieren, an denen sie sich bei extremen Wetterereignissen besonders unwohl oder beeinträchtigt fühlen. Diese markierten sie mit einer Pinnnadel und auf einem Luftbild des Braunschweiger Stadtgebietes. Zur näheren Beschreibung der klimabedingten Problemstellungen des Ortes stand ein Postkartenset zur Verfügung (s. Abb. 26). Aus den Kategorien Nässe, Kälte, Hitze, Trockenheit und Wind wählten Teilnehmende die passende Postkarte aus und verknüpften diese mittels eines Bindfadens mit dem zuvor markierten Ort. Das klimabedingte Phänomen und die subjektive Empfindung konnten ergänzend auf der Rückseite erläutert werden. Ein begehbare Luftbild Braunschweigs lud zum weiteren Entdecken und Austausch über diese und weitere Orte im Stadtgebiet ein.



Abbildung 26: Postkartenset zu klimabedingten Problemstellungen (Foto: SpACE Lab at ISU)

Als nächstes wählten die Teilnehmenden aus einer Reihe von Postkarten mit einer Auswahl baulich-räumlicher Maßnahmen zu Klimaanpassungsmaßnahmen aus den Themenfeldern Vegetation, Wasser, Material und Oberflächen, schützende Elemente und Geometrie ihren favorisierten Lösungsansatz für den identifizierten Ort. Den Teilnehmenden war es möglich, eigene Ideen hinzuzufügen und auf der Rückseite der Postkarte zu ergänzen. Die Abbildungen 27 bis 29 zeigen das Ergebnis der Stationsaktivität.



Abbildung 27 bis 29: Dokumentation der Stationsergebnisse Mensch und Stadtentwicklung (Fotos: Max Fuhrmann)

Auswertung:

Im Ergebnis steht eine Sammlung von „Problemorten“ mit ihren klimabedingten Problemstellungen, sowie jeweils individuell ausgewählte Vorschläge bzw. Wünsche für Anpassungsmaßnahmen. Die Teilnehmenden des Auftaktforums, die an dieser Themenstation mitwirkten, haben insgesamt 41 Beiträge eingereicht. Diese wurden in eine digitale Karte überführt (s. Abb. 30), die eine Übersicht der Orte in Braunschweig zeigt, für die klimabedingte Unbehaglichkeiten und Beeinträchtigungen auf Basis persönlicher Erfahrungen und Einschätzungen berichtet bzw. für die Zukunft befürchtet wurden.

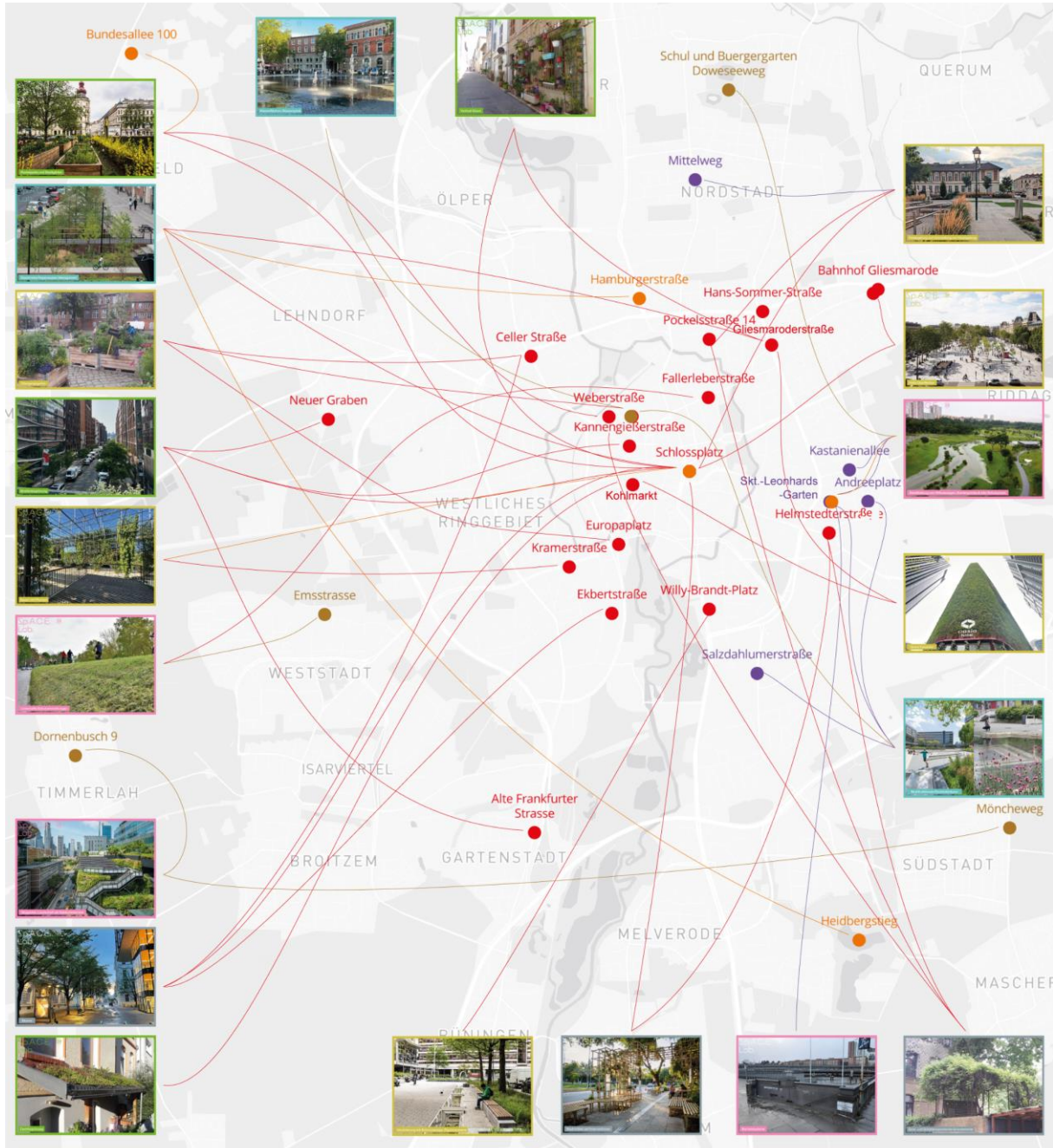


Abbildung 30: Übersicht der von den Teilnehmenden identifizierten Orte, den zugeordneten Klimaänderungen (farbkodiert: Nässe [lila], Hitze [rot], Trockenheit [orange] und Wind [braun]) und den gewählten Klimaanpassungsmaßnahmen (s. Postkarten-Abb.); Eigene Visualisierung, Kartendaten: Mapbox, OpenStreetMap. Bildnachweis: spacelab-isu.org/research?tag=coabs.

Die am häufigsten genannte Klimaänderung ist „Hitze“ (25 entsprechend gekennzeichnete Orte), gefolgt von Nässe mit 6 gekennzeichneten Orten, Wind und Trockenheit mit jeweils 5 (s. Abb. 31, links). Zur Klimaänderung „Kälte“ wurden keine Beiträge eingereicht. Die auf der Rückseite der Postkarten angekreuzten Problemstellungen sowie die in Stichworte übersetzte, thematische Analyse der abgegebenen Kommentare wurde als Wortwolke visualisiert (s. Abb. 32). Die Größe der Schrift bildet dabei die Häufigkeit der Nennung ab (je größer, desto häufiger genannt). Dabei ist zu beachten, dass die an dieser Station erarbeiteten Ergebnisse lediglich die Präferenzen der Teilnehmenden spiegeln und nicht repräsentativ sind.

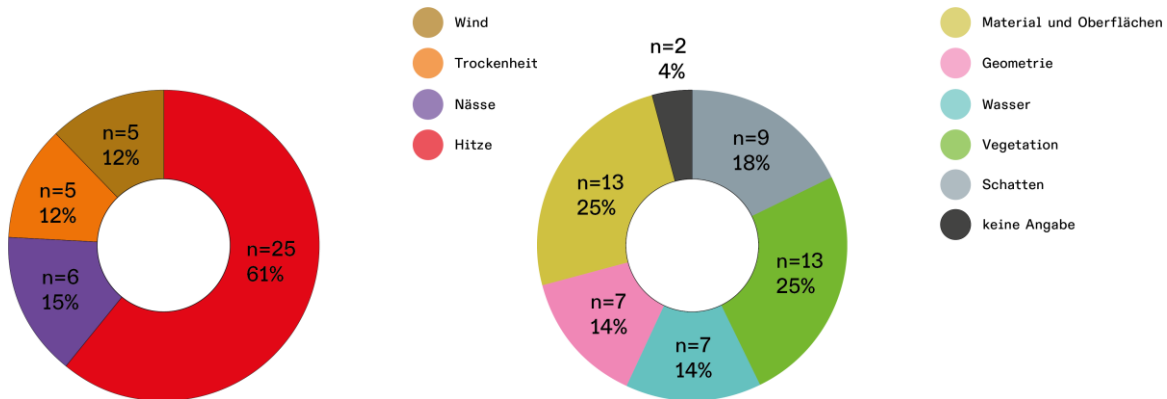


Abbildung 31: Häufigkeit genannter Klimaänderungen(links) und Klimaanpassungskategorien (rechts).



Abbildung 32: Wortwolke Häufigkeit und Übersicht genannter Klimafolgen/-risiken

Die Teilnehmenden wählten für die von ihnen identifizierten Orte als gewünschte Klimaanpassungsmaßnahmen aus den Bereichen Vegetation, Material und Oberflächen, sowie Schatten (s. Abb. 31, rechts) und dies insbesondere zur Verminderung hitzebedingter Beeinträchtigungen (s. Abb. 33). Die Auswahl einer Kombination von Klimaanpassungsstrategien und -maßnahmen war möglich. Die von Teilnehmenden hinterlassenen Kommentare und Erklärungen wurden in Stichworte übersetzt und finden sich ebenfalls in Form einer Wortwolke in Abbildung 34.

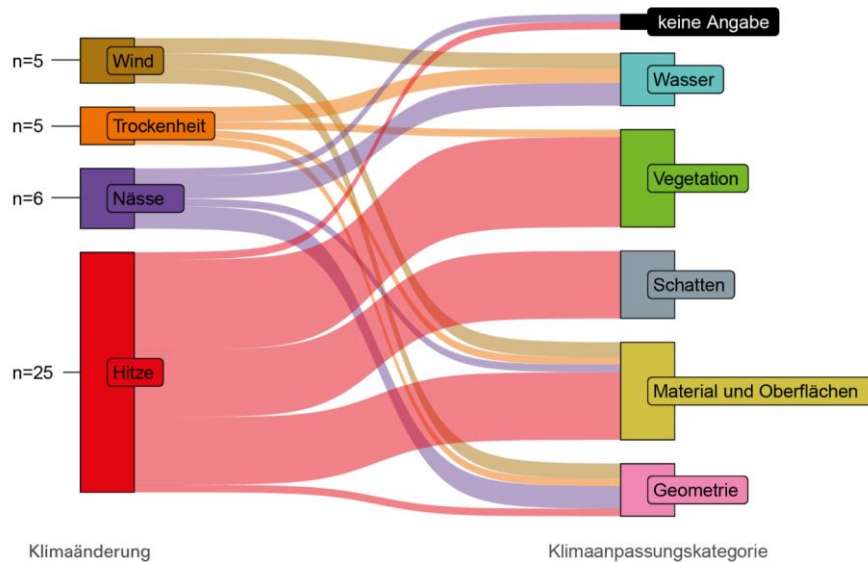


Abbildung 33: Zusammenhang zwischen genannten Klimaänderungen (links) und gewählten Klimaanpassungskategorien (rechts).



Abbildung 34: Wortwolke Häufigkeit und Übersicht genannter Klimaanpassungsmaßnahmen

Die jeweils am häufigsten ausgewählten Maßnahmen aus den oben genannten Kategorien sind „Pocketparks und Stadtgärten“ und „Vertical Green“ [Gebäudebegrünung], „Entsiegelung und Vermeidung von Versiegelung“ [Material und Oberflächen] sowie „Schattenspendende Grünelemente“ und „Bäume“ [Schatten]. Das Diagramm (s. Abb. 35) gibt eine detaillierte Übersicht über die Zusammenhänge zwischen identifizierten Klimaänderungen, deren spezifischen Problemstellungen (Klimafolgen und -risiken) sowie dafür gewählte Klimaanpassungsmaßnahmen und deren entsprechende Kategorie.

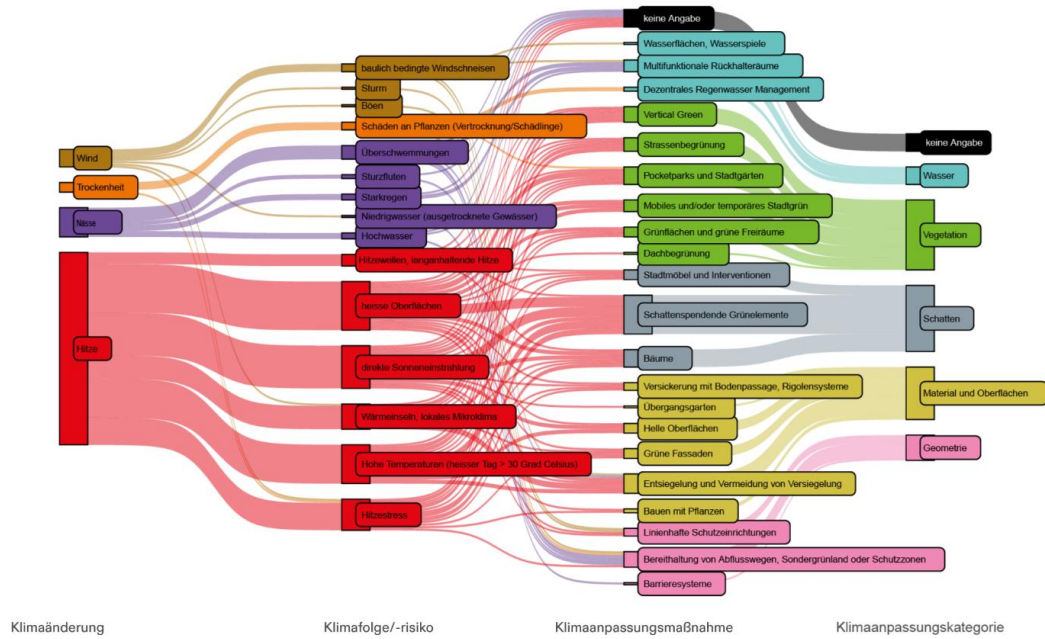


Abbildung 35: Zusammenhänge zwischen genannten Klimaänderungen (links), spezifischen Klimafolgen /-risiken (Mitte links), gewählten Klimaanpassungsmaßnahmen (Mitte rechts) und zugehöriger Klimaanpassungskategorie (rechts).

Neben den vor Ort erhobenen Präferenzen und deren anschließender Auswertung erbrachten die während der Veranstaltung geführten Gespräche zwischen Teilnehmenden und Stationsmoderierenden weitere interessante und aufschlussreiche Informationen. Die moderierenden Personen ergänzten die zugehörigen Orte und die auf den Postkarten hinterlassenen Kommentare. Die Teilnehmenden bemängelten Hitzestress und mangelnde Aufenthaltsqualität im Sommer auf innerstädtischen Plätzen. Genannt wurden hier insbesondere der Schlossplatz, Kohlmarkt und Alte Waage, sowie andere unbebaute, große versiegelte Flächen, wie Parkplätze (bspw. entlang der Hamburger Straße) sowie die daran entlangführenden Wege. Abbildungen 36 a-c zeigen die von Teilnehmenden mehrfach genannten innerstädtischen Plätze mit den dort vorgefundenen Problemstellungen und vorgeschlagenen Klimaanpassungsmaßnahmen.

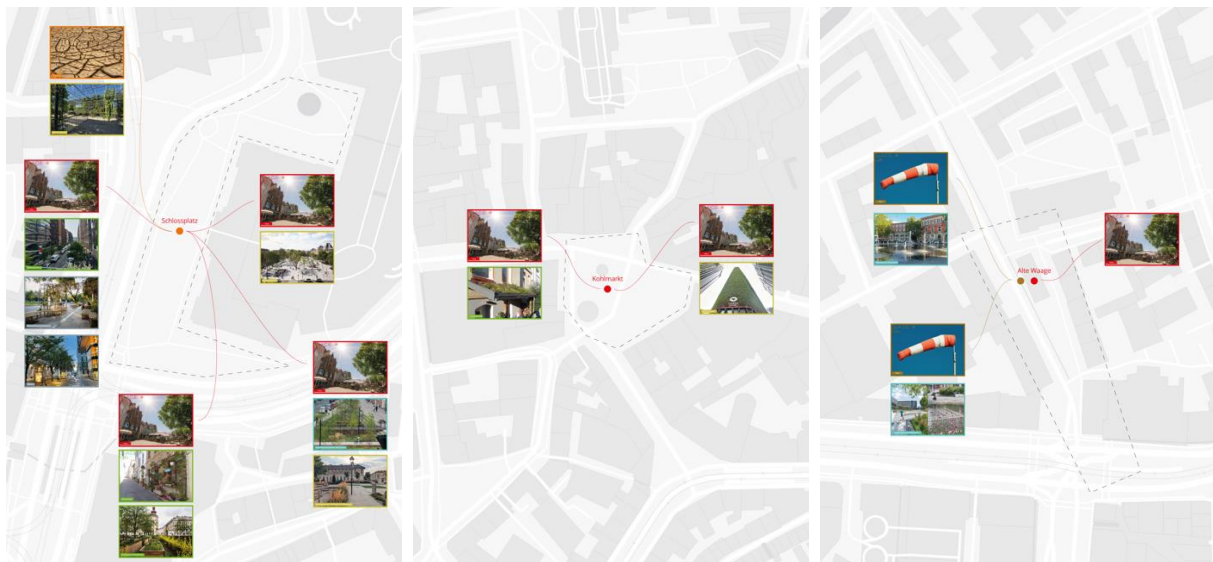


Abbildung 36: Genannte Problemstellungen und Anpassungsmaßnahmen im Detail für drei innerstädtische Plätze: a) Schlossplatz, b) Kohlmarkt und c) Alte Waage. Bildnachweis: spacelab-isu.org/research/tag=coabs.

