

Stuttgart, 10.05.2024

Klimawandel - Anpassungskonzept Stuttgart (KLIMAKS)

Beschlussvorlage

Vorlage an	zur	Sitzungsart	Sitzungstermin
Ausschuss für Stadtentwicklung und Technik	Einbringung	öffentlich	14.05.2024
Ausschuss für Klima und Umwelt	Einbringung	öffentlich	17.05.2024
Ausschuss für Stadtentwicklung und Technik	Beschlussfassung	öffentlich	04.06.2024

Beschlussantrag

1. Die Fortschreibung des Klimawandel – Anpassungskonzepts Stuttgart (KLIMAKS) wird zur Kenntnis genommen.
2. Die Verwaltung wird beauftragt, die Maßnahmen - soweit sie im Einflussbereich der Verwaltung liegen - im Rahmen der verfügbaren Haushaltsmittel umzusetzen. Über die Durchführung und Finanzierung der Maßnahmen ist jeweils gesondert durch Einzelbeschlüsse zu entscheiden.
3. Die Landeshauptstadt Stuttgart appelliert an externe Institutionen, die in ihre Zuständigkeit fallenden Maßnahmen im Sinne des KLIMAKS möglichst bald umzusetzen.

Kurzfassung der Begründung

Das Jahr 2023 hat in vielerlei Hinsicht klimatische Rekorde gebrochen: Mit durchschnittlich 10,7 Grad Celsius war das vergangene Jahr nach 2022 erneut ein Rekordwärmehjahr in Baden-Württemberg. Die Temperatur des internationalen Referenzzeitraums von 1961–1990 wurde um +2,6 Grad Celsius überschritten, im Vergleich zum vorindustriellen Zeitraum (1881–1910) war es sogar um +2,9 Grad Celsius wärmer. Beim Niederschlag zeigte sich 2023 ein Auf und Ab: Neben feuchten Jahresabschnitten im Frühjahr, Hochsommer und zum Jahresausklang, traten etwa im Februar, Juli und September auch sehr trockene Monate auf (LUBW, 2024).

Die Landeshauptstadt Stuttgart hatte als eine der ersten Städte im Jahr 2012 ein Klimawandel - Anpassungskonzept vorgelegt und eine Vorreiterrolle übernommen (GRDRs 299/2012). Vorab wurden die Bemühungen der Stadt zur Anpassung an den Klimawandel (Berücksichtigung der Stadtklimatologie in der Stadtplanung) im Jahr 2011 durch die Verleihung des „Blauen Kompass“ beim Wettbewerb „Klimawandel – Anpassungspioniere“ vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und vom Umweltbundesamt bereits gewürdigt.

Es besteht weiterhin dringender Handlungsbedarf. Der Umgang mit den unvermeidbaren Folgen des Klimawandels und erforderliche Maßnahmen, um die Klimaresilienz der Stadt zu erhöhen, rücken in den Vordergrund. Im Rahmen der Kampagne 2015 des Forschungsprogramms "Klimawandel und modellhafte Anpassung in Baden-Württemberg (KLIMOPASS)" wurde das Konzept KLIMAKS einer umfangreichen Validierung unterzogen (ÖKONSULT GbR, 2016). Demnach ist KLIMAKS recht erfolgreich, so dass bereits viele der vorgeschlagenen Anpassungsmaßnahmen auf den Weg gebracht oder umgesetzt wurden. Gleichwohl zeichnet sich ab, dass sich die Umsetzung der verbliebenden Maßnahmen schwieriger gestaltet und strukturelle Verbesserung in der interdisziplinären als auch ämterübergreifenden Zusammenarbeit erfordern, aber auch neuer Impulse und politischer Bekenntnisse bedürfen.

Das fortgeschriebene Konzept KLIMAKS baut auf der Fortschreibung der Deutschen Anpassungsstrategie der Bundesregierung an den Klimawandel auf (DAS, 2020) und konkretisiert diese für die Landeshauptstadt Stuttgart. Es erfüllt die Anforderungen des am 01. Juli 2024 in Kraft tretenden KAnG.

An der Fortschreibung des KLIMAKS war eine Arbeitsgruppe beteiligt, die aus Vertreterinnen und Vertretern folgender Institutionen und städtischer Ämter zusammengesetzt war:

- Amt für Stadtplanung und Wohnen
- Amt für Umweltschutz
- Branddirektion
- Hochbauamt
- Garten-, Friedhofs- und Forstamt
- Gesundheitsamt
- Grundsatzreferat S/OB
- Liegenschaftsamt
- Stuttgarter Straßenbahnen AG
- SWSG Stuttgarter Wohnungs- und Städtebaugesellschaft mbH
- Tiefbauamt mit Stadtentwässerung Stuttgart (SES)
- Verband Region Stuttgart
- Zweckverband Bodensee-Wasserversorgung
- Zweckverband Landeswasserversorgung

Die bisherigen Aktivitäten der Stadt und notwendige weitere Maßnahmen sind in dem Konzept gebündelt. Einer der Schwerpunkte sind konkrete und umsetzbare Schritte. Von besonderer Bedeutung sind jedoch die planerisch-konzeptionellen Maßnahmen, welche die Möglichkeit zur Anpassung an den Klimawandel insgesamt erhöhen, eine Weichenstellung bedeuten und dann konkretere Maßnahmen nach sich ziehen.

In diesem Sinne erhebt das Konzept keinen Anspruch auf Vollständigkeit oder Abgeschlossenheit. Vielmehr soll es Grundlage für ein optimiertes Verwaltungshandeln sein,

das dem Klimawandel Rechnung trägt und das auf der Grundlage fortschreitender Erkenntnisse und Entwicklungen kontinuierlich angepasst wird.

Bei der Maßnahmenumsetzung handelt es sich um eine Querschnitts- und Daueraufgabe. Der jeweilige Umsetzungsstand der Maßnahme sowie umgesetzte Beispiele und geplante Vorhaben werden im Rahmen eines zweijährlichen Monitoringberichtes dargestellt.

Klimarelevanz

Die Auswirkungen der Maßnahme auf den Klimaschutz sind nicht quantifizierbar.

Finanzielle Auswirkungen

Über die Finanzierung der Maßnahmen ist jeweils gesondert durch Einzelbeschlüsse zu entscheiden.

Mitzeichnung der beteiligten Stellen:

Referat AKR, Referat WFB, Referat SOS, Referat SI, Grundsatzreferat S/OB, Referat T

Vorliegende Anfragen/Anträge:

Keine

Erledigte Anfragen/Anträge:

Keine

Peter Pätzold
Bürgermeister

Anlagen

- Anlage 1: Ausführliche Begründung
- Anlage 2. KLIMAKS Maßnahmenpaket
- Anlage 3: KLIMAKS Maßnahmenpriorisierung

Ausführliche Begründung

1. Einleitung

Das Jahr 2023 hat in vielerlei Hinsicht klimatische Rekorde gebrochen: Mit durchschnittlich 10,7 Grad Celsius war das vergangene Jahr nach 2022 erneut ein Rekordwärmehjahr in Baden-Württemberg. Die Temperatur des internationalen Referenzzeitraums von 1961–1990 wurde um +2,6 Grad Celsius überschritten, im Vergleich zum vorindustriellen Zeitraum (1881–1910) war es sogar um +2,9 Grad Celsius wärmer. Beim Niederschlag zeigte sich 2023 ein Auf und Ab: Neben feuchten Jahresabschnitten im Frühjahr, Hochsommer und zum Jahresausklang, traten etwa im Februar, Juli und September auch sehr trockene Monate auf (LUBW, 2024).