Zu Beginn der jeweiligen Gespräche wurden oftmals stadtweite Herausforderungen und Beeinträchtigungen benannt. Der Fokus auf und die Benennung von Orten im Nahfeld des Wohn- oder Arbeitsortes blieben oftmals unscharf. Neben den hitzebedingten Beeinträchtigungen durch versiegelte Flächen wurden negative Auswirkungen bestehender und geplanter Bebauung auf das Stadtklima als Problemstellungen benannt. Insbesondere der Verlust von Kaltluftschneisen und Verdunstungsflächen durch neue Bauvorhaben auf der grünen Wiese wurde hier befürchtet und für zukünftige Planungen zu bedenken gegeben. Weiter verwiesen Teilnehmende auf Windschneisen, die den Aufenthalt entlang von Geschosswohnungsbauten unbehaglich machen sowie auf dichte Bebauung, die zur Überhitzung bzw. der Entstehung von Wärmeinseln beitrage. Zugleich wurden auch punktuelle individuelle Problemstellungen auf kleinräumlicher Ebene benannt, wie aus baulichen Charakteristika resultierende Beeinträchtigungen, z.B. die Blendung der Nachbarschaft durch umliegende weiße Dachflächen (von Industriegebäuden).

In weiteren Untersuchungen und mit Blick auf Klimaanpassung soll selbstverständlich Sorge getragen werden, dass diese Wahrnehmungen auch validiert werden können, z.B. durch Daten oder Messungen, damit diese nicht allein der Ausdruck aversiven Verhaltens gegen Bebauung/Entwicklung im eigenen Nahfeld á la NIMBY („not in my backyard“) sind.

Weitere „O-Töne“ aus dem Kontext des Themenworkshops (beliebige Reihenfolge):

„Eigentlich belastet mich alles irgendwo und irgendwann.“

„Beim Schlossplatz ist es das gleiche wie bei der Musikhalle ... keiner wird gefragt.“

„Die gesamte Innenstadt ist zu heiß.“

„Braunschweig muss neu gedacht werden.“

„Das richtige (klimaresiliente) und neue Stadtgrün muss erst gefunden werden.“

„Ich würde gerne den Parkplatz vor meiner Haustür aufbrechen! ... Wo ist die Spitzhacke?!“

„Es ist alles eine subjektive Wahrnehmung.“

Die Ergebnisse fließen im Rahmen des Projektes ein in die weitere Entwicklung der Klima-Pilotprojekte unter Beteiligung weiterer Stakeholder und der Stadtgesellschaft. Um weitere Daten und Informationen zu sammeln wurde das Format bereits in anderen Kontexten wie bspw. der Stadt der Zukunft Konferenz [#SdZ23 im Oktober 2023](#) in Braunschweig durchgeführt. Es wird angestrebt, auch eine onlinebasierte Variante zur Verfügung zu stellen, um Anzahl und Diversität der Teilnehmenden zu erhöhen. Die ausführlichen Ergebnisse und weitere Informationen stellen wir auf der COABS Projektwebseite sowie auf spacelab-isu.org/research?tag=coabs zur Verfügung.

3.4 Wassermengenmanagement



Abbildung 37 und 38: Impressionen Stationsarbeit Wassermengenmanagement (Fotos: Max Fuhrmann)

Stationsmoderation:

- Prof. Dr.-Ing. Joseph Hölscher (Werkstatt35 gmbH)
- Michael Stephan (Stadt Braunschweig - Untere Wasserbehörde)

Kurzbeschreibung:

Ausgehend von einem Banner, das die Klimawirkungen mit unmittelbarem Einfluss auf die Wasserwirtschaft darstellt, wurden auf einem Poster die für Braunschweig im Projektverlauf identifizierten Klimarisiken und Sensitivitäten als Wirkungskette für den Bereich Wassermengenmanagement dargestellt und kurz erläutert. Die Teilnehmenden wurden gebeten, zu selbstgewählten Themenschwerpunkten Maßnahmen zur Minderung von Klimarisiken vorzuschlagen. Die benannten Vorschläge wurden zunächst in gemeinsamer Abstimmung einem von fünf vorgegebenen Themenbereichen zugeordnet:

St.R.	Starkregen und dessen Folgen
SW	Siedlungswasser, Entwässerung, Wasserrückhalt,
HW	Flusshochwasser und dessen Folgen
NW	Niedrigwasser, Wassermangel, Gewässerschutz
TW	Wasserversorgung, Trinkwasser, Bewässerung, Wasser speichern und nutzen

In allen drei Runden wurde schnell deutlich, dass die meisten Maßnahmenvorschläge für mehrere der vorgegebenen Fachthemen positiv wirken und auch darüber hinaus in andere Handlungsfelder des Projektes COABS Wirkungen zeigen werden. Eine weitergehende Analyse und Wertung wird im weiteren Projektverlauf erfolgen.

Die stichwortartig festgehaltenen Maßnahmenvorschläge sind in den Abbildungen 39 und 40 dokumentiert. In Tabelle 3 erfolgt eine Zuordnung der Vorschläge zu den vier definierten Maßnahmen-Kategorien (Erläuterungen dazu siehe S. 2). Wegen der Komplexität bzw. der Breite der Umsetzungsmöglichkeiten bei den meisten Vorschlägen, die sich in den Diskussionen ergaben, werden in Tabelle 3 Mehrfachzuordnungen vorgenommen.

Tabelle 3: Sammlung der Maßnahmenvorschläge im HF Wassermanagement					
Themenbereiche	Maßnahmenvorschläge	Maßnahmen-Kategorien			
		grün	blau	grau	weich
Starkregen und dessen Folgen					
	Dezentrale Speicher		blau		weich
	Verwallungen		blau	grau	
	Starkregen (bei Beurteilung Fließgeschwindigkeit, Dauer, Wasserdruck beachten)		blau		weich
	Bürgerberatung		blau		weich
	Baumrigolen Innenstadt	grün	blau	grau	
	Starkregenspeicher		blau		
	Straßenräume als Wasserspeicher (wo möglich)			grau	
	Fließwege beachten/gestalten		blau		
	Flächenentsiegelung aktiv		blau	grau	weich
	Rasengittersteine		blau	grau	
	Parkflächen Innenstadt entsiegeln		blau	grau	
	Bsp. aus den Anden: 1 m tiefe Gräben am Straßenrand (dort offen, hier abgedeckt)		blau	grau	
	Tiefe Flächen für Starkregen-Retention		blau	grau	
	Pocket-Parks als Flutmulden/Speicher	grün	blau	grau	
	Förderung privater Maßnahmen Z.B. Retentionsflächen in Gärten (od. Hinterhöfen)	grün	blau		weich
	Wasser zur Bewässerung speichern und nutzen (Zisternen)		blau	grau	weich
	Vision Starkregen-resiliente Stadtentwicklung		blau	grau	weich
	Grüne Inseln für Verdunstungskühle	grün	blau	grau	weich
Siedlungswasser, Entwässerung, Wasserrückhalt					
	Mini-Bäche/Fließgewässer für die Innenstadt (Bsp.: Alte Waage)		blau	grau	
	Kataster für mögliche Nachverdichtung (mehr Geschosse)			grau	weich
	Verrohrte Gräben/Gewässer		blau	grau	
	Offene ökologisch gestaltete Graben- und Kuhlensysteme	grün	blau	grau	
	Zwischenspeicher (Überfluss <-> Mangel)		blau	grau	
	Verringerung GRZ (Grundflächenzahl) bei Neubau (auch geringer Überschreitungen)			grau	weich
	Stauraumkanäle Innenstadt ausbauen statt rückbauen			grau	
	Entsiegelung der Innenstadt		blau	grau	weich
	Entsiegelungskataster			grau	weich
	Water-reuse		blau	grau	
	Bauminseln mit integrierter Zisterne	grün	blau	grau	
	Dachbegrünung auch auf Satteldach (bis gewisse Neigung)	grün			weich
Flusshochwasser und dessen Folgen					
	Hochwasserschutzmauer Innenstadt			grau	
	Hoch- und Niedrigwasser von oben denken (von der Quelle/Oberlauf her)		blau		weich
	HW-Schutzdämme			grau	
	HW-Aktionstage mit Übungen			grau	weich
	Stadt Braunschweig in Projekt „Hochwasserschutz nördliches Harzvorland“ einbinden (NLG)		blau		weich
	Aufruf zu privater Vorsorge		blau		weich
	Wasserrückhalt in der Fläche/Oberlieger		blau	grau	weich
	Lokale HW-Warnsysteme			grau	weich
	Abfluss der Oker (Ausbaggern)		blau	grau	
	HW-Schutz auf Klimawandel ausrichten		blau	grau	weich
	WarnApps - koppeln/ Integrieren			grau	weich
	Speicher-Bauwerke		blau		
	„Neue“ Retentionsräume		blau		weich
Niedrigwasser, Wassermangel, Gewässerschutz					
	Beschattung Fließgewässer	grün	blau		
	Stillgewässer „belüften“	grün	blau		
	Entsiegelung!!!		blau	grau	weich
	Versickerungsflächen Flächen im öffentlichen Grünbereich	grün	blau		weich
	NW-konkurrierende Nutzungen		blau		weich
	Fließgewässer „Resilienz“: Struktur, Niedrigwasser, Beschattung	grün	blau		weich

Fortsetzung Tabelle 3: Sammlung der Maßnahmenvorschläge im HF Wassermanagement					
Themenbereiche	Maßnahmenvorschläge	Maßnahmen-Kategorien			
		grün	blau	grau	weich
Wasserversorgung, Trinkwasser, Bewässerung, Wasser speichern und nutzen					
	mehr Straßenbegleitgrün	grün	blau		
	Anstauen kleiner Gräben		blau		
	Wassersparende Bewässerungsmethoden wie Tröpfchenbewässerung	grün		grau	weich
	„Komfort“ einschränken		blau		weich
	Regenwasserspeichersystem		blau	grau	weich
	Grauwasser-Nutzung		blau		weich
	Grauwasser-Nutzung (per Zisterne)		blau		weich
	Bessere Entwässerung von Geh- und Radwegen in das Straßenbegleitgrün (Fächenneigung)		blau	grau	
	Gartenflächen“versickerung“	grün	blau		weich
	Kompost/Trenntoilette		blau	grau	
	Wasser und Gewässer zur Kühlung/Bewässerung erforderlich	grün	blau		weich
	Badeteiche (Regenwasser)		blau		
	Badegewässer Oker		blau		weich
	Waldumbau	grün	blau		weich
	Wasser ökosystemar betrachten/werten/behandeln	grün	blau		weich

„O-Töne“:

Mehrere Teilnehmende sprachen sich für regelmäßige Hochwasserschutzübungen bzw. Katastrophenschutzübungen aus, an denen die Bevölkerung in gefährdeten Gebieten teilhaben sollten. Ziel: Themen der privaten Vorsorge praxisnah vermitteln.

„Wir sollten das Wasser ökosystemar betrachten - ihm mehr Wertschätzung zukommen lassen, es besser schützen, die von ihm ausgehenden Gefahren erkennen und uns auch vor Ihnen schützen!“


„Möglichst viel Niederschlagswasser zurückhalten, versickern oder speichern – als Vorsorge für Trockenzeiten“

„Hochwasser entsteht ‚oben‘! Der Schutz vor seinen Gefahren muss auch dort einsetzen – Hochwasserschutz einzugsgebietsbezogen mit den Oberliegern denken!“


„Flächenentsiegelung wo immer es geht - Förderungsprogramme für Entsiegelung von Privatflächen aufstellen!“

„Informations-Vorsorge zu Hochwasser und Starkregen für die Bevölkerung optimieren!“

3.5 Bodenwasserhaushalt



Technische Universität Braunschweig



INSTITUT FÜR GEOÖKOLOGIE
Bodenkunde und Bodenphysik

Bodenwasserhaushalt

Dr. Sascha Iden, Ramona Riedel, Jannis Bosse & Prof. Dr. Wolfgang Durner

Abteilung Bodenkunde und Bodenphysik | Institut für Geoökologie
Technische Universität Braunschweig | Kontakt: s.iden@tu-braunschweig.de

Co-Adapted Braunschweig

Grundlagen des Bodenwasserhaushalts

Prozesse, Flüsse, Speicher

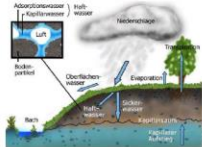


Abbildung 1: Wichtige Prozesse, Flüsse und Speicher mit direktem Bezug zum Bodenwasserhaushalt (<https://hypersol.uni-muenster.de>)

Bodeneigenschaften

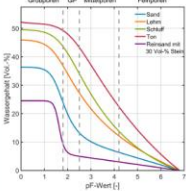


Abbildung 2: Die wohl wichtigste Materialfunktion in der Bodenhydrologie: Retentionskurve oder Wasserspeicherkurve für verschiedene Bodenarten. Der pF-Wert ist ein Maß für die Wasserbindung und direkt mit der Porengröße verknüpft. Wasser in feinen Grobporen und Mittelporen wird gegen die Gravitation im Boden gespeichert und kann durch Pflanzenwurzeln aufgenommen werden. Feldkapazität: Wassergehalt bei pF 1,8 Welkepunkt: Wassergehalt bei pF 4,2 Nutzbare Feldkapazität (nFK): Differenz aus Feldkapazität und Welkepunkt. $nFK = FK - FW$ [Vol.-%]

Wieviel pflanzenverfügbares Wasser speichert ein Boden?
 $nFKWe = nFK \cdot z_{Wurzel}$ [mm]

Beispiele für nutzbare Feldkapazitäten des effektiven Wurzelraums (nFKWe)

1. Reinsand, 30 Vol-% Steine, Durchwurzelung 60 cm → 30 mm Wasser
2. Lehm, Durchwurzelung 100 cm → 250 mm Wasser

Klimawandel und Bodenwasserhaushalt in Braunschweig: Was ist zu erwarten?

Niederschlag

1. Zunahme der Jahresniederschläge um 1-4 %, maximal 10 %
2. Saisonale Verschiebung der Niederschläge in das Winterhalbjahr (bis zu 20 % Zunahme), geringere Niederschläge im Frühjahr und Sommer (bis zu 10 % Abnahme)

Verdunstung

1. Erhöhung der potenziellen Verdunstung (ET_{pot}) um 7-19 %
2. Erhöhung der realen (tatsächlichen) Verdunstung unsicher wegen Wassermangel im Frühjahr und Sommer
3. Klimatische Wasserbilanz (Niederschlag abzüglich potenzielle Verdunstung) nimmt deutlich ab, ist aber nur bedingt geeignet als Proxy für die Grundwasserneubildung

	1992-1999	1971-2000	1981-2010	2021-2050 (RCP2.6)	2021-2050 (RCP4.5)	2021-2050 (RCP8.5)
Frühjahr	168 mm	161 mm	167 mm	+7%	+4%	+12%
Sommer	218 mm	212 mm	222 mm	+4%	+4%	+12%
Herbst	142 mm	139 mm	142 mm	+3%	+4%	+7%
Winter	173 mm	181 mm	193 mm	+5%	+11%	+14%
Jahr	768 mm	783 mm	787 mm	+2%	+4%	+8%

Was sind die Herausforderungen?

1. Trockenheit und Dürre im Sommer, Wasserstress für die Vegetation
2. Notwendigkeit der Bewässerung führt zu Nutzungskonflikten um die begrenzte Ressource Wasser (Talsperren, Grundwasser)
3. Im Jahresverlauf stark schwankende Grundwasserspiegel reduzieren das Wasserangebot zusätzlich.
4. Größere Häufigkeit von Starkregen führt zu mehr Oberflächenabfluss und reduziert die Bodenfeuchte.
5. Versiegelung und Verdichtung führen zu reduzierter Infiltration und Oberflächenabfluss
6. Bodenerosion durch Wasser, Risiko in BS eher gering
7. Vernässung von Böden im Winter führt zu schlechter Belüftung (Sauerstoffversorgung) und Verdichtung in Folge mechanischer Belastung (Bodenbearbeitung)

Was sagen uns die Daten?

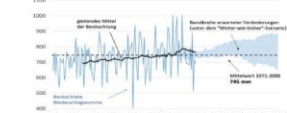


Abbildung 3: Verlauf der Jahresniederschlagssumme von 1881 – 2020 inklusive des gleitenden 30-jährigen Mittelwerts und Bandbreite der Projektionen (RCP4.5-Szenario). Quelle: Niedersächsische Strategie zur Anpassung an den Klimawandel, MUK, 2021.

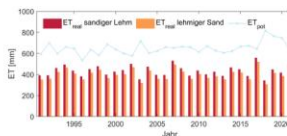


Abbildung 4: Potenzielle Verdunstung (ET_{pot}) und reale Verdunstung (ET_{real}) auf sandigem Lehm und lehmigem Sand im Zeitraum 1991-2022. Die Daten wurden dem Climate Data Center (CDC) des DWD entnommen.

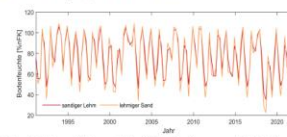


Abbildung 5: Jahreszeitlich gemittelte Bodenfeuchte, ausgedrückt als Anteil der nutzbaren Feldkapazität (nFK) in sandigem Lehm und lehmigem Sand. Die Daten wurden dem CDC des DWD entnommen, Zeitraum 1991-2022.

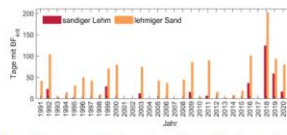


Abbildung 6: Bewässerungsbedarf in sandigem Lehm und lehmigem Sand, definiert als die Anzahl der Tage im Jahr mit einer Bodenfeuchte kleiner als 40 % der nFK. Eigene Auswertung der Daten aus dem CDC des DWD, Zeitraum 1991-2022.

Abbildung 41: Poster im Handlungsfeld Bodenwasserhaushalt (© Dr. Sascha Iden, Ramona Riedel, Jannis Bosse und Prof. Dr. Wolfgang Durner)

Stationsmoderation:

- Dr. Sascha Iden (TU - Institut für Geoökologie - Abteilung Bodenkunde und Bodenphysik)
- Prof. Dr. Wolfgang Durner (TU - Institut für Geoökologie - Abteilung Bodenkunde und Bodenphysik)

Kurzbeschreibung:

Ausgehend von einem vorbereiteten Poster, auf dem die Grundlagen des Bodenwasserhaushalts und die zu erwartenden zukünftigen Entwicklungen dargestellt wurden, wurden gemeinsam Ideen für Maßnahmen im Bereich des Bodenwasserhaushalts entwickelt und diskutiert.

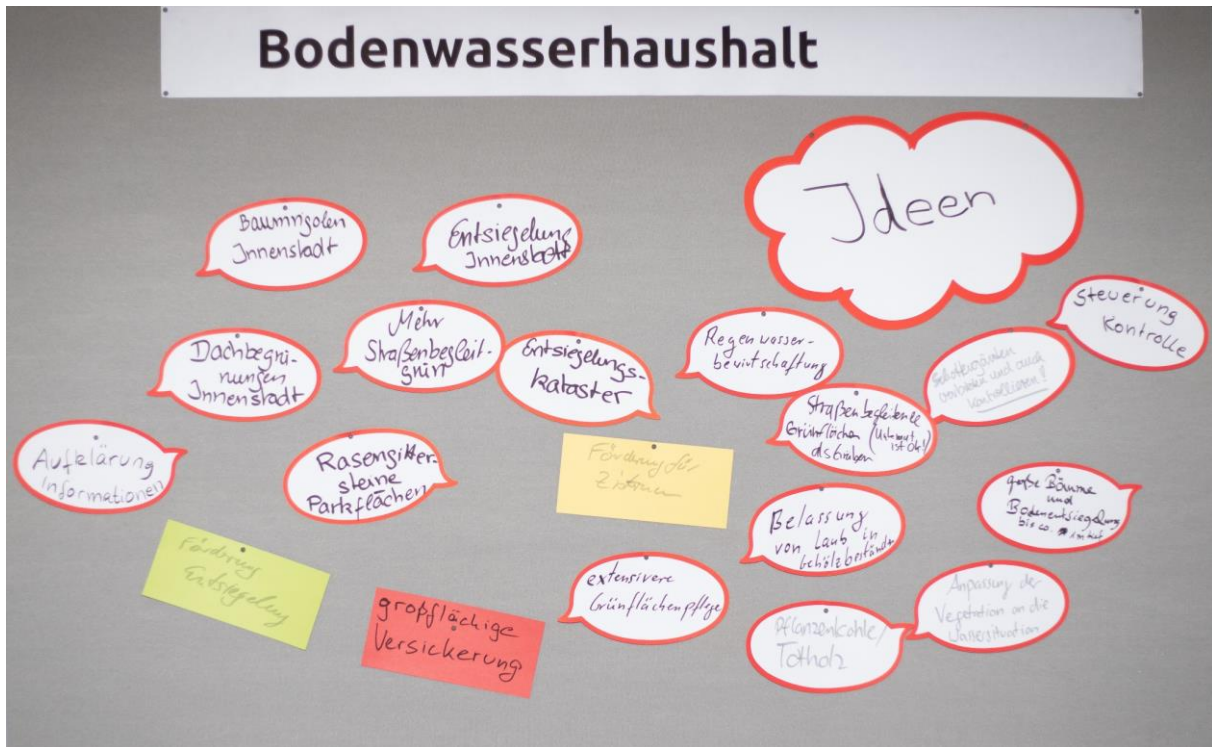


Abbildung 42: Maßnahmvorschläge im Handlungsfeld Bodenwasserhaushalt (Foto: Max Fuhrmann)

Tabelle 4: Zusammenfassung der erwähnten Maßnahmen im Bereich Bodenwasserhaushalt nach 4 Kategorien

Maßnahmenidee im COABS-Forum	Maßnahmen-Kategorien			
	grün	blau	grau	weich
Entsiegelungskataster				X
Aufklärung/Informationen				X
Förderung von Entsiegelung				X
Förderung für Zisternen				X
Baumrigolen Innenstadt	X	X	X	
Entsiegelung Innenstadt	X	X	X	
Dachbegrünungen Innenstadt	X	X		
mehr Straßenbegleitgrün	X	X		
Rasengittersteine auf Parkflächen	X	X	X	
großflächige Versickerung		X	X	
extensive Grünflächenpflege	X			
Beschattung zur Verdunstungsreduktion	X	X	X	
Straßenbegleitende Grünflächen als Gräben (Wildkräuter sind erwünscht)	X		X	
Regenwasserbewirtschaftung		X		
Mulchen zur Reduktion unproduktiver Verdunstung, z.B. mit Laub	X			
Anpassung der Vegetation an sommerlichen Wassermangel	X	X		
Verbesserung der Wasserspeicherung der Böden durch Pflanzenkohle und Erhöhung des Kohlenstoffgehalts, z.B. durch Belassung von Laub auf dem Boden	X			
große Bäume benötigen größere Volumina geeigneter Substrate als momentan empfohlen, insbesondere die vertikale Mächtigkeit erscheint häufig unzureichend	X	X	X	

Weitere Anmerkungen aus der Diskussion:

- Die Modellierung von Bodenfeuchte könnte in Zukunft durch Bodenfeuchtemessungen ergänzt werden; das Dezernat VIII stellt mittelfristig Daten aus dem LoRaWAN-Messnetz in Aussicht.
- Der Bewässerungsbedarf ist eine wichtige Größe für die Beurteilung des Bodenwasserhaushalts im Klimawandel – dieser steigt im Einklang mit Klimaprognosen für die Region.
- Das Wasserspeichervermögen von Stadtböden sollte intensiver untersucht werden, auch um Verbesserungsmaßnahmen beurteilen zu können; es bestehen diesbezüglich noch große Unsicherheiten bei heterogenen Stadtböden.
- Es entstand eine interessante Diskussion darüber, ob Pflanzen in Fugen die Infiltration erhöhen oder verringern.
- Eine weitere interessante Diskussion entspann sich über den Nutzen technischer Substrate bei Baumpflanzungen und ihre mögliche Optimierung.

3.6 Vision Klimaanpassung



Abbildung 43 und 44: Impressionen Stationsarbeit Vision Klimaanpassung (Foto: Max Fuhrmann)

Stationsmoderation:

- Dr. Beatrice John (Zentrum KlimaAnpassung)
- Lotta Becker (Stadt Braunschweig - Projektmitarbeiterin Co-Adapted Braunschweig)

Kurzbeschreibung:

Ausgehend von einer kurzen „Gedankenreise“ in ein klimaangepasstes Braunschweig 2040, die die Teilnehmenden einlud, sich eine klimaresiliente Stadt bildhaft vorzustellen, wurden anhand von beispielhaften Anpassungszielen (vorbereitete Vorauswahl, vor Ort ergänzt) zentrale Maßnahmen für die Zielerreichung entwickelt. Außerdem wurden vorhandene Ressourcen, die zur jeweiligen Zielerreichung beitragen können, gebrainstormt. Parallel dazu sammelten die Stationsmoderatorinnen in den Diskussionen erwähnte Herausforderungen und Chancen.

Um eine bessere Übersichtlichkeit zu gewährleisten wurden die fünf in Teilgruppen durchgeführten Runden (s. Abb. 46 bis 50) im Folgenden zusammen ausgewertet.

Es ergaben sich vielfältige Ideen für Anpassungsmaßnahmen, die Diversität der vorhandenen Ressourcen und Perspektiven wurde deutlich und auch die starke Verknüpfung zu anderen Themen/Herausforderungen unserer Zeit sowie vorhandene Synergien und Zielkonflikte von Maßnahmen, die dem Bereich der Klimaanpassung angehören. Zentrale Herausforderungen und Chancen konnten benannt werden. Es zeigte sich ein Fokus auf sehr große/übergreifende bzw. gesamtgesellschaftliche Ziele (Bsp.: Gerechtigkeit, Zusammenhalt) und auch die soziale Sphäre sowie Themen der Umweltgerechtigkeit waren in den Ideen stark vertreten (z.B. vulnerable Gruppen/Betroffene berücksichtigen/einbeziehen und schützen, Fürsorge etc.).

In den Themenworkshops von den Teilnehmenden ausgewählte Anpassungsziele:

- Schutz der Bevölkerung vor extremen humanmeteorologischen Belastungen (Hitzestress)
- Gerechtigkeit/Generationengerechtigkeit
- Sicherung ausreichend großer Flächen und Korridore als Frischluftschneisen und zur natürlichen Anpassung der Verbreitung von Arten
- Innenstadt kühlen
- Sensibilisierung von Politik, Verwaltung, und Öffentlichkeit für Klimaanpassungsthemen und daraus resultierende Handlungsbedarfe
- Stärkung der interdisziplinären Zusammenarbeit und Weiterführung bereits etablierter Strukturen und Maßnahmen zur Klimaanpassung
- Fürsorge füreinander entwickeln; Schutz vulnerabler Gruppen
- Gesundheit erhalten/mehr Zusammenhalt

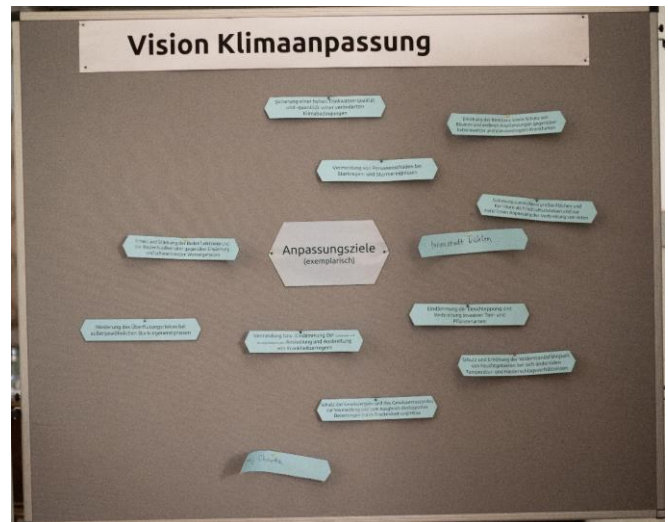


Abbildung 45: Auswahl exemplarischer Anpassungsziele an Stellwand (Foto: Max Fuhrmann)

Tabelle 5: Zusammenfassung der erwähnten Maßnahmen an der Station „Vision Klimaanpassung“ nach 4 Kategorien

Maßnahmenidee im COABS-Forum	Maßnahmen-Kategorien			
	grün	blau	grau	weich
Öffentliche, grüne und lebenswerte Aufenthaltsräume mit Begrünung, Verschattung, Mobil, Gewässer (auch bei Regen, Hitze, Kälte); dort Austausch fördern (gegen Vereinsamung) -> klimagerechte Begegnungsräume	x	x	x	x
Bewusstsein und Verständnis schaffen (Allg. zu Klimaanpassung /Bezug zu Hitze)				x
Vorgaben für Baugebiete (z.B. Begrünung Dächer)				x
Freiflächen im Bebauungsplan vor wirtschaftlichen Interessen priorisieren				x
Autofreie Zonen im Innenstadtbereich				x
Stadtplanung umdenken				x
Ziele plakativ darstellen mit positiven Bildern /plakative Aufklärungsarbeit („Wusstest du, dass...“)				x
Kampagne mit positiven Botschaften („Danke, dass du...“)				x
Austausch der verschiedenen Parteien mit Bürgern (Experten) der Region wie auch BI's, Vereine, NGO's usw.				x
Patenschaften organisieren (Bäume, Orte, Personen)				x
Stadtverbesserungsclubs				x
„Trefforte“ Kälte/Wärme und Austausch				x
Multifunktionalität in den Fokus rücken (Bsp. Ludwigsgarten)	x	x	x	x

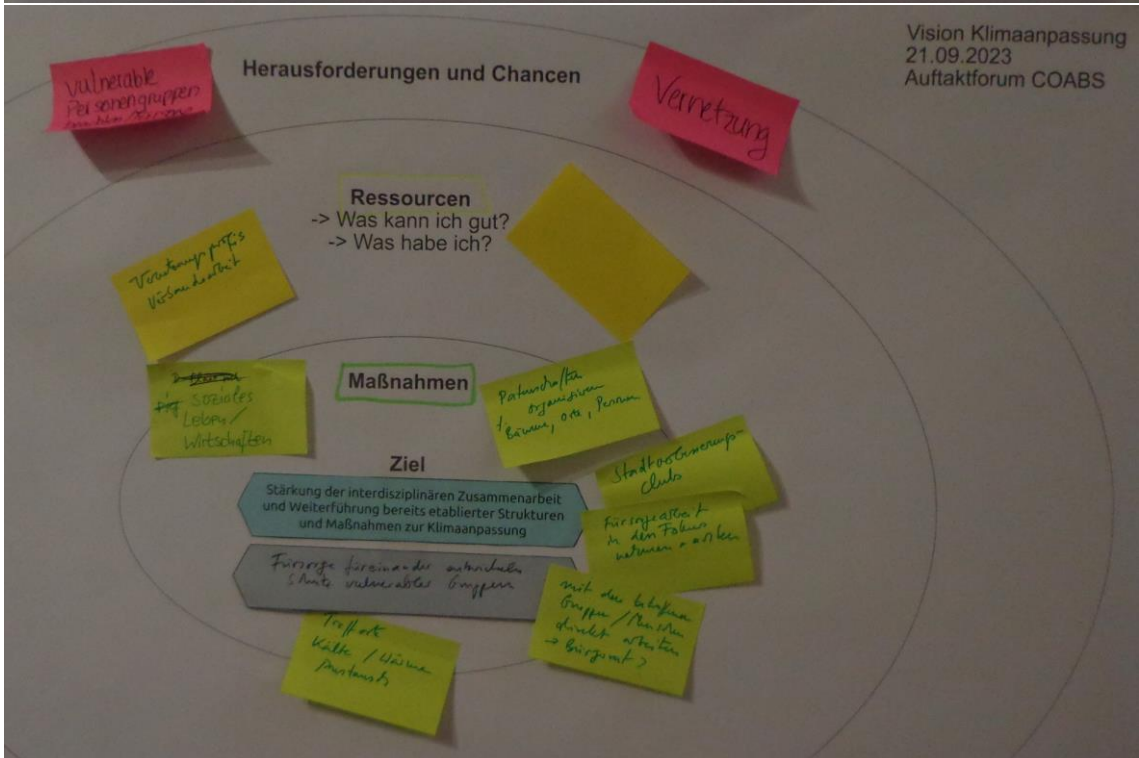
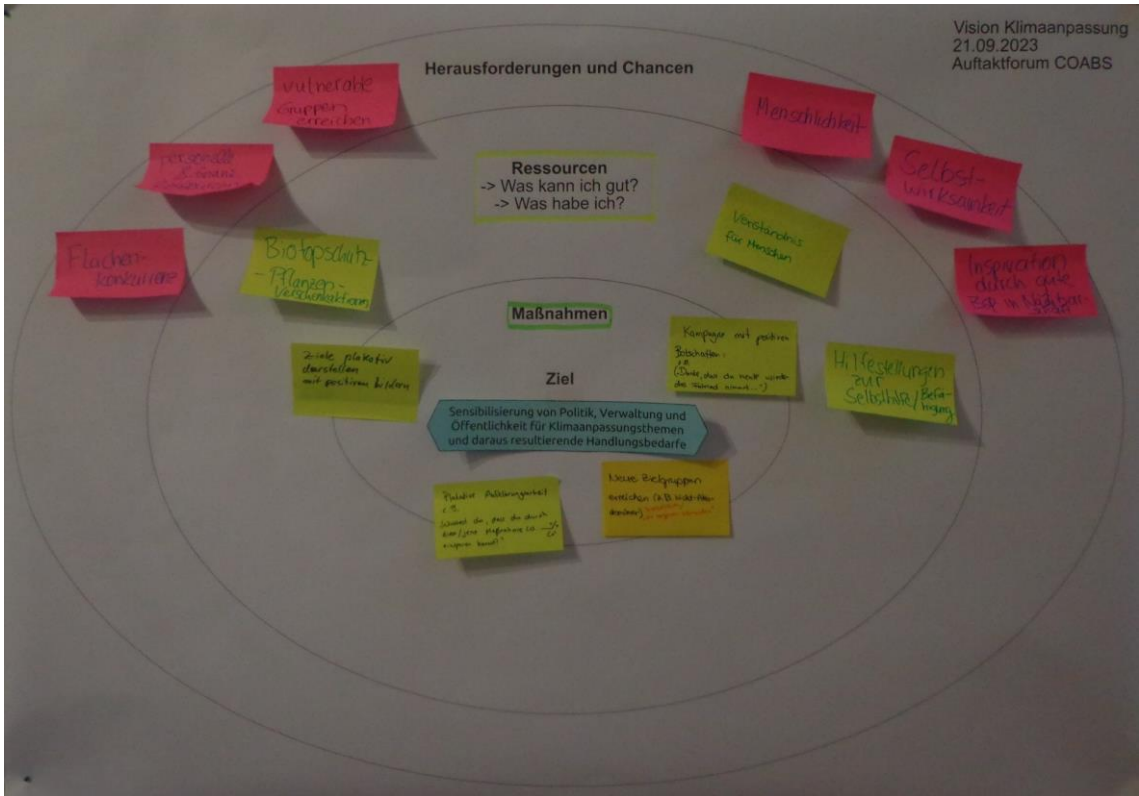
Maßnahmenidee im COABS-Forum	Maßnahmen-Kategorien			
	grün	blau	grau	weich
Weniger PKW, mehr Carsharing				x
Umwelterziehung in Kitas und Schulen (als Pflicht) und altersgerecht				x
Klimaanpassungs-Schlössfestspiele				x
Klima-Nachbarschaftskoffer + Kofferverantwortliche				x
Gesundheitsfürsorge für psychologische Effekte				x
(Arbeits-) Wege reduzieren / kurze Wege; weniger Pendeln				x
Kühle Räume zugänglich machen				x
Temperaturanstieg begrenzen				
Hitzetelefon und Hitzebegleiter (Einkaufen, Arztgänge, kühle Orte aufsuchen)				x
„Aufeinander achten“ neu entwickeln				x
Entsiegelung durch weniger Parkplätze (+ multifunktionale Umnutzung für Menschen; z.B. Regenrückhaltebecken und Spielplatz kombinieren))	x	x	x	
Verschattung durch Bäume im öffentlichen Raum -> Schattenplätze	x			
Wasserläufe in die Straßen zur Kühlung		x		
Lebenswerte öffentliche Räume (Begrünung, Verschattung, Mobiliar, Gewässer)	x	x	x	
Öffentliche Räume mit mikroklimatisch ausgleichenden Bedingungen / öffentliche Grünanlagen schaffen	x			
Gleichmäßige Verteilung von Grünflächen / gerechte Verteilung von grünen (+kühlen) Erholungsflächen	x			
„Mehr Grün und Blau“ als lokale klimausgleichende Maßnahme	x	x		
Schattenspender: z.B. Barcelona	x		x	
Parkplätze begrünen	x			
Maßnahmen zur Grünpflege anpassen und vermitteln	x			
Alle Kirchen und öffentlichen Gebäude mit Solarpanelen bestücken und begrünen	x			
Trinkwasserstellen/-brunnen schaffen		x	x	
Bibliotheken klimatisieren			x	
Rückhaltebecken in der Innenstadt schaffen		x		
Haltestellen und Wartehäuschen: Überdachungen prüfen			x	
Schlоссplatz teilweise entsiegeln			x	
Parkplätze überdachen			x	