Die Landeshauptstadt Stuttgart hatte als eine der ersten Städte im Jahr 2012 ein Klimawandel - Anpassungskonzept vorgelegt und eine Vorreiterrolle übernommen (GRDRs 299/1012). Vorab wurden die Bemühungen der Stadt zur Anpassung an den Klimawandel (Berücksichtigung der Stadtklimatologie in der Stadtplanung) im Jahr 2011 durch die Verleihung des „Blauen Kompass“ beim Wettbewerb „Klimawandel – Anpassungspioniere“ vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und vom Umweltbundesamt bereits gewürdigt. Darüber hinaus ist Stuttgart seit 1995 Mitglied im Klima-Bündnis europäischer Städte. Über die Klima-Bündnis-Mitgliedschaft nimmt Stuttgart auch am Covenant of Mayors for Climate & Energy bzw. Mayors Adapt teil.

Es besteht weiterhin dringender Handlungsbedarf. Der Umgang mit den unvermeidbaren Folgen des Klimawandels und erforderliche Maßnahmen, um die Klimaresilienz der Stadt zu erhöhen, rücken in den Vordergrund. Im Rahmen der Kampagne 2015 des Forschungsprogramms "Klimawandel und modellhafte Anpassung in Baden-Württemberg (KLIMOPASS)" wurde das Konzept KLIMAKS einer umfangreichen Validierung unterzogen (ÖKONSULT GbR, 2016 veröffentlicht 2019). Demnach ist KLIMAKS recht erfolgreich, so dass bereits viele der vorgeschlagenen Anpassungsmaßnahmen auf den Weg gebracht oder umgesetzt wurden. Gleichwohl zeichnet sich ab, dass sich die Umsetzung der verbliebenden Maßnahmen schwieriger gestaltet und strukturelle Verbesserung in der interdisziplinären als auch ämterübergreifenden Zusammenarbeit erfordern, aber auch neuer Impulse und politischer Bekenntnisse bedürfen.

Städte und Gemeinden nehmen eine Schlüsselrolle ein, wenn es darum geht, Lösungskonzepte umzusetzen, um den Klimaveränderungen zu begegnen. Die Landeshauptstadt Stuttgart hat sich verpflichtet, zum übergeordneten Ziel der Europäischen Strategie zur Anpassung an den Klimawandel beizutragen und die Klimaresilienz ihrer Stadt und damit Europas zu stärken. Dies bedeutet den Ausbau der Vorsorge durch die Kommune und die Erhöhung des Reaktionsvermögens in Bezug auf die Auswirkungen des Klimawandels durch die Entwicklung einer umfassenden (eigenständigen) lokalen Anpassungsstrategie, die auch konkrete Forderungen im Rahmen von Planverfahren vorsieht.

Einer der Schwerpunkte des bestehenden KLIMAKS sind greifbare, umsetzbare Schritte. Von besonderer Bedeutung sind jedoch auch planerisch-konzeptionelle Maßnahmen, welche die Möglichkeit zur Anpassung an den Klimawandel insgesamt erhöhen, eine Weichenstellung bedeuten und entsprechend definierte Maßnahmen nach sich ziehen. Hervorzuheben sind maßnahmenseitig sicherlich die Umsetzung der städtebaulichen Rahmenplanung als Instrument einer erfolgreichen Klimaanpassung (Rahmenplan Halbhöhenlagen, Rahmenplan Talgrund West), die Etablierung eines Hitzewarnsystems in

Stuttgart (HITWIS), sowie die Wiedereinführung des kommunalen Programms zur Förderung von urbanem Grün auf Flächen privater Eigentümer unterstützt durch ein aktuelles Gründach- / Potentialkataster.

Viele der vorgeschlagenen Anpassungsmaßnahmen sind auf den Weg gebracht oder umgesetzt worden. Gleichwohl ist absehbar, dass sich die Umsetzung der verbliebenen Maßnahmen schwieriger gestaltet. Sie erfordert mehr Koordination, Begleitung sowie fachliche Unterstützung und ist gegenüber den bisherigen Maßnahmen mit einem erheblichen Mehraufwand verbunden. Dementsprechend wird hiermit die Fortschreibung des KLIMAKS vorgelegt.

Das fortgeschriebene Konzept KLIMAKS baut auf der Fortschreibung der Deutschen Anpassungsstrategie der Bundesregierung an den Klimawandel auf (DAS, 2020) und konkretisiert diese für die Landeshauptstadt Stuttgart. Es erfüllt die Anforderungen des am 01. Juli 2024 in Kraft tretenden Bundes-Klimaanpassungsgesetzes (KAnG).

Die Träger öffentlicher Aufgaben haben entsprechend dem KAnG bei ihren Planungen und Entscheidungen das Ziel der Klimaanpassung fachübergreifend und integriert zu berücksichtigen, was sowohl die bereits eingetretenen als auch die zukünftig zu erwartenden Auswirkungen des Klimawandels umfasst.

An der Fortschreibung des KLIMAKS war eine Arbeitsgruppe beteiligt, die aus Vertreterinnen und Vertretern folgender Institutionen und städtischer Ämter zusammengesetzt war:

- Amt für Stadtplanung und Wohnen
- Amt für Umweltschutz
- Branddirektion
- Hochbauamt
- Garten-, Friedhofs- und Forstamt
- Gesundheitsamt
- Grundsatzreferat S/OB
- Liegenschaftsamt
- Stuttgarter Straßenbahnen AG
- SWSG Stuttgarter Wohnungs- und Städtebaugesellschaft mbH
- Tiefbauamt mit Stadtentwässerung Stuttgart (SES)
- Verband Region Stuttgart
- Zweckverband Bodensee-Wasserversorgung
- Zweckverband Landeswasserversorgung

2. Zielsetzung

In der Region bzw. der Landeshauptstadt Stuttgart besteht ein dringender Handlungsbedarf hinsichtlich der Erhöhung der Resilienz für verschiedene Lebensbereiche. Weiterhin lassen sich folgende strategische Zielsetzungen für den Umgang mit den Folgen des Klimawandels bzw. hinsichtlich einer kommunalen Anpassungsstrategie ableiten:

- Die Betroffenheit durch zunehmende sommerliche Wärme- und damit Gesundheitsbelastung wird reduziert und auf akzeptablem Niveau gehalten, gleichzeitig die Fähigkeit der Bevölkerung zu hitzeangepasstem Verhalten gestärkt.
- Stadtgrün und Verschattung entlasten und erhöhen die Aufenthaltsqualität tagsüber, Bauwerksbegrünung trägt zu reduzierter Aufheizung und damit einer kühleren Nacht bei. Dies ermöglicht eine ressourcenbewusste Entlastung.

- Mit optimierter Durchlüftung und Kaltluftgebieten wird eine mögliche, nächtliche Abkühlung gesichert.
- Bei Hitze und Trockenheit bleibt Wasser verfügbar und es können alternative Ressourcen (gespeichertes Niederschlagswasser, Brauch-, aufbereitetes Grauwasser) genutzt werden.
- Wasserdurchlässige Beläge und entsiegelte, begrünte Flächen reduzieren Überflutungsrisiko (wassersensible Stadt); es erfolgt eine starke Annäherung an einen naturnahen Wasserhaushalt.
- Bauliche Entwicklungen (Planung und Sanierung) werden als Chance zur Anpassung an die unvermeidbaren Klimawandelfolgen genutzt.
- Anpassungsfähigkeit und Widerstandsfähigkeit der Ökosysteme werden gestärkt, resiliente Wälder durch adaptives naturnahes Waldmanagement ermöglicht.

Im Rahmen dieser Zielsetzung werden für einzelne Cluster und Handlungsfelder entsprechend der Deutschen Anpassungsstrategie (DAS, 2020) bestehende Maßnahmen weiterentwickelt und neue Maßnahmen identifiziert. Besonders betroffen sind u.a. die Themen Gesundheit und Bevölkerungsschutz, Raumplanung und Stadtentwicklung, Wasser, Boden, Biologische Vielfalt und Wald sowie Infrastruktur.

3. Vorgehensweise

Die Fortschreibung, basierend auf dem KLIMAKS aus dem Jahr 2012 (GRDRs 299/1012), erfolgt unter Einbeziehung der Ergebnisse eines Evaluierungsprozesses aus dem Jahr 2019 (ÖKONSULT GbR, 2016 veröffentlicht 2019), dem Haushaltspaket „Weltklima in Not – Stuttgart handelt“ (2020 – 2023, GRDRs 785/2019 sowie GDRs 975/2019) und der Studie „Net-Zero Stuttgart“ der Unternehmensberatung McKinsey & Company, Inc. (2022). Da es sich bei der Maßnahmenumsetzung um eine Querschnitts- und Daueraufgabe handelt, bedarf der Prozess einer kontinuierlichen Begleitung, wodurch im Bedarfsfall auch eine konzeptionelle Nachsteuerung veranlasst werden kann. Für die zielgerichtete Erarbeitung, kontinuierliche Weiterentwicklung und Umsetzung besteht eine Organisationsstruktur, die sich aus einer interdisziplinären Arbeitsgruppe und drei Unterarbeitsgruppen (Planung, blau-grüne Infrastruktur und Hitzeaktionsplanung) zusammensetzt.

Von zentraler Bedeutung im fortgeschriebenen KLIMAKS sind die planerisch-konzeptionellen Maßnahmen als Voraussetzung für die Umsetzung konkreter blau-grüner, baulicher und sonstiger Maßnahmen. Beispielsweise werden bei der Erarbeitung quartiersbezogener, städtebaulicher Rahmenpläne, wie dem Rahmenplan Talgrund West, die umzusetzenden Maßnahmen konkret, bedarfsgerecht und betroffenenbezogen verortet. Sie ermöglichen die rechtzeitigen Weichenstellungen und verhelfen zu konkreten Anpassungsmaßnahmen in den einzelnen Handlungsfeldern.

Die Erstellung und Umsetzung eines Hitzeaktionsplans ist als Maßnahme in der Fortschreibung des Klimawandel-Anpassungskonzepts enthalten. Die Erarbeitung von Maßnahmen zur Aufklärung der Bevölkerung über hitzebezogene Gesundheitsrisiken und Hitzeschutzmaßnahmen für die gesamte Bevölkerung sowie speziell angepasste Hitzeschutzmaßnahmen für vulnerable Bevölkerungsgruppen erfolgt im Rahmen des Hitzeaktionsplans als eigenständiger Bestandteil des Klimawandel-Anpassungskonzepts. Die

einzelnen Hitzeschutzmaßnahmen werden dann reaktiv während sommerlicher Hitzeperioden umgesetzt bzw. saisonal in einem festen Zeitfenster aktiviert.

In Anlehnung an die einzelnen Cluster und Handlungsfelder der Fortschreibung der Deutschen Anpassungsstrategie (DAS, 2020) werden bestehende Maßnahmen weiterentwickelt und neue Maßnahmen identifiziert. Diese werden der praktischen Handhabung wegen davon unabhängig thematisch gruppiert, siehe **Abbildung 1**.

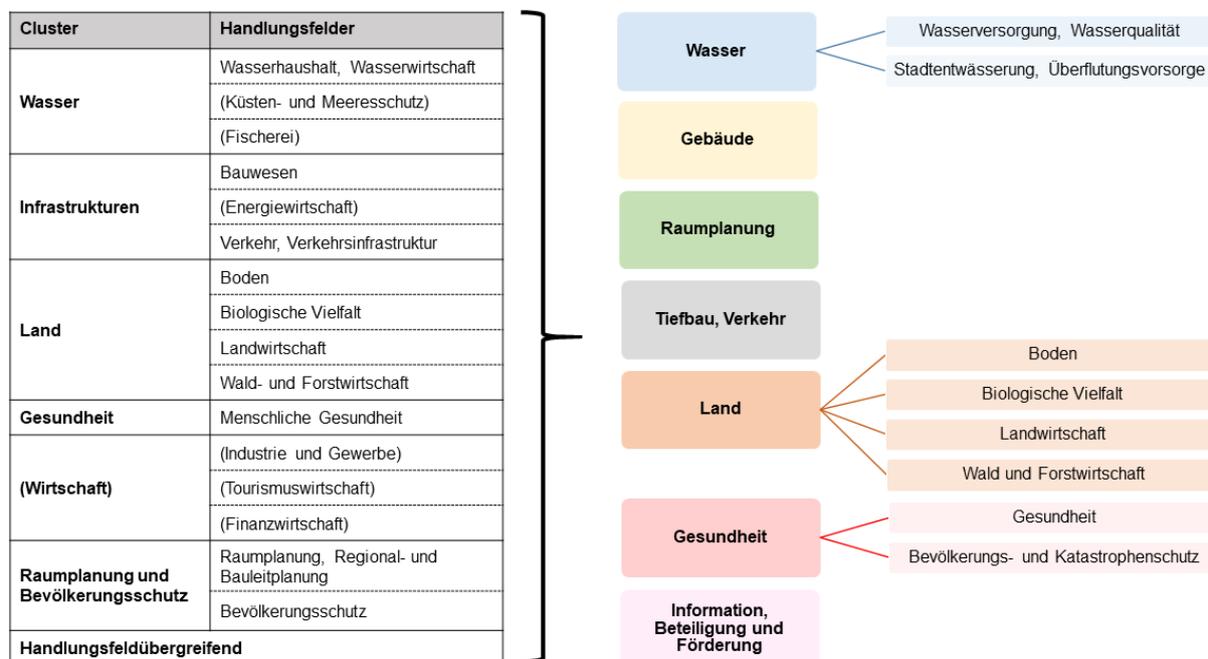


Abbildung 1: links: Cluster und Handlungsfelder der Fortschreibung der Deutschen Anpassungsstrategie (DAS, 2020), rechts: im vorliegenden KLIMAKS getroffene thematische Gruppierung.