Ressourcen

- Private Grundstücke und Gärten für die Öffentlichkeit/Nachbarn nutzbar machen - ja? Wie?
- Kooperation mit sozialen Einrichtungen und Vereinen
- Biotopschutz / Pflanzenverschenk-Aktion
- Hilfestellungen zur Selbsthilfe
- Verständnis für Menschen
- Vernetzungsprofis Verbandsarbeit
- Expertise zur Gesundheit Älterer
- Netzwerk verschiedener Akteure im Stadtteil

Herausforderungen und Chancen

- Zielgruppen klären; z.B.: Arme, Alte, Kranke, Kinder
- An die Betroffenen herankommen und diese involvieren / vulnerable Gruppen erreichen
- Neue Zielgruppen erreichen (z.B. Nicht-Akademiker/Jugendliche)
- Lebenswerte Bedingungen für alle Bewohnenden schaffen
- Vulnerable Personengruppen beachten/Fürsorge
- Fokus auf benachteiligte Gebiete (Bevölkerungsstruktur, Einkommen) -> Dort Maßnahmen zuerst
- Integratives Stadtteilmanagement; z.B. Nachbarschaften von innen mitnehmen und stärken
- Einbindung in Maßnahmen im Wohngebiet
- Vorhandene Akteure finden und vernetzen in den Quartieren
- Mieter und Wohnungsbaugenossenschaften ins Gespräch bringen
- Mit den Betroffenen Gruppen/Menschen direkt arbeiten -> Bürgerrat?
- Fürsorgearbeit in den Fokus nehmen
- Menschlichkeit
- Selbstwirksamkeit
- Inspiration durch gute Beispiele in Nachbarschaft
- Zielkonflikte: Wie geht man mit ihnen um?
- Personelle und finanzielle Ressourcen
- Festgefahrene Strukturen: Wie neue Ideen ermöglichen?
- Flächenkonkurrenz
- Nicht vom Lautesten oder Kaufstärksten abhängig machen (bspw. Autokonzerne)
- Abriss und Enteignung?!
- Vernetzung mit Bürger:innen, BI's, NGO's, Vereine usw. / Vernetzung





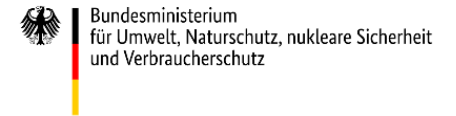
**Co-Adapted
Braunschweig**

Auftaktforum

Gemeinsam für Klimaanpassung!

Stadt Braunschweig - Fachbereich Umwelt
TU Braunschweig - Institut für Geoökologie & Institute for Sustainable
Urbanism

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Ablauf



- 16:30** **Begrüßung**
Holger Herlitschke (Umwelt-, Stadtgrün-, Sport- und Hochbaudezernent)
- 16:40** **Impulsvortrag „Klimaanpassung in Kommunen - Herausforderungen und Praxisbeispiele“**
Dr. Beatrice John (Zentrum KlimaAnpassung)
- 17:00** **Klimaänderungen und Klimafolgen in Braunschweig**
Prof. Dr. Stephan Weber (TU Braunschweig - Klimatologie und Umweltmeteorologie)
- 17:10** **Klimaanpassung gemeinsam gestalten – das Projekt „Co-Adapted Braunschweig“**
Dr. Ines Bruchmann (Stadt Braunschweig - Abteilung Klimaschutz und strategische Umweltplanung)
- 17:30** **Pause**
- 18:00** **Themenworkshops zu Klimaanpassung**
- 19:30** **Schlussworte**
Ausklang der Veranstaltung



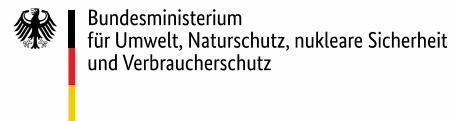


Klimaanpassung in Kommunen

Co-Adapted Braunschweig,
21. September 2023

Dr. Beatrice John, Zentrum KlimaAnpassung

Im Auftrag des:





Das »Zentrum KlimaAnpassung«

Ein Überblick

- **Gründung** im Jahr 2021 auf Initiative des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV)
- **Durchgeführt** vom Deutschen Institut für Urbanistik und adelphi
- **Bundesweite** Beratungs- und Informationsstelle für Kommunen und Träger*innen sozialer Einrichtungen bei allen Fragen rund um das Thema Klimaanpassung
- Bedarfsgerechte **Information und Beratung** von Entscheidungsträger*innen vor Ort; Unterstützung beim Aufbau von Wissen, bei der Auswahl der passenden Fördermittel sowie bei Austausch und Vernetzung
- **Bündelung und sinnvolle Ergänzung** bestehender Angebote im Bereich Klimaanpassung in enger Zusammenarbeit mit relevanten Akteur*innen
- Alle Angebote des ZKA sind **kostenfrei**.





Leistungen

Zentrum KlimaAnpassung



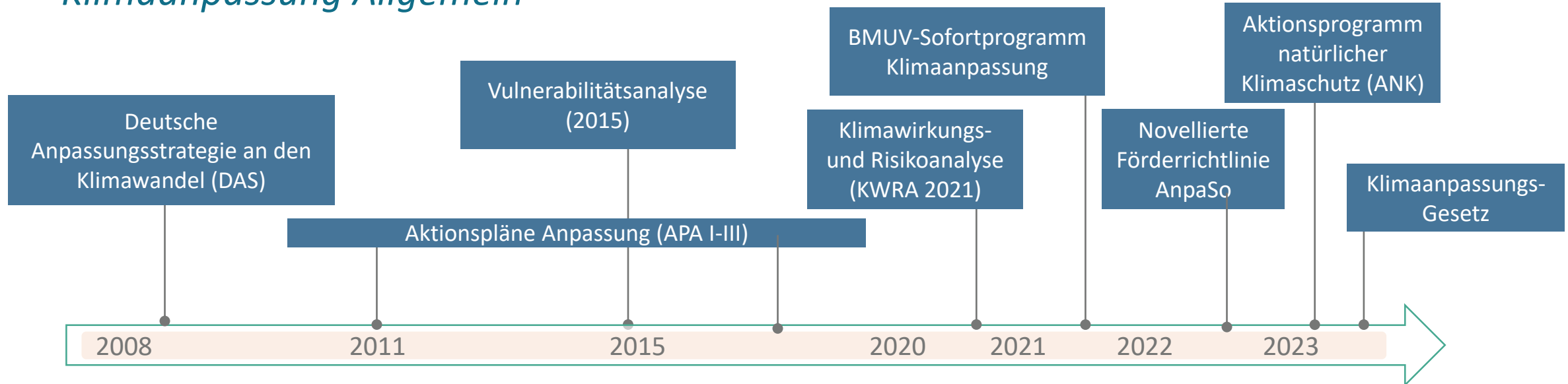


Rahmenbedingungen für die Klimaanpassung



Bundesweite Entwicklungen und Rahmenbedingungen

Klimaanpassung Allgemein



› Deutsche Anpassungsstrategie (DAS)

- › Anpassung möglichst frühzeitig, integriert und **nachhaltig** angehen
- › Nutzung von Synergien und positiven Nebeneffekten zu den Zielen der **Nachhaltigkeit**, wie insbesondere Klimaschutz und die **Erhaltung von Biodiversität und Ökosystemleistungen**

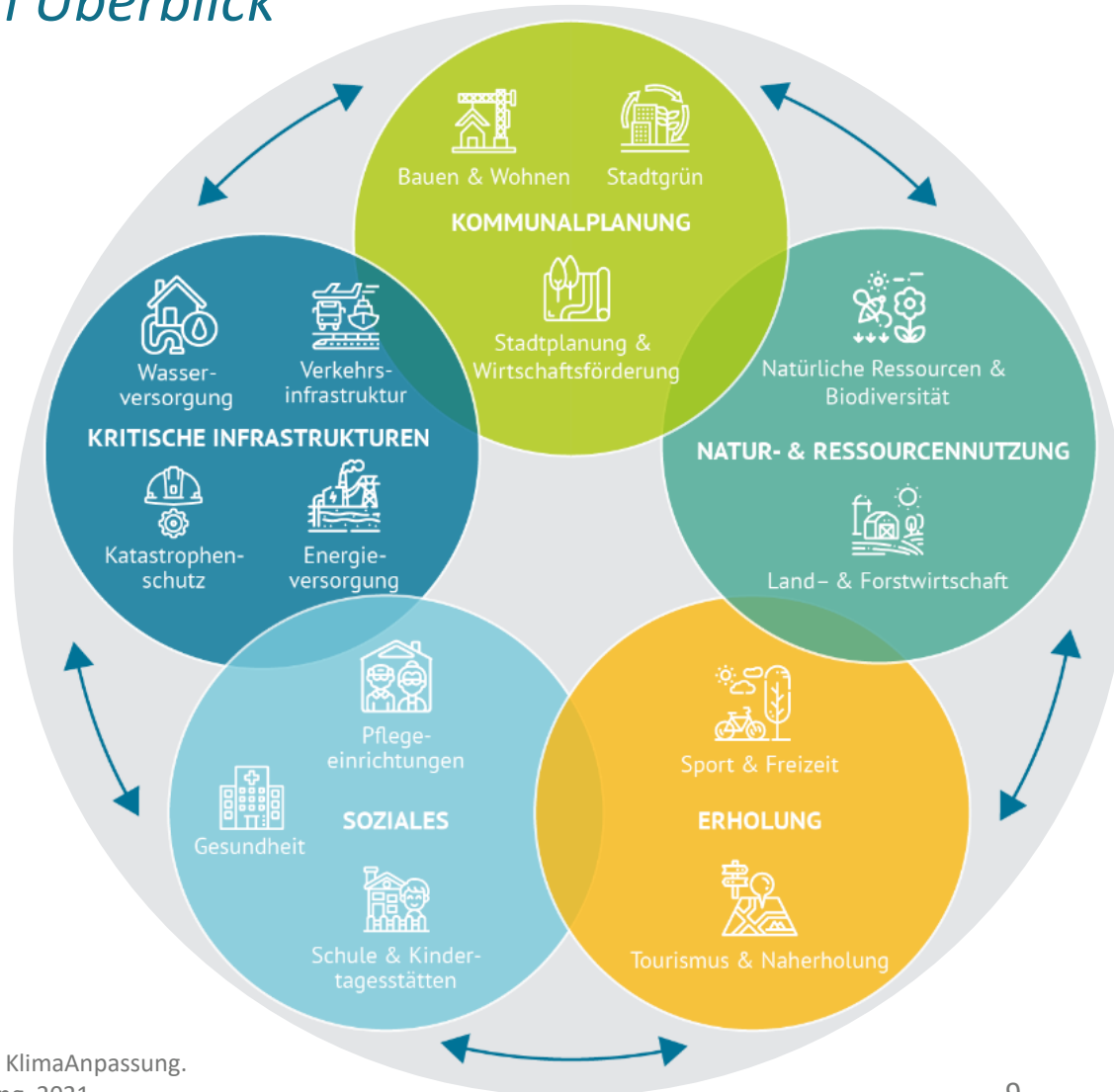
› Aktionsprogramm natürlicher Klimaschutz (Kabinettsbeschluss 03/23)

- › Ökosysteme erhalten, der Klimakrise begegnen
- › Biodiversitäts- und Klimaschutz [und Anpassung] stärker zusammenführen
- › Dialog und Partizipation - Transformation zu einer nachhaltigen und klimaneutralen Lebens- und Wirtschaftsweise



Handlungsfelder der Klimaanpassung

Ein Überblick



Klimaanpassung als Querschnittsthema

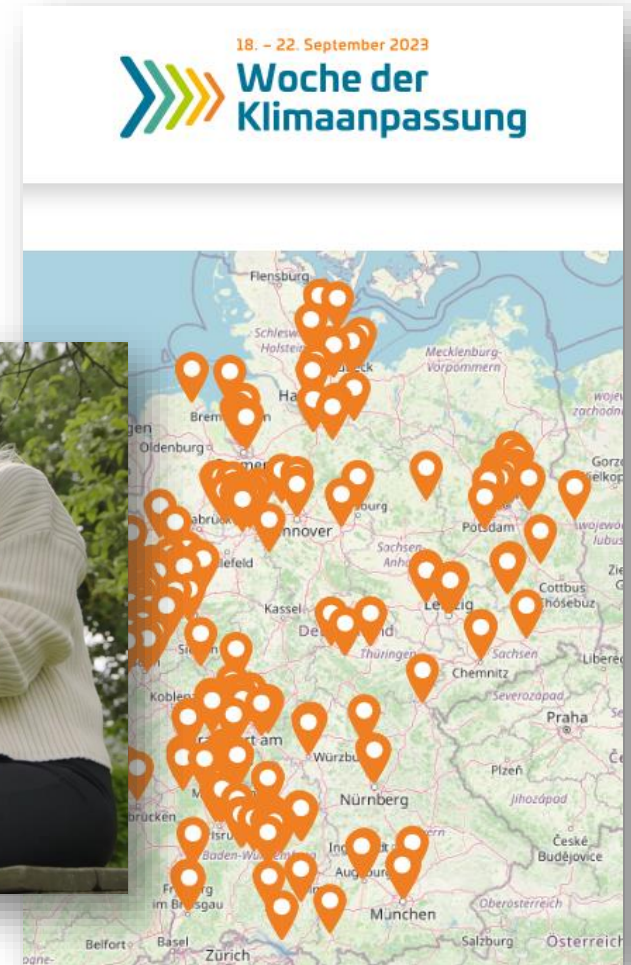
- › Zusammenhänge zwischen verschiedenen Risiken und Themenbereichen
- › Wirkbeziehungen zwischen Anpassungsmaßnahmen
- › Ganzheitliche Herangehensweise an Klimaanpassung (integrierte Ansätze) erforderlich
- › Orientierung an Leitbildern (mit handlungsfeldübergreifender Zielsetzung), z.B. „Wassersensible Stadtentwicklung“, „Klimaresiliente Stadtentwicklung“



Woche der Klimaanpassung 2023 in Deutschland

Praxis zeigt: Klimaanpassung ist machbar

- › ca. 200 Partner*innen, rund 300 Veranstaltungen
- › Kommunen sind Schlüsselakteure bei der Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen
- › Formate: Informationstage, Klimaspaziergänge, ...
- › Maßnahmen und Tätigkeiten im Arbeitsfeld Klimaanpassung per Videoportrait kennenlernen.





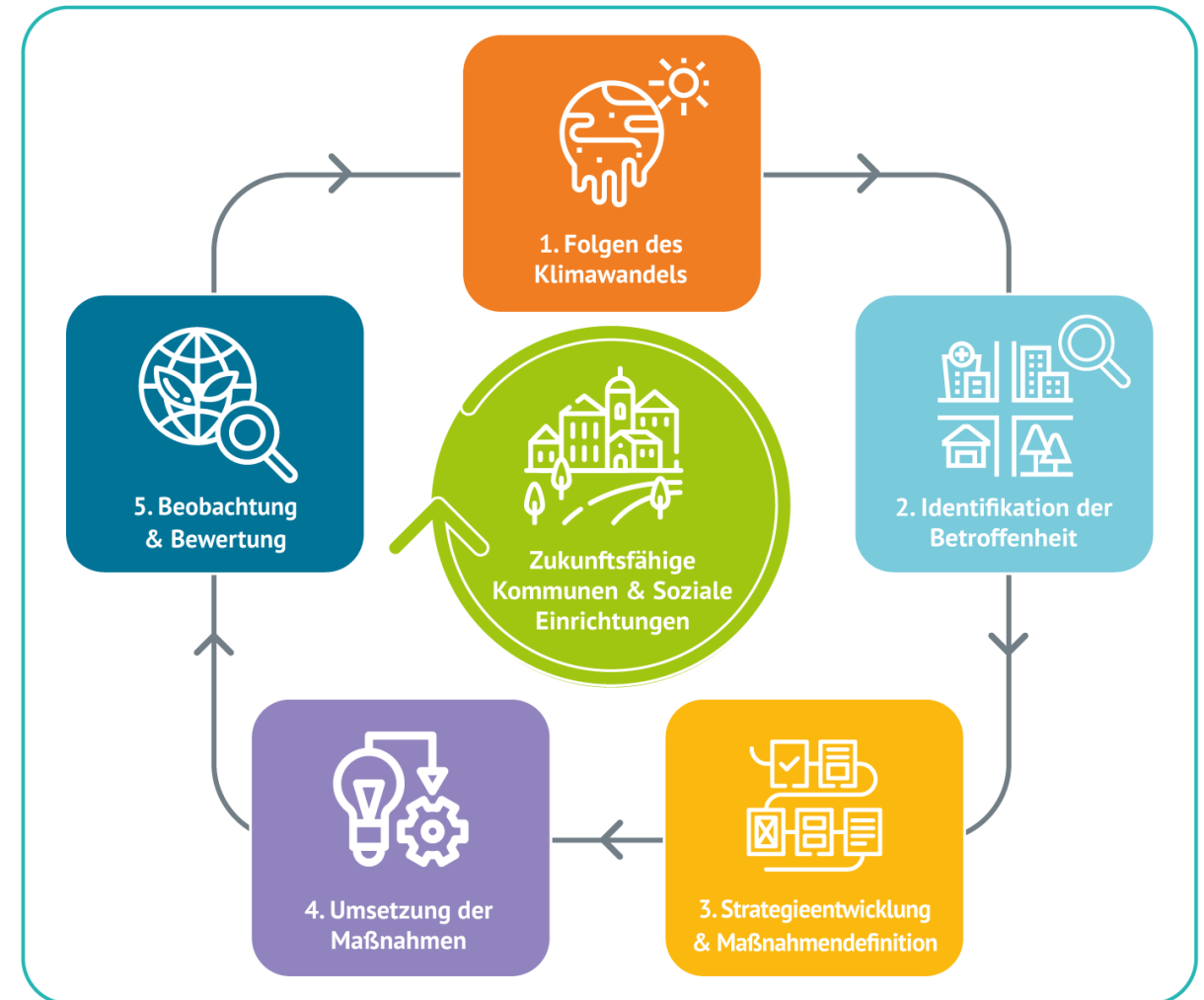
Handlungsoptionen für die Klimaanpassung



Handlungsmöglichkeiten

Umsetzung in der Kommune | Klimaanpassung als Prozess

- › Hinweis: typischer / idealisierter Prozess bei der kommunalen Klimaanpassung, der natürlich individuell angepasst werden kann und sollte
 - › z.B. parallel zur Konzepterstellung bereits Umsetzung einzelner Pilotprojekte
 - › Integration bereits umgesetzter und laufender Strategien und Maßnahmen (Bsp. Ökokonzept, Waldumbau)



Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an UBA-KomPass, Klimatolse



Überblick zu Anpassungsoptionen

Von der Strategie zur Umsetzung

Anpassungsoptionen

Ganzheitliche &
Strategische Ansätze

Maßnahmen

Klimaanpassungs-
konzept

Teilkonzept

Hitzeaktionsplan &
Hitzeschutzplan

Naturbasierte
Maßnahmen

Graue
Maßnahmen

Weiche
Maßnahmen



Naturbasierten Lösungen

blau-grüne Infrastruktur, naturnahe Lösungen, natürlicher Klimaschutz

- › Sind Maßnahmen, durch die Ökosysteme geschützt, nachhaltig bewirtschaftet und wiederhergestellt werden, und darüber hinaus dem menschlichen Wohlbefinden und der biologischen Vielfalt dienen.



Vorteile

- › Multifunktionalität
- › Können gleichzeitig in ökologischer, ökonomischer, sozialer und kultureller Hinsicht nützlich sein und somit mehreren Herausforderungen zugleich begegnen
- › Ökosysteme können mit ihrer Hilfe (wieder) widerstandsfähiger und leistungsfähiger werden, was gleichermaßen zum Biodiversitätserhalt, zum Klimaschutz und zur Klimaanpassung beiträgt
- › Dank des Mehrfachnutzens und der Synergieeffekte, gelten sie als kosteneffizient und als sinnvolle Alternative oder Ergänzung zu „grauer Infrastruktur“





Blau-Grüne Infrastrukturen

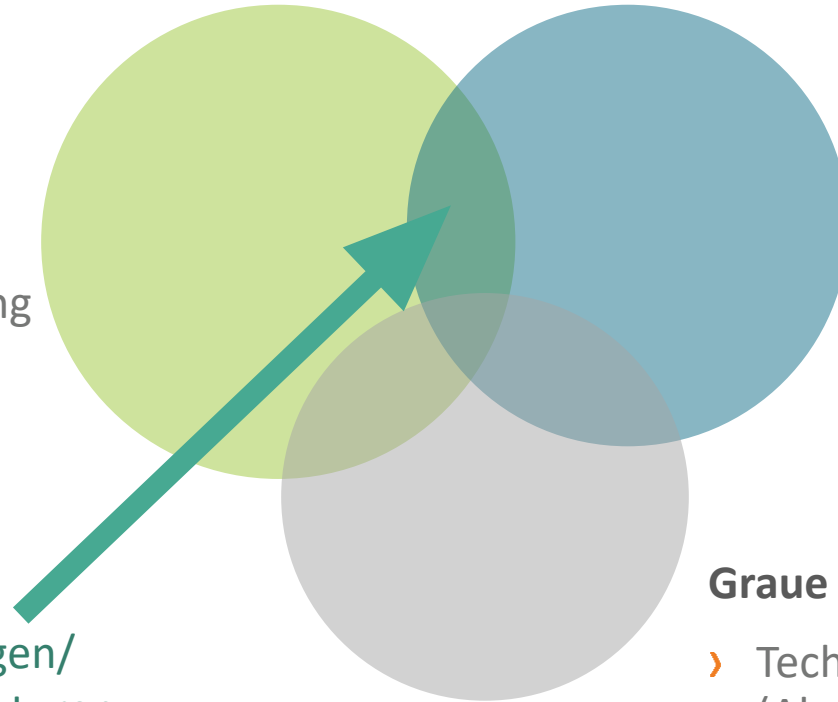
Einordnung der unterschiedlichen Ansätze

Grüne Infrastruktur

- › Grünflächen (privat/ öffentlich)
- › Dach-/ Fassadenbegrünung

Blaue Infrastruktur

- › Natürliche oder neu angelegte Wasserflächen



Naturbasierte Lösungen/
Blau-Grüne Infrastrukturen

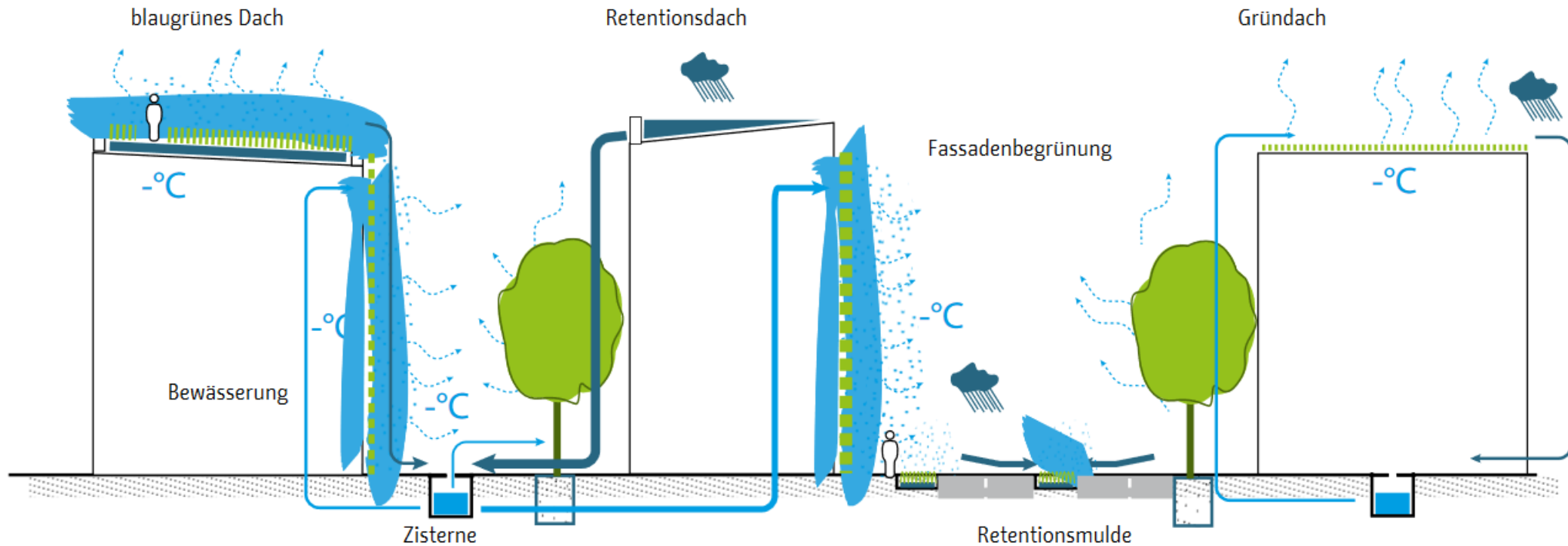
Graue Infrastruktur

- › Technische Wasserinfrastruktur (Ab-/ Zuleitungen, Abwasserentsorgung,
- › unterirdische Versickerungssysteme, techn. Gebäudekühlung

Das Prinzip der „Schwammstadt“

Was steht hinter dem Konzept?

Prinzip Schwammstadt:
Regenwasserbewirtschaftung,
Rückhaltung und Kühlung wirken
systemisch zusammen.



Quelle: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, Berlin, 2016, S. 25



Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen

Themenkomplex Starkregen



Ziel: Verringerung der Exposition von Infrastruktur und Bevölkerungsgruppen (u.a. Versickerung, Verdunstung, Rückhalt, Speicherung, Ableitung, Nutzung)

- › **Informationen zur Verhaltensvorsorge:**
Beratung von Hauseigentümer*innen
- › **Bauvorsorge durch Objektschutz:**
Rückstausicherung
- › **Flächenwirksame Vorsorge:** Multifunktionale Flächennutzung



Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen

Themenkomplex Starkregen, Praxisbeispiele



Flyer für Eigentümer*innen zur aktiven Starkregenvorsorge in der Gemeinde Oststeinbek

Wassersensibles Quartier in Berlin



Fläche: 5 Hektar
Kosten: Konzept 35.000 €
Techn. Versickerungsanlagen: 970.000 €



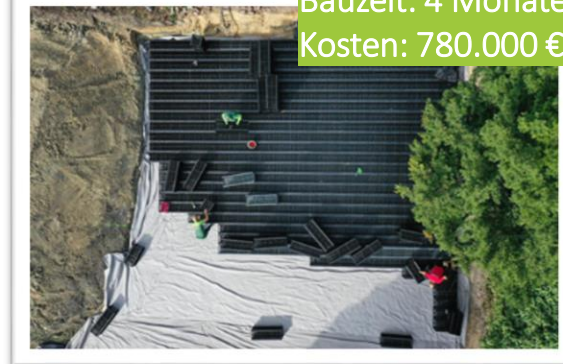
Fläche: 5.600 m²
Versickerung: 560 m²
Kosten: 800.000 €



Öffentlicher Stadtplatz mit Versickerungsmöglichkeiten
Zollhallenplatz Freiburg



Fläche: 2.000 m²
Bauzeit: 4 Monate
Kosten: 780.000 €



Klimaparkplatz mit Baumpflanzung, Entsiegelung, Baumrigolen in der Stadt Herne



Verwaltung - Politik - Zivilgesellschaft

Klimaanpassung gemeinsam gestalten

- › Anpassung in den Alltag integrieren, an den Themen, die bewegen orientieren
- › Anpassung gemeinsam umsetzen, Stadtgesellschaft mobilisieren.
- › Anpassung erfahrbar machen
- › Chancen:
 - › sozialer Zusammenhalt, Identifikation mit der Stadt, Soziales Engagement, Ehrenamt
- › Idee:
 - › Plattform für den gegenseitigen Austausch und das gemeinsame Arbeiten
 - › Wissensgenerierung und Verfügbarkeit (auch online)





Gemeinsame Klimaanpassung an der Schnittstelle

Beispiel Wasserspielplatz Boizenburg/Elbe

- › Hochwertige grüne Struktur, Erhöhung der Aufenthaltsqualität in der Innenstadt, Verlängerung der Verweildauer
- › Der Naturerlebensraum ist ein starkes Zukunftsbild und Identitätsanker
- › Zusammenarbeit:
 - › Vor-Ort und draußen und digital
 - › Sichtbare Zeichen gemeinsam (um)setzen
 - › Professionelle Unterstützung für die systematische und fachliche Visualisierung
- › Hürden:
 - › Hohe Komplexität des baulichen Projekts
 - › Unterschiedliche Geschwindigkeiten zwischen den Akteuren (Planungsvorhaben, Genehmigungen, Umsetzung)
 - › Kosten



Idee von einem Park für alle Generationen

Die Albrechtsche Wiese nimmt als Zukunftsprojekt für Boizenburg immer weiter Formen an



Ein großer Heißhuh... machen. Das sollte die Frau... Arbeit von Beatrix Joh... n... Entwicklung... auch... auf einen Kom... "Jahrgang" ausdrück... ber... Beatrix



© PLATZ-B

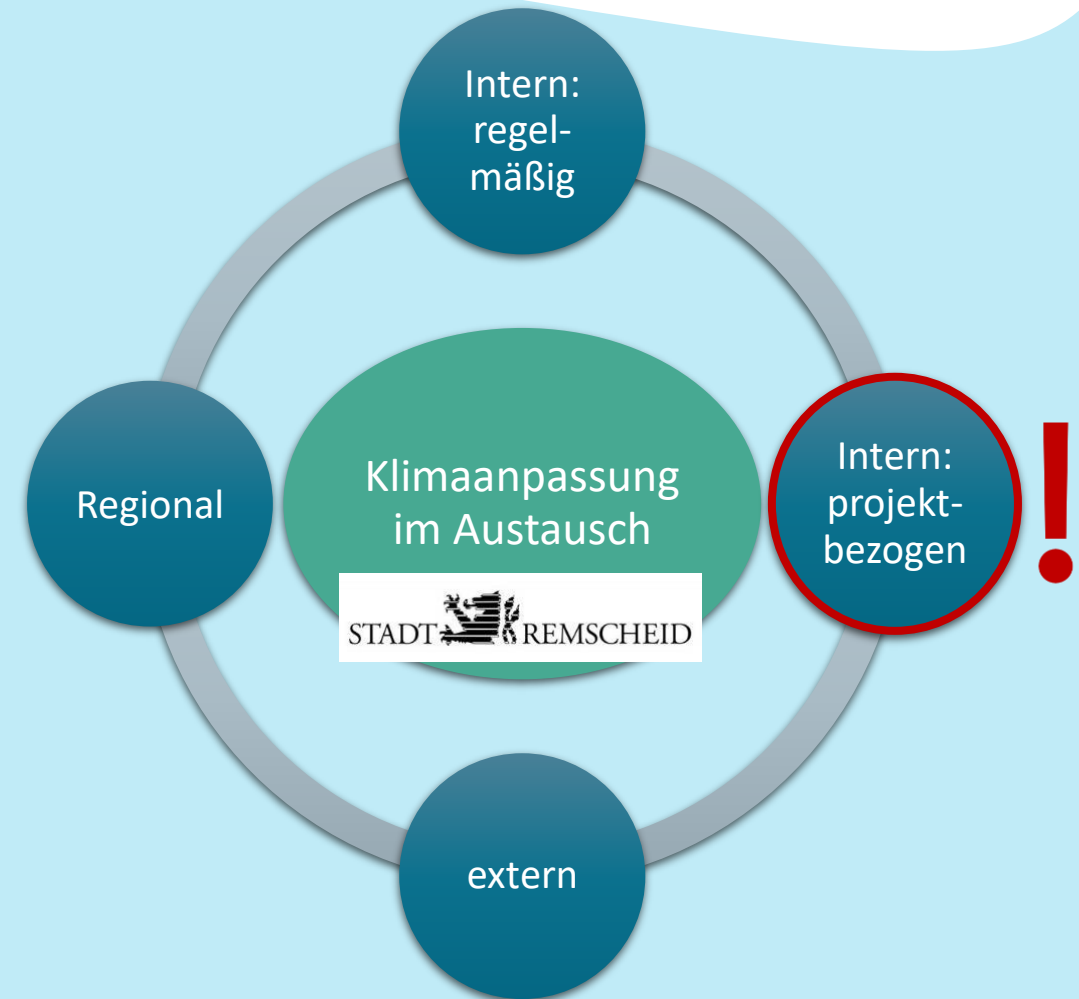




Beispiel: Stadt Remscheid (Nordrhein-Westfalen)

Zusammenarbeit in der Verwaltung – aber wie?

- › Seit 2013 arbeitet die Stadt Remscheid zu Klimaanpassung
- › Maßnahmen: Klimacheck in der Bauleitplanung, Klimaanpassungskonzept, div. Modellierungen
- › Arbeitsmodus
- › Lenkungskreis (Dezernatsebene)
- › Arbeitskreis (Abteilungsebene)
- › Erfahrungsaustausch (regional)





Klimaanpassung in der Verwaltung verankern

Warum eigentlich?