4. Aktueller Stand des Wissens

Um die Klimawandelanpassung strategisch und zielorientiert voranzutreiben, sind großräumige Klimaänderungssignale auf regionaler und lokaler Ebene einzubinden und deren Auswirkungen zu beschreiben. Dafür beteiligt sich die Landeshauptstadt Stuttgart an dem BMBF-Förderprojekt „Integrative stadt-regionale Anpassungsstrategien in einer polyzentrischen Wachstumsregion: Modellregion Stuttgart (ISAP)“. Aktuelle Ergebnisse zeigen u.a., welche konkreten Klimaveränderungen in der Region Stuttgart zu erwarten sind und welche Anpassungsmaßnahmen erforderlich sind. Dies führt u.a. zu einem Update und zu einer inhaltlichen Weiterentwicklung des vorliegenden Regionalen Klimaatlas (Verband Region Stuttgart, 2008) hin zu einem stadt-regionalem Online-Informations- und Beratungstool. Damit werden die bisherigen Erkenntnisse und Prognosen weiter verfeinert und ergänzt. Die nachfolgenden Ergebnisse stammen aus Phase I des Projekts (Laufzeit: 01. August 2020 – 31. Oktober 2023). Der Klimaatlas bietet eine Grundlage, um den Einsatz von Klimaanpassungsmaßnahmen als selbstverständlichen und integrativen Teil der räumlichen Entwicklungsplanung zu etablieren. Konkrete Maßnahmen müssen sich sowohl in der Stadt- als auch der Regionalplanung niederschlagen. Dies dient u.a. auch der Umsetzung und des Monitorings des KLIMAKS.

Hochaufgelöste Klimasimulationen können ein physikalisch konsistentes Bild regionaler Klimaänderungen für viele kommunale Handlungsfelder liefern. Auf ihrer Basis können die Eingangsdaten für eine weitere Wirkmodellierung unter Einbeziehung der erwarteten Klimaänderungen bestimmt werden. Um die zukünftige Entwicklung des Klimas zu berechnen, werden mit Hilfe von Klimamodellen und unter der Annahme von möglichen Treibhausgas-Emissionsszenarien Klimaprojektionen erstellt. Zur besseren Abschätzung der Spannbreite der möglichen Klimasignale werden, wenn möglich, mehrere Simulationen durchgeführt und zu einem sogenannten Ensemble kombiniert. Globale Klimamodelle (englisch „General Circulation Models“ GCMs) haben derzeit typischerweise eine Gitterweite von 100-200 km, während regionale Klimamodelle (RCMs) typischerweise eine Gitterweite von 10-25 km haben. In den letzten Jahren wurden RCMs so weiterentwickelt, dass sie mit einer Auflösung von wenigen Kilometern rechnen können. RCMs benötigen als Eingangsdaten am Rand ihres begrenzten Modellgebiets die meteorologischen Felder auf der nächstgrößeren Auflösungsstufe. Ein solches Verfahren, bei dem ein hochaufgelöstes RCM mit einem gröberem GCM angetrieben wird, nennt man „Downscaling“ oder „Nesting“. In dem o.g. Projekt wurden die Daten der höchsten Gitter-Auflösung des innersten Modellgebiets mit 2.8 km verwendet. Erst dort lassen sich Stadtstrukturen sowie der verbundene städtische Wärmeinseleffekt erkennen.

4.1. Hitze

Die Ergebnisse legen nahe, dass mit globaler Erderwärmung die Temperaturen während der Hitzewellen noch höher werden als die Temperaturen bisher beobachteter Hitzewellen. Solche über mehrere Tage anhaltende Perioden erhöhter Temperaturen stellen eine ernsthafte Gefahr für die menschliche Gesundheit, die Ökosysteme und die Wirtschaft dar.

Basierend auf den Daten des KIT-KLIWA Ensembles werden im Folgenden die lokalen Auswirkungen einer globalen Erwärmung um 1, 2 und 3 Grad im Vergleich zu vorindustriellen Verhältnissen dargestellt. Jedem Erwärmungsniveau werden hierbei jeweils 30 simulierte Jahre zugeordnet. Das Erwärmungsniveau 1 Grad entspricht bereits in etwa den aktuellen Bedingungen, das Erwärmungsniveau 2 Grad wird wahrscheinlich bis Mitte des 21. Jahrhunderts erreicht und 3 Grad globale Erwärmung würden bei einem weiterhin unveränderten Treibhausgasausstoß voraussichtlich in der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts erreicht. **Tabelle 1** zeigt die regionale Klimaänderung anhand ausgewählter Klimakenngrößen gemittelt über die Region Stuttgart, jeweils als mittlere Anzahl der Tage pro Jahr.

Tabelle 1: Klimakenngrößen und ihre Änderungen im Klimawandel gemittelt über die Region Stuttgart, jeweils als mittlere Anzahl der Tage pro Jahr. Quelle: ISAP nach Feldmann, Hundhausen, Kohlhepp, Pinto / IMK-TRO, KIT Karlsruhe, 2023.

Kenngröße	Definition	1971-2000	+2Grad-Welt	+3-Grad-Welt
Tropische Nächte	$T_{\min} > 20^{\circ}\text{C}$	0.2	4	9
Sehr heiße Tage	$T_{\max} > 35^{\circ}\text{C}$	0.2	1	3
Heiße Tage	$T_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$	6	14	21
Sommertage	$T_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$	38	55	65
Vegetationstage	$T_{\text{mean}} > 5^{\circ}\text{C}$	255	274	291
Trockene Tage Mai-September	$\text{Pr} < 0.5\text{mm/day}$	77	81	87
Frosttage	$T_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$	78	57	45
Tage mit Winterdienst	$T_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$ & $\text{Pr} > 0.5\text{mm/day}$	38	26	16
Eistage	$T_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$	16	9	7

Mit zunehmender globaler Erwärmung erhöht sich nicht nur die Gesamtanzahl der Sommertage pro Jahr in der Region Stuttgart, sondern auch die Wahrscheinlichkeit, dass auch außerhalb der eigentlichen Sommermonate (Juni, Juli und August) Sommertage gemäß der Definition auftreten. Insbesondere im September treten bei 2 Grad bzw. 3 Grad globaler Erwärmung im Mittel deutlich mehr Sommertage auf als noch bei 1 Grad Erwärmung, bei 3 Grad sind es sogar ähnlich viele wie im Juni. Laut den im Projekt ausgewerteten Klimaprognosen wird in Zukunft im Mittel der Monat mit der maximalen Anzahl an Sommertagen in der Region Stuttgart nicht mehr der Juli sein, sondern der August. Der Sommer wird also bei 2 Grad und 3 Grad globaler Erwärmung nur ein bisschen früher beginnen, aber deutlich später enden als noch bei 1 Grad globaler Erwärmung. Heiße Tage gefährden die Gesundheit vor allem von älteren und pflegebedürftigen Personen, Säuglingen und Kleinkindern, im Freien Arbeitenden, sowie Menschen mit Erkrankungen, die den Stoffwechsel oder das Herz-Kreislauf-System beeinträchtigen. In der Landwirtschaft können heiße Tage zu vermindertem Ertrag sowie Qualität der Ernte führen. In der Wald- und Forstwirtschaft stellen heiße Tage für Bäume eine erhöhte Belastung durch Schädlinge dar. Zusätzlich erhöht sich die Waldbrandgefahr. Auch in der Stadt- und Raumplanung können häufigere Hitzeereignisse eine Anpassung notwendig machen, da Stadtbäume vermehrt Schädlingen ausgesetzt sind und sie zudem aufgrund des begrenzten Wurzelraumes an heißen Tagen schneller unter Trockenstress geraten. Die Anzahl der heißen Tage hängt aufgrund der Höhenabhängigkeit der Temperatur von der Topografie ab. Besonders viele heiße Tage weisen die Städte und Dörfer in den Flusstälern wie beispielsweise dem Filstal oder dem Neckartal auf. Weniger heiße Tage gibt es hingegen in größeren Höhenlagen wie auf der Schwäbischen Alb. **Abbildung 2** zeigt die Anzahl heißer Tage ($T_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$) in der Region Stuttgart und ihre Änderungen im Klimawandel (jeweils Analyse und Prognose 2- bzw. 3-Grad-Welt) als mittlere Anzahl der Tage pro Jahr. Die Projektionen zeigen für das gegenwärtige Klima (Erwärmungsniveau 1°C) im Mittel weniger als 10 heiße Tage in der Region Stuttgart, während die Prognosen für die Erwärmungsniveaus 2 und 3 Grad im Mittel bei über 10 bzw. über 20 hei-

ßen Tagen pro Jahr liegen (siehe auch **Tabelle 1**). Derzeit scheinen Jahre mit mehr als 50 heißen Tagen sehr unwahrscheinlich, während nach Erreichen des Erwärmungsniveaus von 3 Grad auch Jahre mit über 70 heißen Tagen im Bereich des Möglichen liegen.