- › Klimaanpassung ist im Rahmen der kommunalen Selbstverwaltung (derzeit) eine **freiwillige** Aufgabe
- › **Vorteile** der Klimaanpassung nutzen:
 - Verbesserte Lebensqualität, Gesundheitsschutz und Wohlbefinden für die Bewohner*innen
 - Kosteneinsparung aufgrund reduzierter Schäden an Bauobjekten von Bürger*innen und an kommunalen Liegenschaften
 - Attraktivitätssteigerung für Investor*innen
 - Positionierung als eine zukunftsfähige und fortgeschrittene Kommune (Standort sichern)





Öffentlichkeitsarbeit Zentrum KlimaAnpassung

Website / Newsletter / Datenbanken

› ZKA-Website & Newsletter

› www.zentrum-klimaanpassung.de

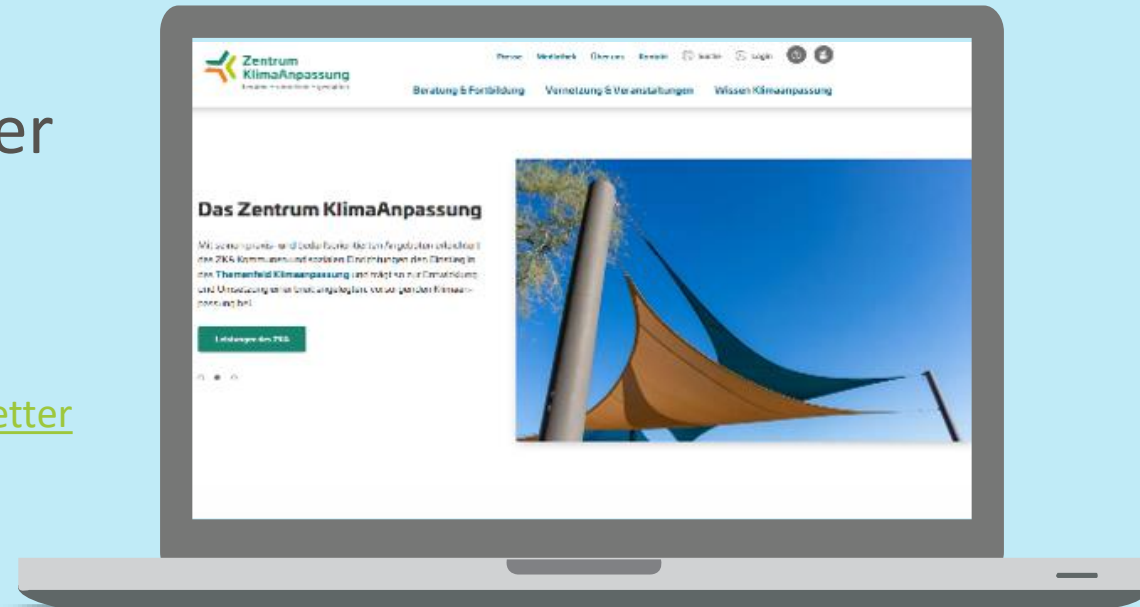
Newsletteranmeldung:

› <https://zentrum-klimaanpassung.de/newsletter>

› Praxisdatenbank

› Datenbank: Förderprogramme

› Datenbank: Bildungsangebote



Bildungsangebote

Die Datenbank bündelt Informationen zu Fort-/Bildungsangeboten zum Themenfeld KlimaAnpassung.

Bildungsangebote

Best-Practice Beispiele

Gute Beispiele gibt es viele. An jedem Tag der Woche der KlimaAnpassung stellen wir exemplarisch ein Beispiel guter Praxis vor.

Best-Practice Beispiele

Förderdatenbank

Die Datenbank enthält Informationen zu Fördermöglichkeiten für die Umsetzung von KlimaAnpassung auf lokaler Ebene. Sie umfasst Förderprogramme verschiedener Ebenen (EU, Bund, Länder).

Förderdatenbank

Vielen Dank!



Im Auftrag des:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit
und Verbraucherschutz



KONTAKT

Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH

Standort Berlin

Zimmerstraße 13-15
10969 Berlin

E-Mail:

info@zentrum-klimaanpassung.de

ZKA Beratungshotline:

030-39001 201

Montags bis Freitags von 10 bis 15 Uhr



Technische
Universität
Braunschweig



INSTITUT FÜR GEOÖKOLOGIE
Klimatologie und
Umweltmeteorologie



Auftaktforum „Gemeinsam für Klimaanpassung - Co-Adapted Braunschweig“, 21. September 2023

Klimaänderungen und Klimafolgen in Braunschweig



Stephan Weber

Institut für Geoökologie, Technische Universität Braunschweig

Inhalte

Klimaänderungen in Braunschweig (Temperatur und Niederschlag)

- Bisherige Veränderungen
- Zukünftige Veränderungen anhand von Klimaprojektionen

Handlungsfelder im Projekt COABS

- Mensch und Gesundheit

Ausblick

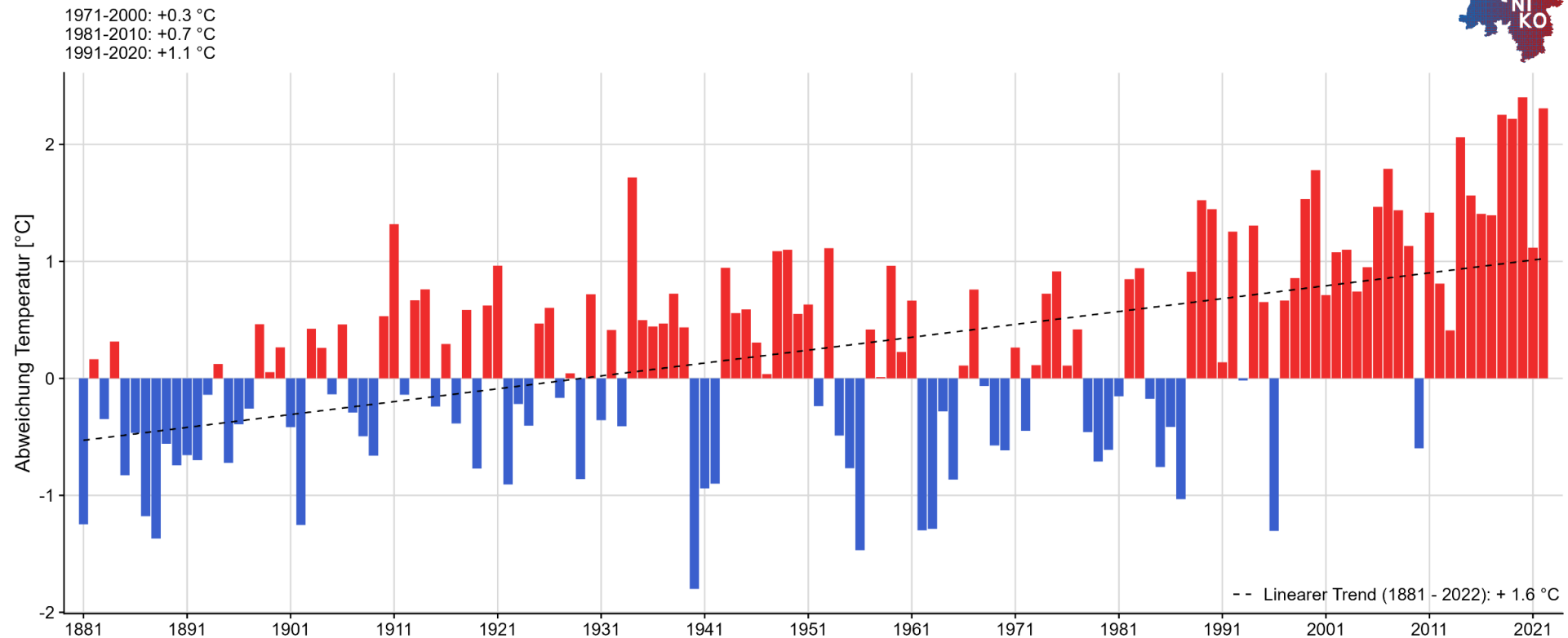


Klimaänderungen in Braunschweig – Bisherige Veränderungen

Beobachtete Änderungen der Lufttemperatur im Landkreis Braunschweig

- Temperaturanstieg folgt dem globalen Signal, Zunahme um + 1,1°C
- Deutschland: die zehn wärmsten Jahre seit 1881 in den letzten 30 Jahren, sechs davon seit 2010

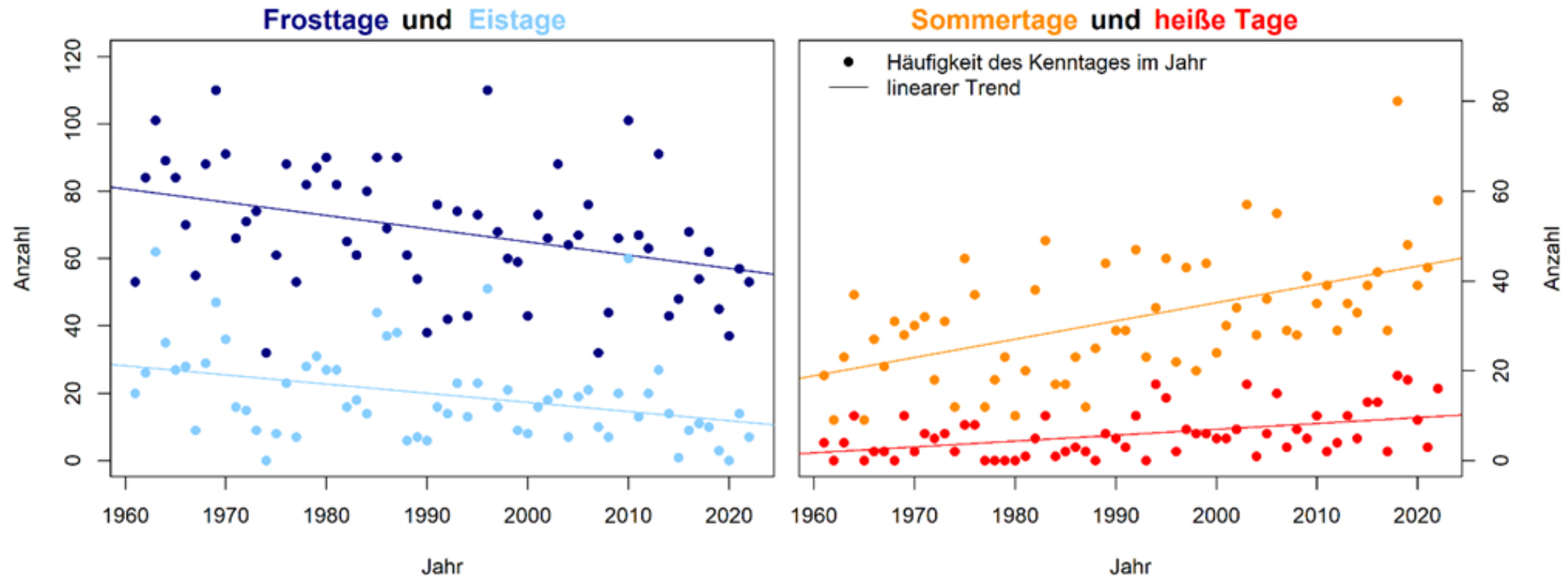
Abweichung der Lufttemperatur von der Klimanormalperiode 1961-1990 für die Stadt Braunschweig



Klimaänderungen in Braunschweig – Bisherige Veränderungen

Beobachtete Änderungen der Lufttemperatur im Landkreis Braunschweig

- Temperaturanstieg folgt dem globalen Signal
- Deutschland: die zehn wärmsten Jahre seit 1881 in den letzten 30 Jahren, sechs davon seit 2010

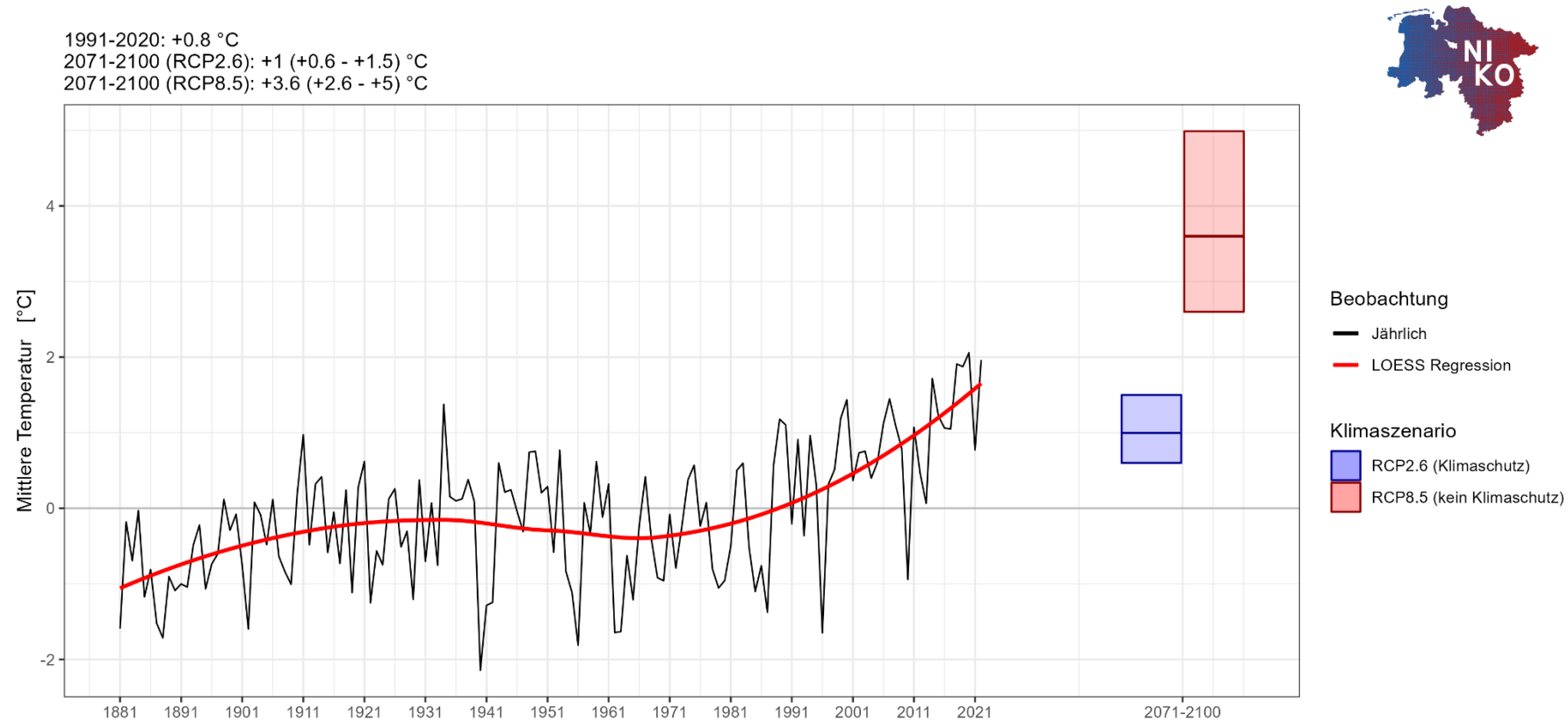


Anzahl der meteorologischen Kenntage an der DWD-Station in Braunschweig pro Jahr für 1961-2022 (links: Frosttage und Eistage; rechts: Sommertage ($T_{\max} > 25 \text{ °C}$) und Heiße Tage ($T_{\max} > 30 \text{ °C}$)). Die Geraden kennzeichnen den linearen Trend.