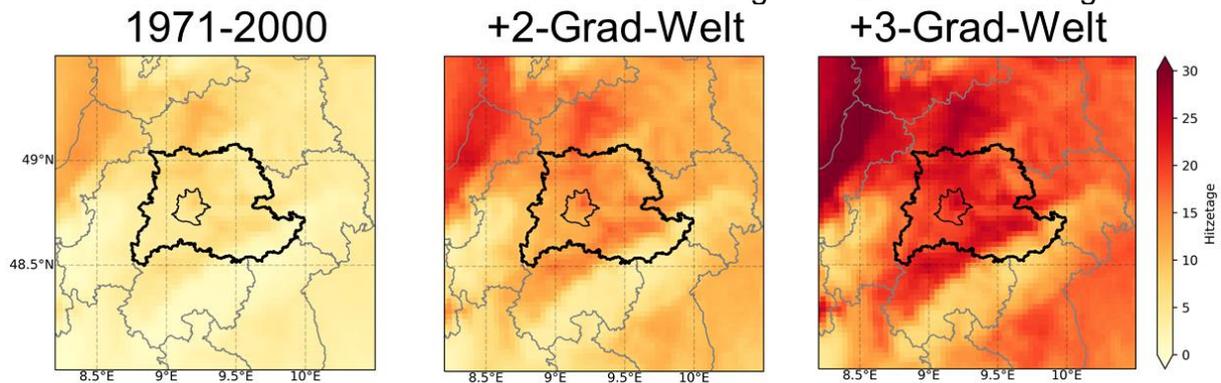


Abbildung 2: Heiße Tage ($T_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$) in der Region Stuttgart und ihre Änderungen im Klimawandel, jeweils als mittlere Anzahl der Tage pro Jahr. Quelle: ISAP nach Feldmann, Hundhausen, Kohlhepp, Pinto / IMK-TRO, KIT Karlsruhe, 2023.

Eine andere Möglichkeit der Bewertung und Vorhersage der thermischen Bedingungen des Menschen im Freien ist die Betrachtung der Wärmebelastung auf Grundlage des bioklimatischen Komfortindex UTCI (Universal Thermal Climate Index nach beispielsweise Jendritzky et al., 2009, 2012, Bröde et al., 2012). In **Abbildung 3** ist die Zunahme der Anzahl der Tage mit starker Wärmebelastung zwischen Analysezeitraum und Prognose (2-Grad-Welt) für die Region Stuttgart dargestellt. Dabei wird jeweils die mittlere Anzahl der Tage im Jahr mit mindestens einer Stunde starker Wärmebelastung gezeigt. Starke Wärmebelastung liegt zu mindestens einem Zeitpunkt eines Tages vor, wenn das Maximum des UTCI ≥ 32 Grad ist.

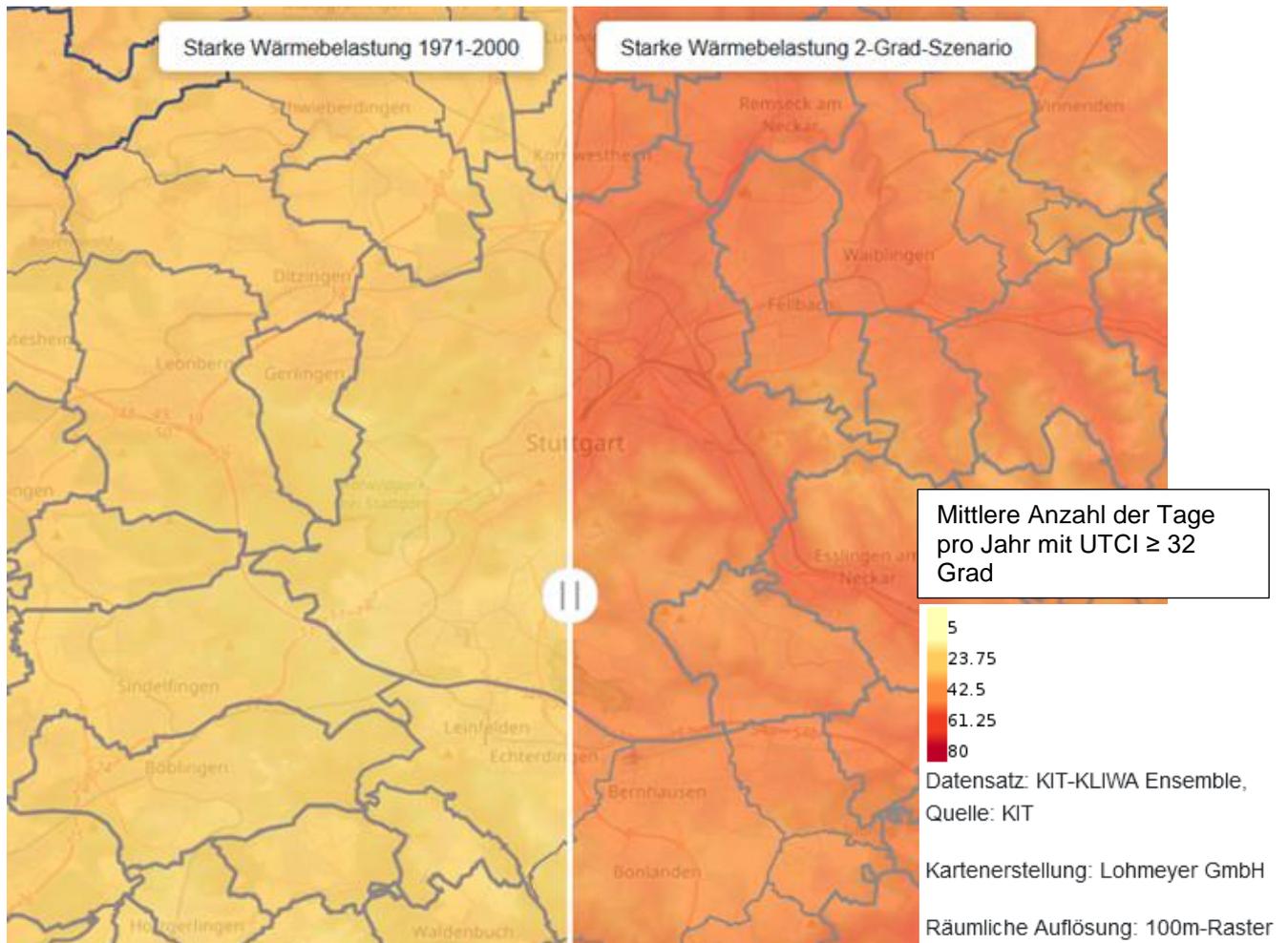


Abbildung 3: Vergleich der mittleren Anzahl der Tage mit starker Wärmebelastung pro Jahr (UTCI \geq 32 Grad). Quelle: ISAP nach Brecht / Lohmeyer GmbH Karlsruhe, 2023.