Klimaänderungen in Braunschweig – Zukünftige Veränderungen

Projizierte Änderungen der Lufttemperatur (Mittlere Temperaturzunahme bis zum Ende des Jahrhunderts)

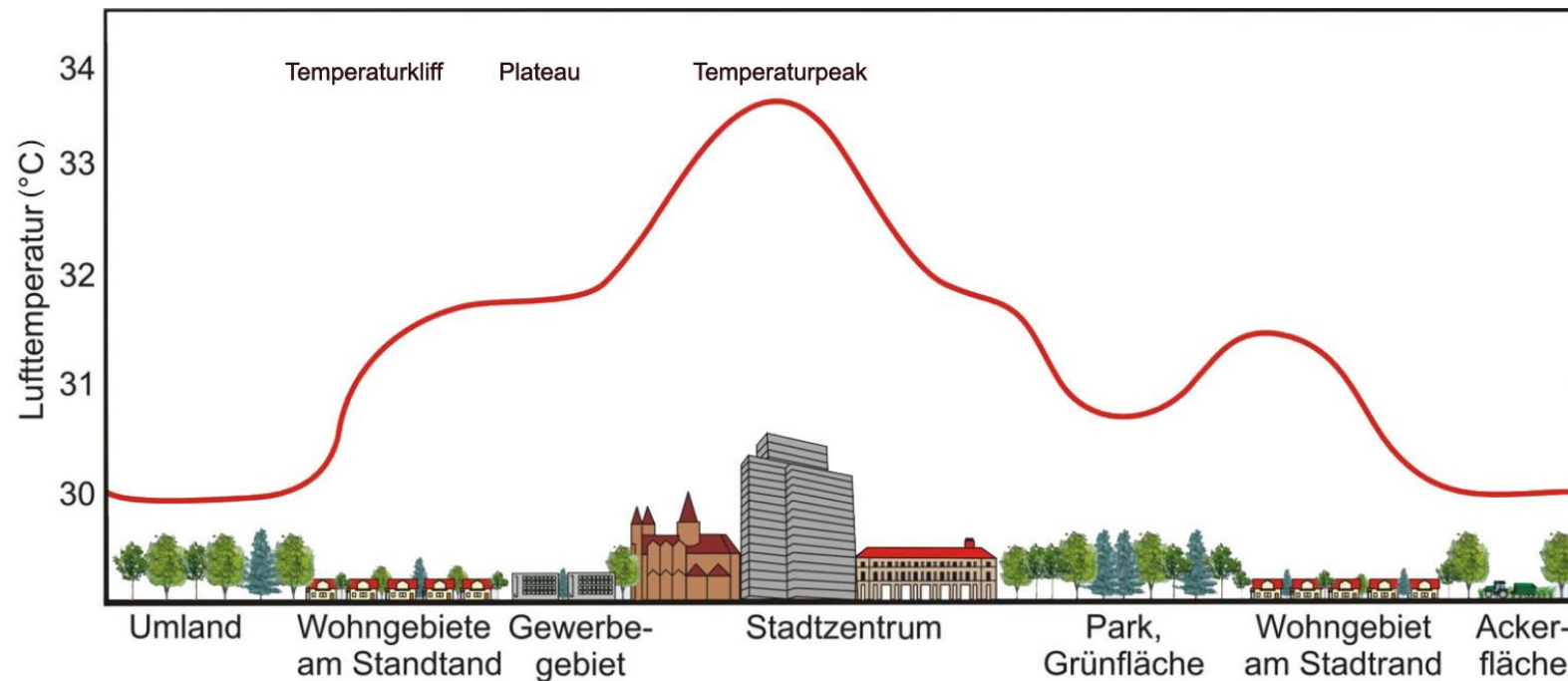
- 1,0 °C im Szenario mit starken Klimaschutz (RCP2.6-Szenario)
- 3,6 °C im Szenario ohne Klimaschutz (RCP8.5-Szenario)



Handlungsfeld – Mensch und Gesundheit

Überwärmung und Hitzestress

- Innenstadt gegenüber Umland v.a. nachts überwärmt (urbane Wärmeinsel)
- Eigene Messungen in Braunschweig: maximale Temperaturdifferenz zwischen Stadt und Umland in Braunschweig bis zu 7 °C sowie bis zu 4 °C im Durchschnitt mehrerer Jahre



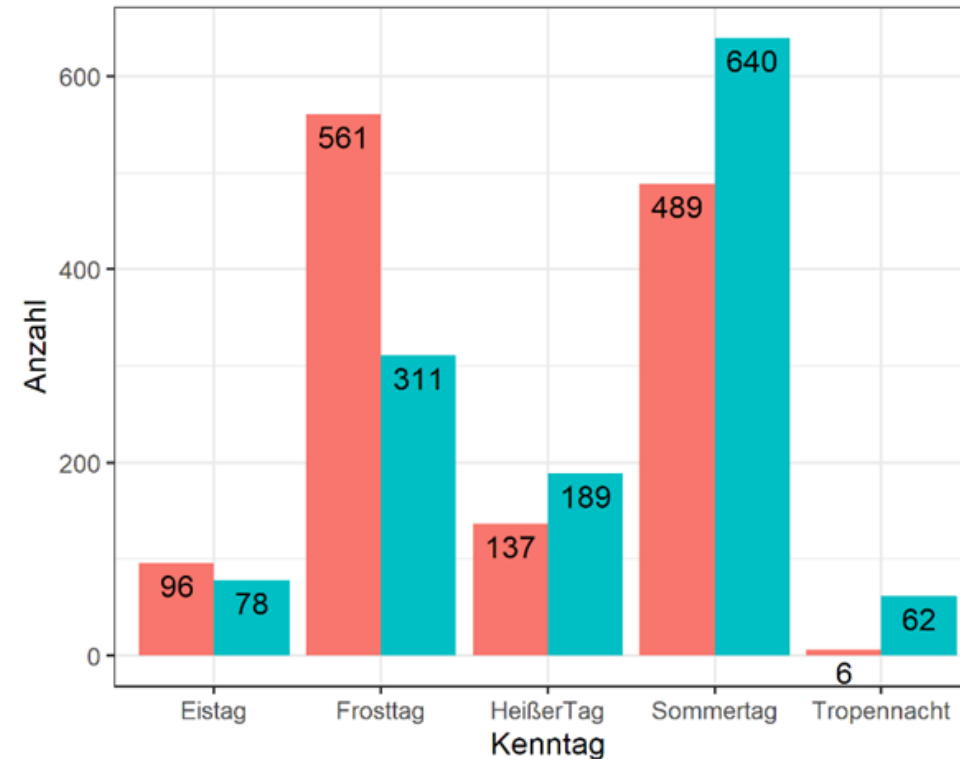
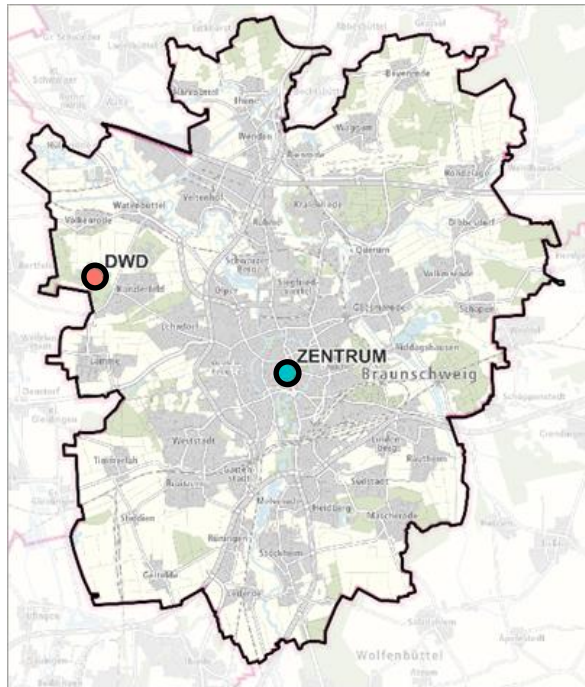
Henninger und Weber, 2020

Vereinfachte Darstellung der Veränderung der Lufttemperatur zwischen dem Umland und dem verdichteten Innenstadtbereich

Handlungsfeld – Mensch und Gesundheit

Überwärmung und Hitzestress

- Innenstadt gegenüber Umland v.a. nachts überwärmt (urbane Wärmeinsel)
- Eigene Messungen in Braunschweig: maximale Temperaturdifferenz zwischen Stadt und Umland in Braunschweig bis zu 7 °C sowie bis zu 4 °C im Durchschnitt mehrerer Jahre

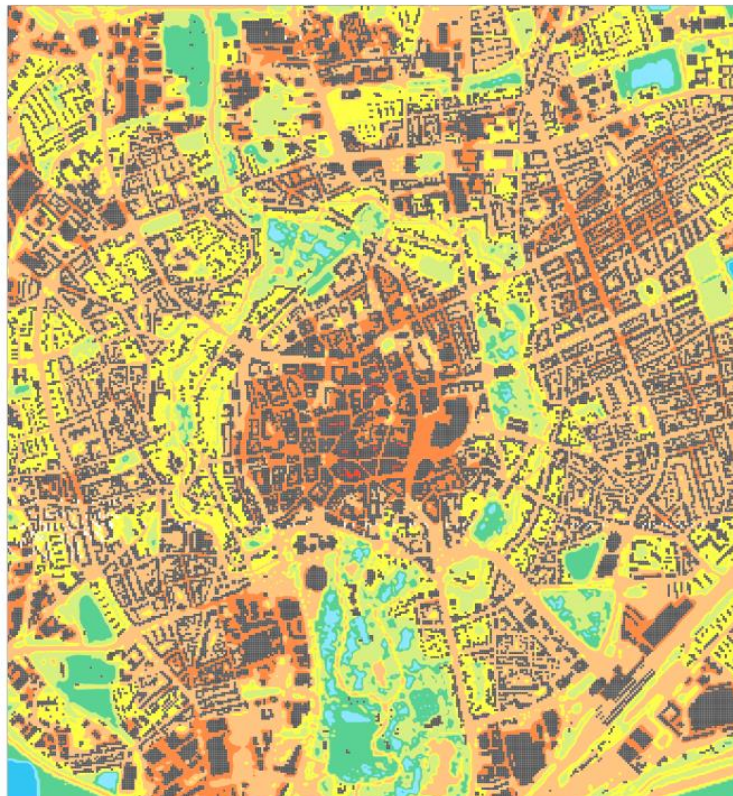


Anzahl der meteorologischen Kenntage an den Stationen DWD und ZENTRUM (Münzstraße) für den Zeitraum 2012-2021

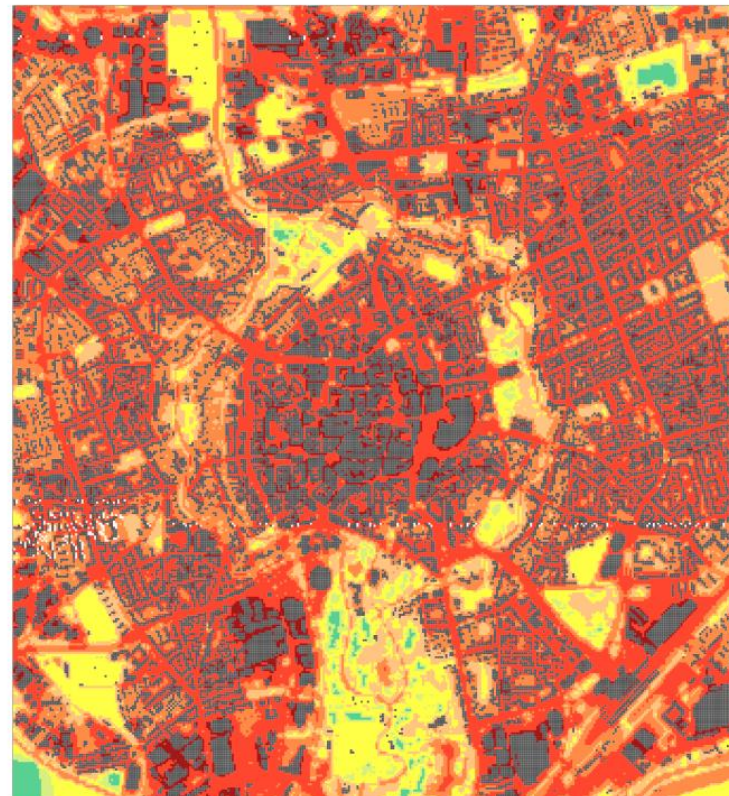
Handlungsfeld – Mensch und Gesundheit

Hitze stress

- Zunahme der Häufigkeit, Intensität und Dauer von Hitzewellen
- Besondere gesundheitliche Gefährdung durch Hitzewellen, z.B. Personen mit geschwächtem Immunsystem (Ältere, Personen mit Vorerkrankungen), Personen die sich aufgrund ihrer Wohnsituation der Hitze nicht ausreichend anpassen können



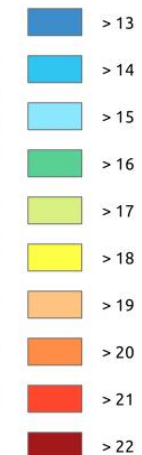
Thermische Situation Nacht - Ist-Zustand



Thermische Situation Nacht - Zukunft (2050)

Thermische Situation in der Nacht

Lufttemperatur in °C
in 2 m über Grund um 04:00 Uhr



0 250 500 1.000 m

Quelle: Stadtklimagutachten 2018
Herausgeber und Copyright:
Stadt Braunschweig Fachbereich Umwelt, 2023

Handlungsfeld – Mensch und Gesundheit

Klimafolgen → Erhöhte UV-Strahlungsdosis

- Besondere Gefährdung bei Hitzewellen
 - Geringe Bewölkung, starke Sonneneinstrahlung
 - Mangelnder persönlicher Schutz (z.B. kurze Kleidung)
- Gesundheitliche Auswirkungen für Haut und Augen, Sonnenbrand



Straßenbäume in Paris

pixabay.com



Sonnensegel in Malaga, Spanien

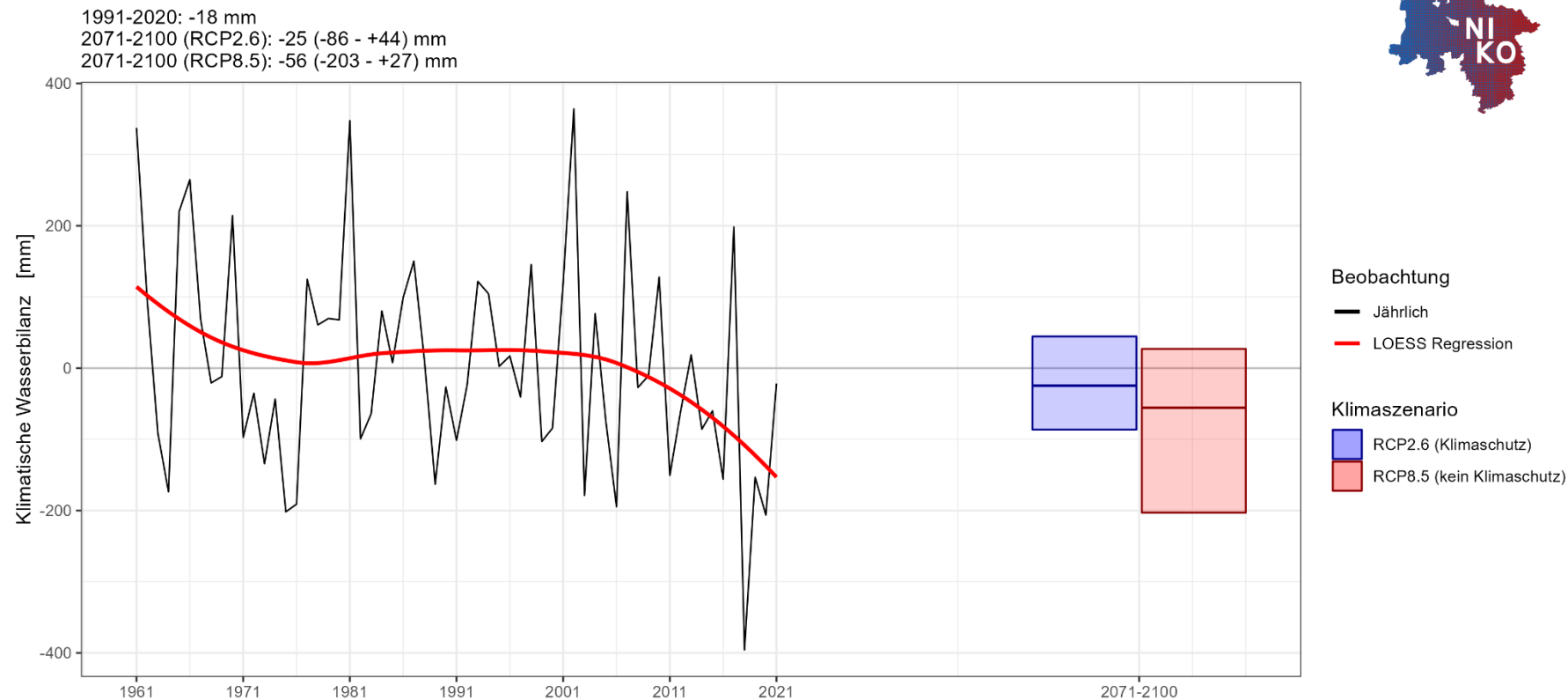
Klimaänderungen in Braunschweig – Bisherige Veränderungen

Beobachtete Änderungen des Niederschlags im Landkreis Braunschweig

- Der langfristige Trend zeigt eine leichte Abnahme der Niederschläge für Braunschweig (v.a. Sommerniederschläge)

Projizierte Änderungen des Niederschlags

- Abnahme von < 1 % (RCP2.6-Szenario), Zunahme von etwa 6 % (RCP8.5-Szenario)



Handlungsfeld – Mensch und Gesundheit

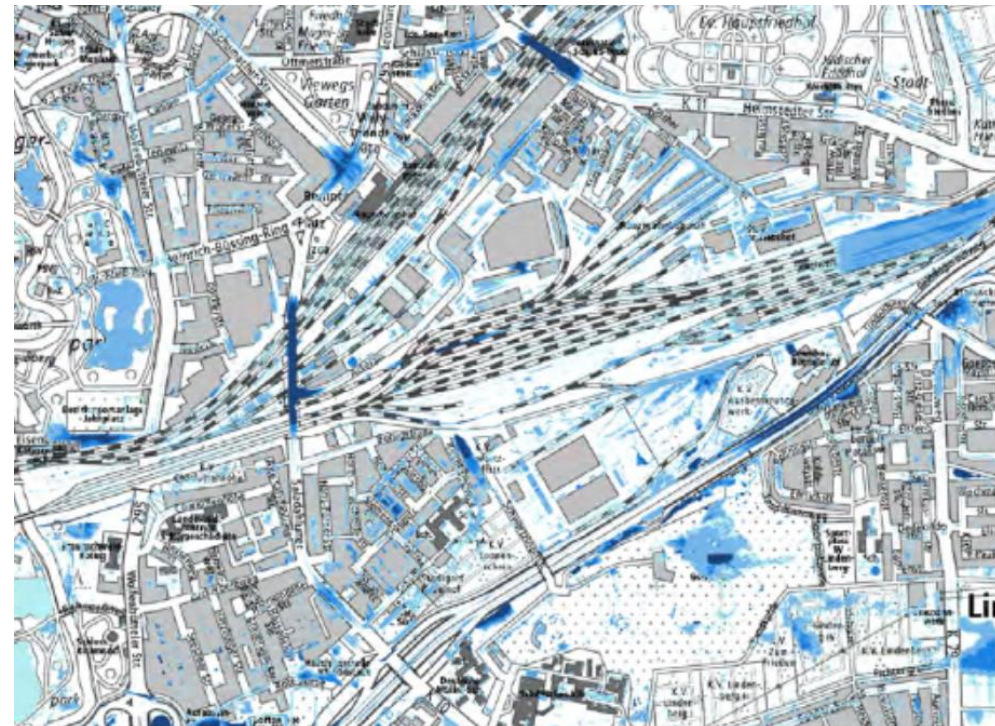
Starkregen

- Charakterisiert durch hohe Niederschlagsmengen in kurzer Zeit (z.B. 22. Juni 2023 mit über 90 mm Niederschlag in einer Stunde in Braunschweig)
- Gefahr von Überflutungen, v.a. auf versiegelten Flächen, in Unterführungen und Tiefgaragen
- Keine längerfristige Prognose für Braunschweig vorhanden (selbst Vorhersage kaum möglich)

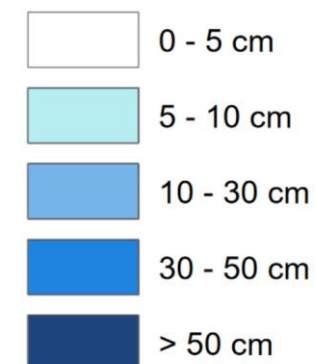


Casparistraße 22.06.2023

(Foto: S. Lohmann)



Maximale Wassertiefe während des Ereignisses [cm]
(Regenbelastung 1h, Abklingzeit ohne Regenbelastung 1h)



Starkregengefahrenkarte (Außergewöhnlicher Starkregen = Starkregenindex 7). Es wird eine Niederschlagssumme von 51 mm pro Stunde angenommen.

Zusammenfassung und Ausblick

Klimafolgen im Handlungsfeld Mensch und Gesundheit:

- Hitzebelastung
- UV-bedingte Gesundheitsschädigungen
- Gesundheitliche Folgen durch Starkregen und Überschwemmungen
- Atembeschwerden (aufgrund von Luftverunreinigungen)
- Allergische Reaktionen
- Infektionen mit vektorübertragenen Krankheiten
- Infektionen mit lebensmittelbedingten und wasserbürtigen Erkrankungen
- Verringerte psychische Gesundheit / Beeinträchtigungen durch Klimaänderungen

Prioritäten!?



Den Wandel gestalten ...

Braunschweig
Löwenstadt



KLIMAGERECHTES BRAUNSCHWEIG

**ERARBEITUNG EINER KLIMAAANPASSUNGS-
STRATEGIE**



**Co-Adapted
Braunschweig**



INSTITUT FÜR GEOÖKOLOGIE

- Abt. Landschaftsökologie & Umweltsystemanalyse
- Abt. Klimatologie und Umweltmeteorologie
- Abt. Bodenkunde und Bodenphysik

Fachbereich Umwelt
Abt. Klimaschutz und strategische Umweltplanung

WERK
STATT35
DR.-ING. JOSEPH HÖLSCHER



Σp.A.C.E.
Lab.

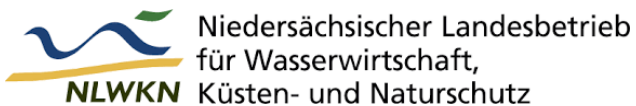


Laufzeit bis Sept. 2025

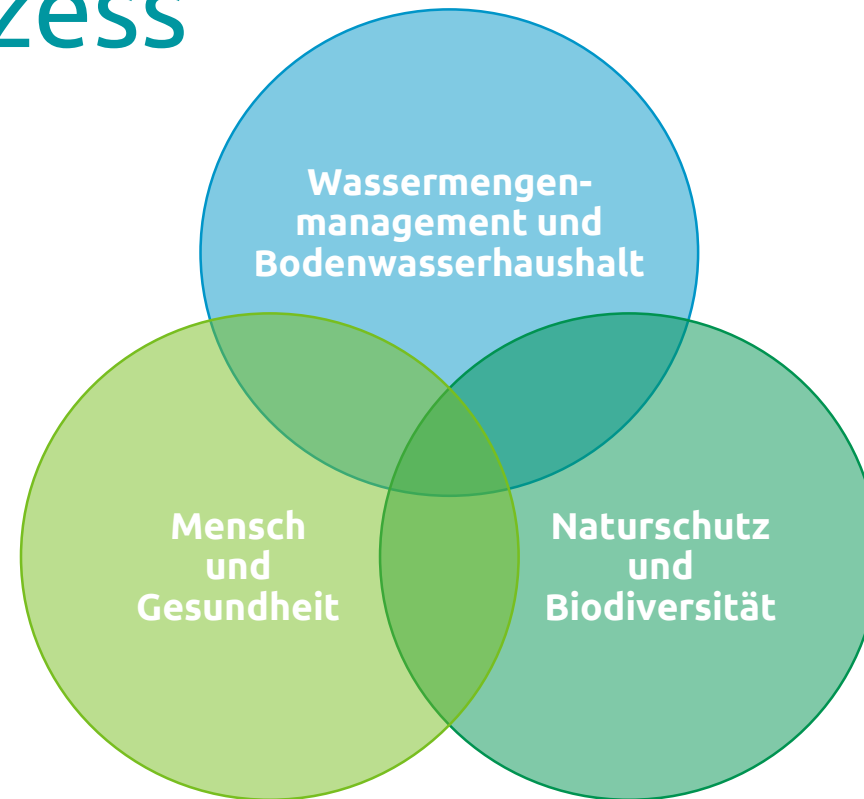
Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



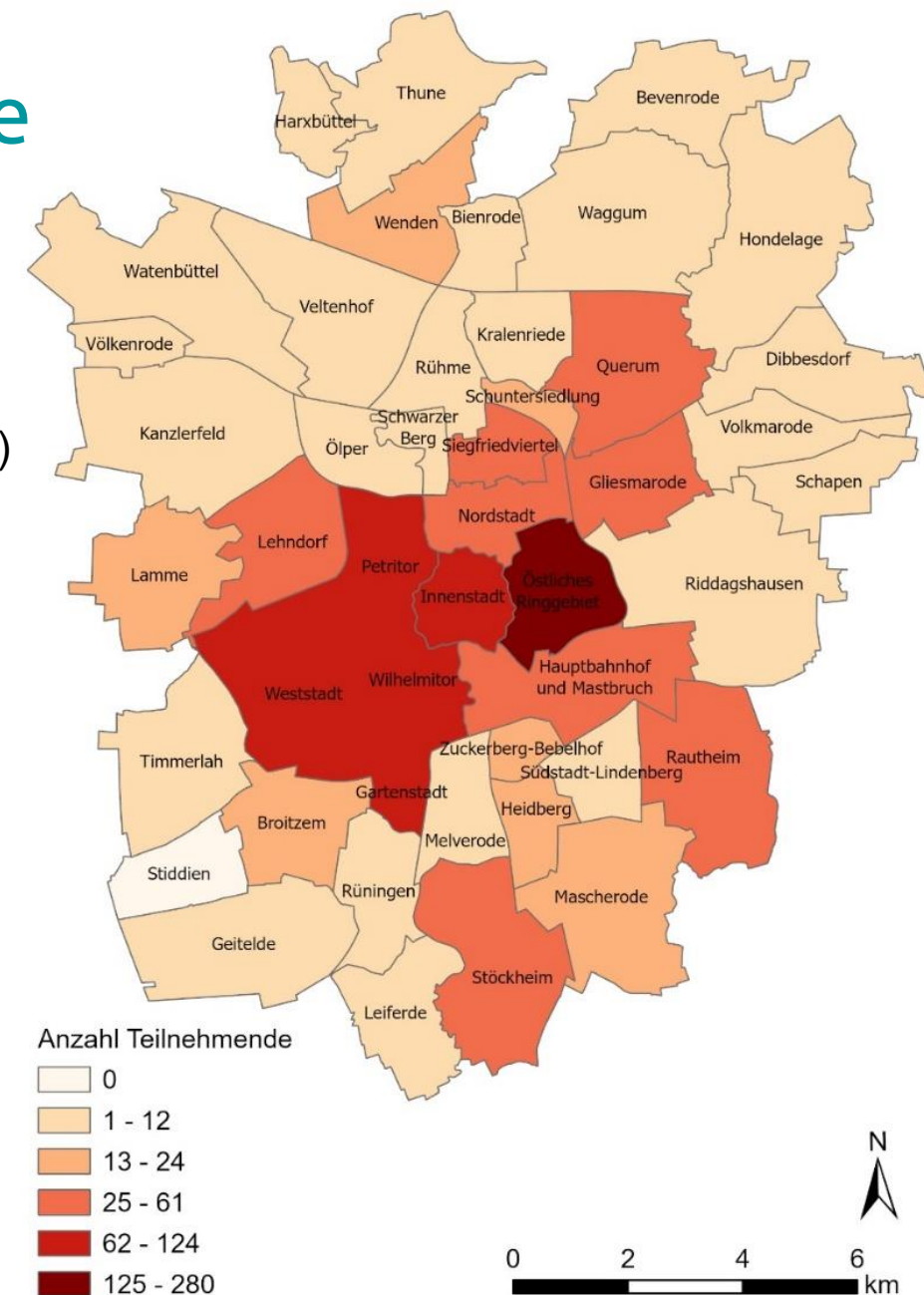
Arbeitsprozess





Erste Ergebnisse der Online-Umfrage

- Laufzeit: 29. Juni bis 16. Juli 2023 (18 Tage)
- **1228** Teilnehmende
- aus fast allen Stadtteilen
(23 % Östl. Ringgebiet, 10 % Westl. Ringgebiet, 9 % Innenstadt,...)

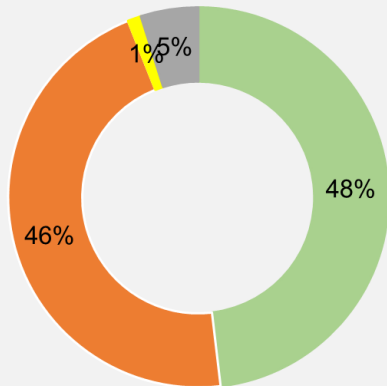




Statistik der Umfrage-Teilnehmenden

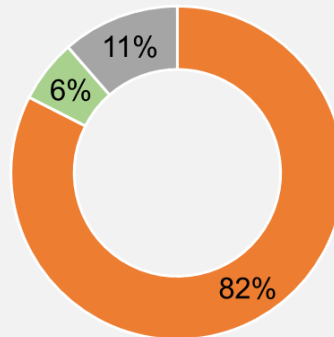
Geschlechtszugehörigkeit

■ Weiblich ■ Männlich ■ Weiteres ■ Keine Antwort

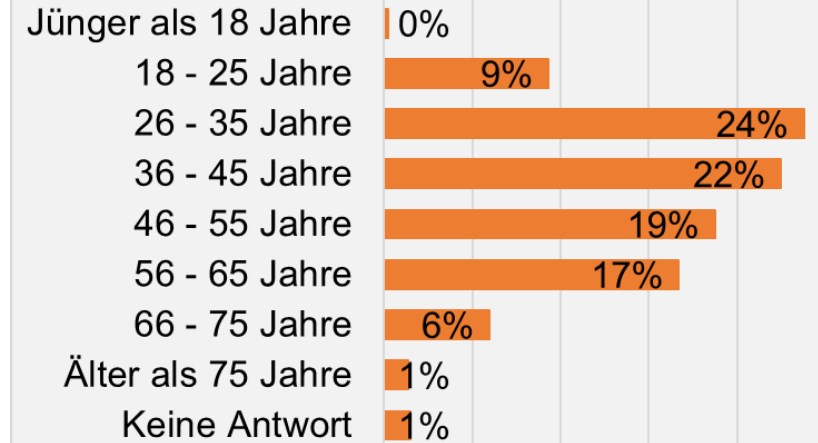


Wo sind Sie bei der Arbeit überwiegend tätig?

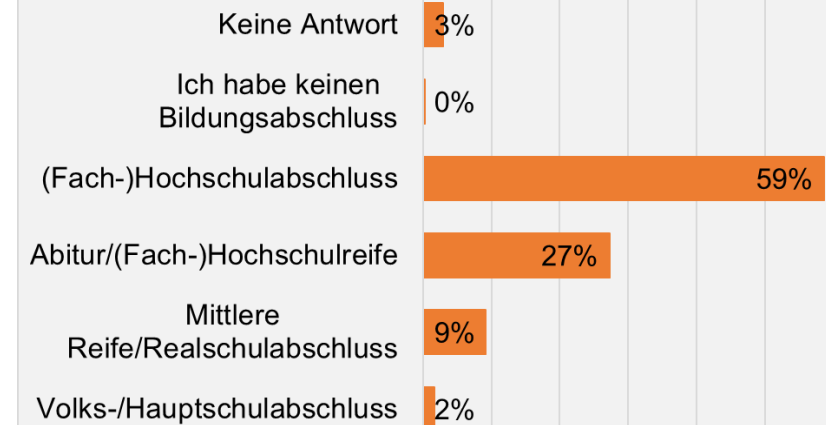
■ Drinnen (z.B. Büro) ■ Draußen ■ Keine Antwort



Altersverteilung



Höchster Bildungsabschluss

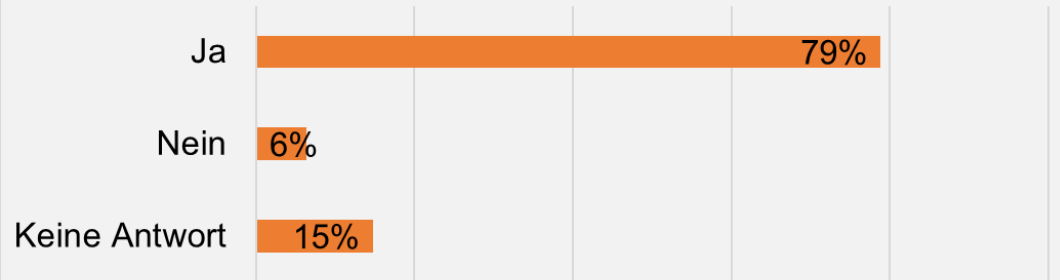




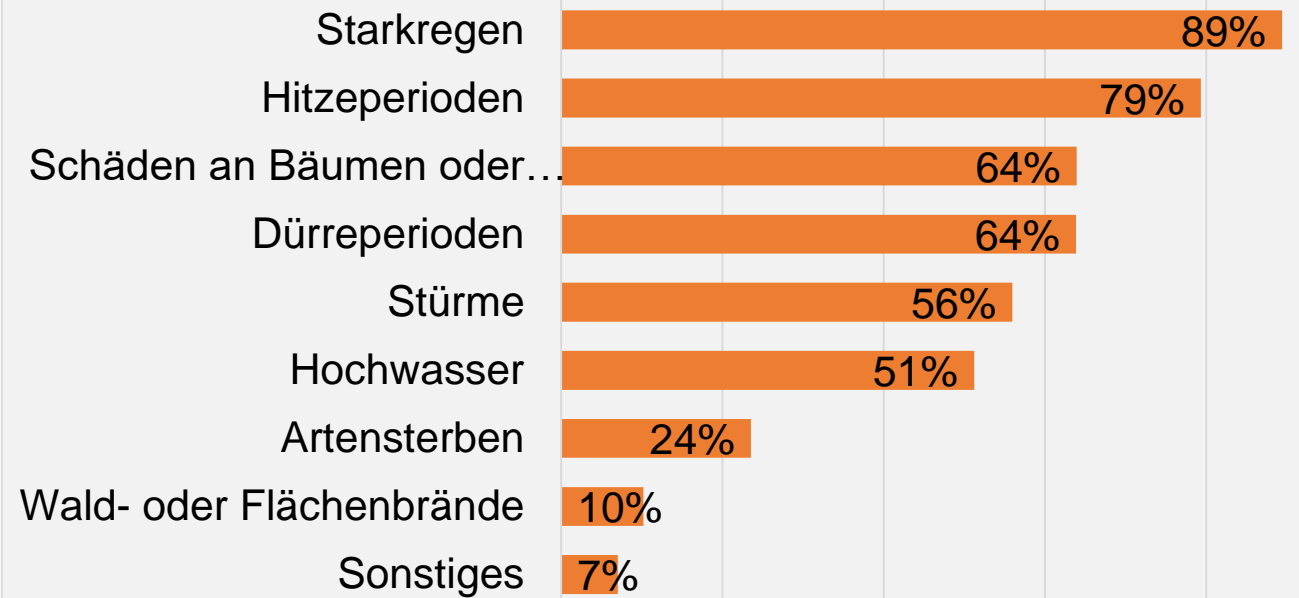
Erste Ergebnisse der Online-Umfrage



Haben Sie in Braunschweig in den letzten Jahren bereits Folgen von extremen Wetterereignissen oder anderen negativen Klimawandelfolgen wahrgenommen?



Wenn ja, welche Ereignisse haben Sie wahrgenommen?





Erste Ergebnisse der online-Umfrage



„Was gehört für Sie zu einem klimaangepassten Braunschweig im Jahr 2040?“

**Wasser-
management**

Gewässer-
renaturierung

Wasser-
verbrauch

**Stadtgrün/
Stadt-
natur**

Gebäude-
begrünung

**Energie-
management**

Entsiegelung

Verkehrswende

**Hitzeschutz-
konzept**

Stand 18.09.2023, keine Gewähr auf Vollständigkeit

Ausblick



© Herrmann

21.09.2023

Klimarisiken

Maßnahmen

Klima-
Pilotprojekte



Welche Maßnahmen zur Anpassung sollten für Braunschweig idealerweise bis 2030 ... bereits umgesetzt sein?
...für die Zukunft beschlossen sein?

Welche Folgen des Klimawandels werden mich persönlich in Braunschweig vermutlich am deutlichsten treffen?

Co-Adapted
Braunschweig

Themenworkshops zu Klimaanpassung

- Naturschutz und Biodiversität
- Gesundheit
- Mensch und Stadtentwicklung
- Wassermengenmanagement
- Bodenwasserhaushalt
- Vision Klimaanpassung



© pixabay

Co-Adapted
Braunschweig