Weitere Ergebnisse des Projekts zeigen, dass ebenso eine Zunahme der Dauer der Hitzewellen erwartet. Lag die Dauer der stärksten Hitzewellen in den Jahren 1971–2000 noch im Mittel bei 4,3 Tagen, wird sie in einer 2 (3) Grad wärmeren Welt bei 5,1 (7,5) Tagen erwartet. Längere Hitzewellen haben zum einen negative Auswirkungen auf die Gesundheit, aber beeinträchtigen auch die Landwirtschaft, Bewässerung und Trinkwasserversorgung. Die Auswertung zeigt, dass die erwartete Zunahme von Temperatur und Dauer insgesamt zu einer Erhöhung der Stärke um 26 % (100 %) in einer 2 (3) Grad wärmeren Welt führt.

4.2. Starkregen

Die Zunahme von Starkregen mit der Erderwärmung basiert zum einen darauf, dass eine wärmere Atmosphäre mehr Wasserdampf aufnehmen kann, welcher dann bei einem Niederschlagsereignis als Regen fällt. Dieser Effekt der globalen Erwärmung auf diesen thermodynamischen Prozess ist weltweit weitgehend gleichmäßig. Zusätzlich bestimmen dynamische Prozesse das Auftreten von Starkregen, beispielsweise durch Wetterlagen und großräumige, atmosphärische Strömungen, die den Aufstieg feuchter Luftmassen fördern und somit schwere Niederschläge auslösen können. Die Auswirkungen des Klimawandels auf diese Prozesse können regional unterschiedlich sein. **Abbildung 4** stellt das mittlere Jahresmaximum des Niederschlags in der Region Stuttgart für die Analyse und die beiden Prognosezeiträume (2- bzw. 3-Grad-Welt) dar.

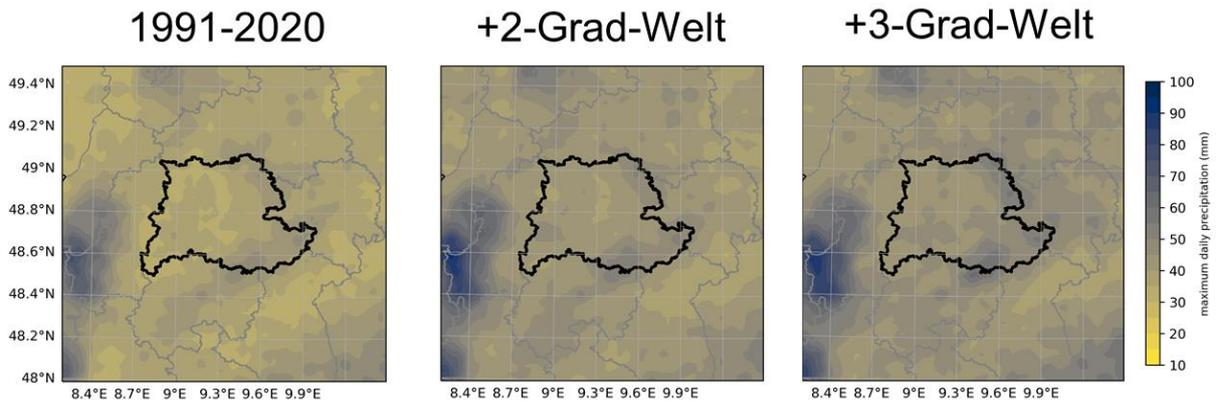


Abbildung 4: Mittleres Jahresmaximum des Niederschlags in der Region Stuttgart und ihre Änderungen im Klimawandel, jeweils in mm. Quelle: ISAP nach Feldmann, Hundhausen, Kohlhepp, Pinto / IMK-TRO, KIT Karlsruhe, 2023.

Die Änderung der höchsten Tages-Niederschlagssumme innerhalb eines Jahres, gemittelt über die 30 Jahre des jeweiligen Erwärmungsniveaus, kann einen Hinweis auf eine mögliche Veränderung von Starkniederschlagsereignissen geben. Wie es sich bereits jetzt in Beobachtungen zeigt, wird insgesamt die Belastung durch meteorologische Extremereignisse durch die Klimaerwärmung erhöht, d.h. Starkniederschlagsereignisse werden intensiver werden. Am Mittelwert ist in der nachfolgenden Auswertung keine deutliche Veränderung zu erkennen, aber dass die Spannweite dieser höchsten Tages-Niederschlagssummen mit zunehmender globaler Erwärmung größer wird, kann ein Hinweis auf in Zukunft stärkere Starkniederschlagsereignisse sein (vgl. **Abbildung 5**).

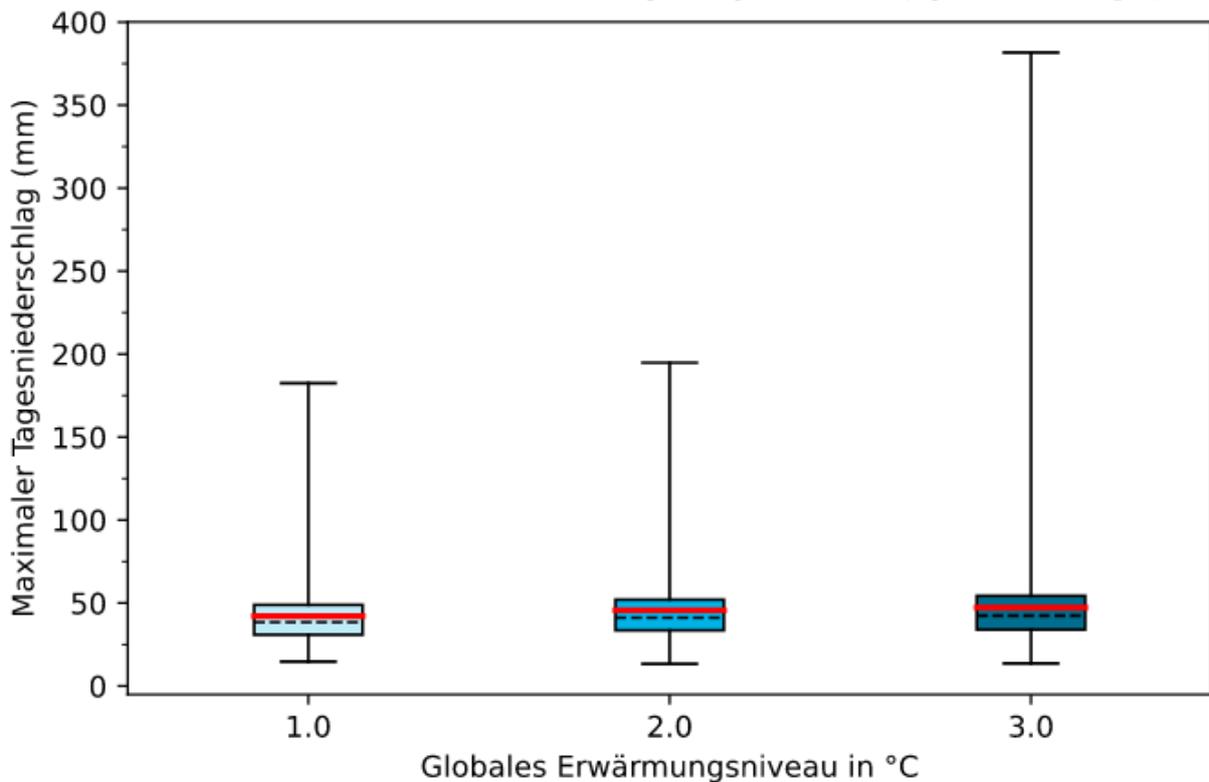


Abbildung 5: Erwartete zukünftige Entwicklung der höchsten täglichen Niederschlagssumme (in mm) in der Region Stuttgart bei einer globalen Erwärmung von 1, 2 und 3 Grad über dem vorindustriellen Niveau, basierend auf dem KIT-KLIWA-Ensemble. Die Antennen zeigen die Minimal- und Maximalwerte, die Boxen die 25- und 75-Perzentile, die schwarz gestrichelte Linie den Median (50-Perzentil) und die rote Li-

nie den Mittelwert der Verteilung über die entsprechenden jeweils 30 Jahre und alle Gitterpunkte in der Region Stuttgart. Quelle: ISAP nach Feldmann, Hundhausen, Kohlhepp, Pinto / IMK-TRO, KIT Karlsruhe, 2023.

4.3. Vulnerabilität

Wann führen Klimagefahren, wie extreme Hitze oder Starkregen, zu negativen Folgen für den Menschen und für Infrastrukturen in der Region? Wann besteht die Notwendigkeit zu handeln, um uns und unsere Umgebung gegenüber den Wirkungsfolgen des menschengemachten Klimawandels anzupassen? Klimafolgen können jeden mittelbar oder unmittelbar betreffen, aber für einige Kommunen, Systeme oder Menschen ist die potentielle Wahrscheinlichkeit von einer Klimagefahr ausgesetzt zu sein höher und andere haben geringere Kapazitäten mit den Gefahren umzugehen oder sich im Sinne der Klimaanpassungsvorsorge auf solche Extremwetterereignisse vorzubereiten. Wenn die Klimagefahr auf ein besonders exponiertes und vulnerables System (Kommune, Infrastrukturen, Menschen etc.) trifft, ist das Risiko besonders hoch und der Handlungsbedarf dementsprechend auch.

Der Begriff Vulnerabilität wird manchmal synonym zu Risiko benutzt. Hier soll jedoch auf die Definition des aktuellen Weltklimaberichts (IPCC-Bericht), indem Vulnerabilität getrennt von der räumlichen Exposition als Bestandteile von Risiko verstanden wird und Anpassungskapazität, Bewältigungskapazität und Sensitivität Dimensionen der Vulnerabilität sind. Vulnerable Menschen befinden sich in Lebenssituationen, die potentiell für sie bedeuten, im Verhältnis zu anderen besonders stark im Falle eines Ereignisses, wie beispielsweise extremer Hitze oder Starkregen, betroffen sein werden. Gesundheit und Alter stellen hierbei zwei zentrale Faktoren dar, die für den Grad der Belastung eines Menschen mit ursächlich sind.

Sowohl Menschen als auch Gebäude, Infrastrukturen, Ortsteile oder Ökosysteme können im Vergleich zu anderen besonders verwundbar sein. Menschen, die in bestimmten Quartieren in unseren Städten und Ortschaften wohnen und arbeiten, können auch durch das Wohnumfeld u.a. durch Missstände an der Bausubstanz oder durch defizitäre Grünversorgung besonders gegenüber solchen klimabedingten Gefahren betroffen sein. **Abbildung 6** zeigt die relative Vulnerabilität des Wohnorts gegenüber Hitze, die erwartungsgemäß in den dicht besiedelten und schlecht durchlüfteten Tallagen Stuttgarts eher hoch bis hoch ist.

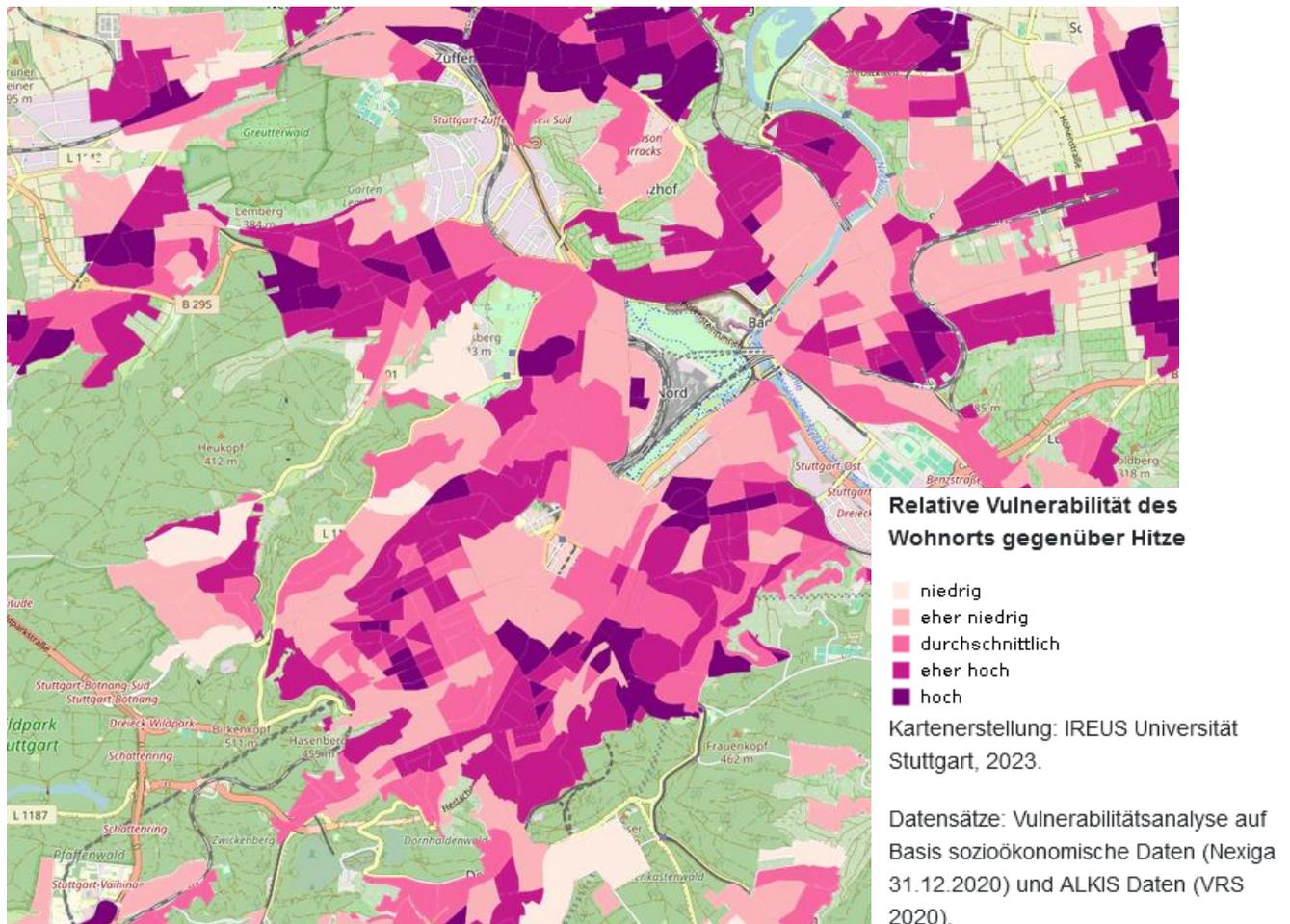


Abbildung 6: Relative Vulnerabilität des Wohnorts gegenüber Hitze. Quelle: ISAP nach Birkmann, Götsche, McMillan / IREUS, Universität Stuttgart, 2023. Hintergrundkarte: OpenStreetMap.

5. Priorisierung

Um die Risiken durch die Klimawandelfolgen zu minimieren, müssen Anpassungsmaßnahmen umgesetzt werden. Die Maßnahmen der Fortschreibung des KLIMAKS sind unterschiedlich wirksam und teilweise nicht gleichzeitig umsetzbar. Es wird deshalb eine Priorisierung der Anpassungsmaßnahmen vorgenommen. Die Priorisierung und Bewertung wird analog zur Deutschen Anpassungsstrategie und im bestehenden KLIMAKS aus dem Jahr 2012 beschriebenen Vorgehen durchgeführt. Die Maßnahmenpriorisierung erfolgt in die Kategorien A, B und C nach der Eintrittswahrscheinlichkeit des konkreten Risikos bei Ausbleiben der Umsetzung und dem Ausmaß des Schadens ohne Anpassungsmaßnahmen, wenn das Risiko eintritt. Die daraus resultierende Einteilung lautet entsprechend: A = Risiko muss direkt adressiert werden, B = ggf. Maßnahmen ergreifen, überwachen, C = beobachten, ggf. No-Regret-Maßnahmen. Zusätzlich wird für jede Maßnahme die jeweilige Effektivität hinsichtlich der Risikominderung ermittelt.

Maßnahmen, die nicht konkrete Risiken adressieren, sondern die Anpassungskapazität der Stadt insgesamt erhöhen, werden dabei separat betrachtet. Dies sind Maßnahmen im planerisch-konzeptionellen Bereich, deren Umsetzung als Grundlage für weitere Anpassungsmaßnahmen dient und daher dringend empfohlen wird. Sie ermöglichen rechtzeitige Weichenstellungen und verhelfen zu konkreten Maßnahmen in den einzelnen Handlungsfeldern. Beispielsweise können in einem städtebaulichen Rahmenplan Vorgaben für eine klimawandelangepasste Entwicklung eines Quartiers gemacht werden, die dann an-

lassbezogen oder im öffentlichen Raum auch sukzessive durch andere rechtliche Instrumente und konkrete Anpassungsmaßnahmen umgesetzt werden.

6. Monitoring

Sowohl die Klimaentwicklung als auch die auftretenden Auswirkungen untermauern die dringende Notwendigkeit von Klimawandelanpassungsmaßnahmen in Stuttgart und zeigen das Erfordernis für die Umsetzung des Maßnahmenpakets auf. Die (stadt-) klimatische Entwicklung in Stuttgart wird kontinuierlich beobachtet, analysiert und Konsequenzen für die Klimawandelanpassung ermittelt. Im Rahmen der Fortschrittsdokumentation und als Grundlage für eine mögliche Nachjustierung der Maßnahmen erfolgt ein regelmäßiges Prozess- und Ergebnismonitoring. Wichtige Hinweise können beispielsweise die Erhebung der Anzahl heißer Tage und tropischer Nächte sowie die Ergebnisse der Infrarot-Thermographie des Stadtgebiets liefern.

Dabei werden in Anlehnung an den jeweils aktuellen Fortschrittsbericht der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) und den jeweils aktuellen Leitfaden zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels für Kommunen des Umweltbundesamtes (Klimalotse) sogenannte Impact-Indikatoren herangezogen, welche die Auswirkungen des Klimawandels beschreiben und auf Grundlage dessen sogenannte Response-Indikatoren betrachtet, die eine Bewertung der Anpassungsaktivitäten ermöglichen und den Anpassungsprozess unterstützen können. Das Vorgehen unterstützt die Entwicklung einer vorsorgenden Klimaanpassungsstrategie mit messbaren Zielen im Sinne des am 01. Juli 2024 in Kraft tretenden KAnG in hohem Maße.

Bei der Anpassung der Landeshauptstadt Stuttgart an den Klimawandel ist eine strukturierte, dauerhafte und zeitnahe Umsetzung der Maßnahmen zwingend erforderlich. Hemmnisse und Erfolgsfaktoren für die Maßnahmenumsetzung werden von der Arbeitsgruppe und den Unterarbeitsgruppen erfasst und im Rahmen des Monitorings aufbereitet. Der jeweilige Umsetzungsstand der Maßnahme sowie umgesetzte Beispiele und geplante Vorhaben werden über das Monitoring dargestellt.

In diesem Sinne stellt der jeweilige Teil I der einzelnen, im beiliegenden KLIMAKS Maßnahmenpaket zusammengefassten Steckbriefe vorwiegend die konkrete Beschreibung der jeweiligen Maßnahme dar. Teil II umfasst fakultativ eine erläuternde Ergänzung.

Die Ergebnisse des Monitorings sollen alle zwei Jahre in einem Monitoringbericht vorgelegt werden. Die Möglichkeit zur Nachsteuerung des Maßnahmenpakets ist durch die interdisziplinären Arbeitsgruppe Klimawandelanpassung und den Lenkungskreis Klima gegeben.

7. Maßnahmen und Maßnahmenpriorisierung

In Anlage 2 sind die Maßnahmen des KLIMAKS zusammengefasst dargestellt. Sie sind entsprechend der Fortschreibung der Deutschen Anpassungsstrategie nach Clustern bzw. Handlungsfeldern strukturiert (DAS, 2020), der praktischen Handhabung wegen davon unabhängig thematisch gruppiert. Das KLIMAKS Maßnahmenpaket listet die Maßnahmen als Übersicht auf und stellt die jeweils zugehörigen Maßnahmensteckbriefe einzeln dar, unter der Tabelle Maßnahmenpriorisierung (Anlage 3) ist die jeweilige Kategorisierung der Maßnahmen in A, B, C zu finden.

Bei einigen Maßnahmen sind die rechtlichen Rahmenbedingungen zu klären. Die Nutzung von gereinigtem Abwasser/Grauwasser zur Bewässerung ist noch neu und wurde erstmals in der EU-Verordnung über Mindestanforderungen an die Wasserwiederverwen-

derung für landwirtschaftliche Zwecke geregelt. Die Verordnung ist seit Juni 2023 in Kraft, die Anpassung der deutschen Gesetze und technischen Regelwerken ist derzeit in Bearbeitung. Der Schutz von Grundwasser und Boden ist zu betrachten.

Dies erfolgt im wasserrechtlichen Erlaubnisverfahren, welches bei einer Maßnahme, bei der Abwasser/Grauwasser zu Gießzwecken eingesetzt wird, erforderlich ist. Bei Maßnahmen, die den Ausbau oder die Renaturierung von Gewässern oder den Bau von Hochwasserrückhaltebecken zum Ziel haben, sind Planfeststellungsverfahren mit Umweltverträglichkeitsprüfung durchzuführen, bevor die Maßnahmen umgesetzt werden können. Planfeststellungsverfahren nehmen im Regelfall mehrere Jahre in Anspruch und binden Personal bei der zuständigen unteren Wasserbehörde.