

Projektverbund ISAP II

Datengrundlagen für die regionale und kommunale Klimaanpassung

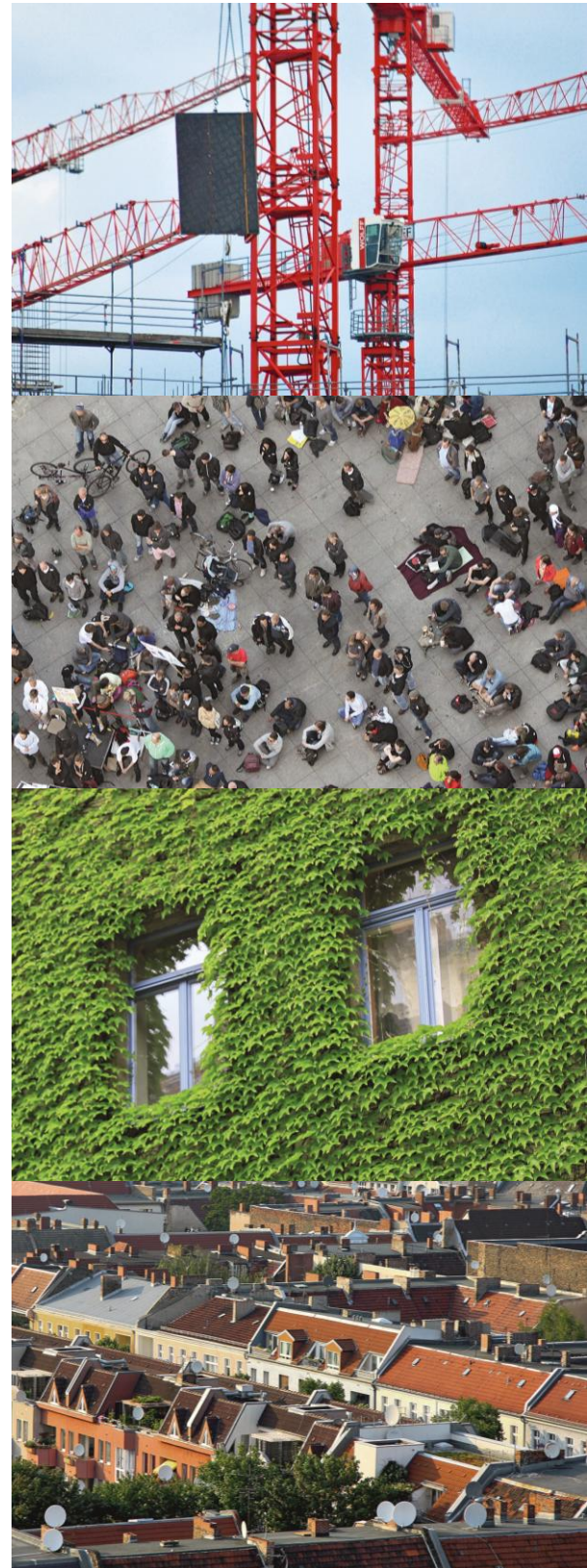
Neue Informations- und Analyseinstrumente für die
räumliche Planung am Beispiel der Region Stuttgart



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt



Datengrundlagen für die regionale und kommunale Klimaanpassung

Neue Informations- und Analyseinstrumente für die räumliche Planung am
Beispiel der Region Stuttgart

Impressum

Herausgeber:

Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH (Difu)
Zimmerstraße 13–15 10969 Berlin
+49 30 39001-0 difu@difu.de <https://difu.de/>

Gesamtkoordination (Difu):

Moritz Frese, Mascha Overath

Autor:innen:

Moritz Frese (Difu), Mascha Overath (Difu), Carolin Dahlem (Dr. Pecher GmbH), Prof. Dr.-Ing. Holger Hoppe (Dr. Pecher GmbH), Hendrik Janssen (Dr. Pecher GmbH), Dr. Jesko Hirschfeld (IÖW), Tarin Karzai (IÖW), Tobias Möllney (IÖW), Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jörn Birkmann (IREUS), Friedrich Hampel (IREUS), Joanna McMillan (IREUS), Hendrik Feldmann (KIT), Dr. Marie Hundhausen (KIT), Prof. Dr. Joaquim G. Pinto (KIT), Dr. Marselina Arkouli (LHS), Silke Drautz (LHS), Rainer Kapp (LHS), Torsten Nagel (Lohmeyer GmbH), Dr. Christoph Hemberger (VRS), Thomas Kiwitt (VRS), Max Rodenbüsch (VRS)

Gefördert:

im Rahmen der Fördermaßnahme RegIKlim (Regionale Informationen zum Klimahandeln) vom Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFTR)

Redaktion:

Patrick Diekelmann (Difu)

Layout:

Esther Biro (Difu)

Gestaltungskonzept Umschlag:

3pc GmbH Neue Kommunikation

Bildnachweis (Umschlag):

1. v. oben: Busso Grabow | 2., 3., 4. v. oben: Wolf-Christian Strauss

Erscheinungsjahr:

2026

Schriftenreihe:

Difu Impulse 7/2026 ISSN 1863-7728

DOI 10.34744/difu-impulse_2026-7



Der Text dieser Publikation, bis auf Zitate, sowie selbst erstellte Abbildungen und Tabellen, wird unter der Lizenz Creative Commons Namensnennung 4.0 International (CC BY 4.0) veröffentlicht. Den vollständigen Lizenztext finden Sie unter: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>

Zitierempfehlung (APA7):

Frese, M., Overath, M., Dahlem, C., Hoppe, H., Janssen, H., Hirschfeld, J., Karzai, T., Möllney, T., Birkmann, J., Hampel, F., McMillan, J., Feldmann, H., Hundhausen, M., Pinto, J. G., Arkouli, M., Drautz, S., Kapp, R., Nagel, T., Hemberger, C., Kiwitt, T., Rodenbüsch, M. (2026). *Datengrundlagen für die regionale und kommunale Klimaanpassung. Neue Informations- und Analyseinstrumente für die räumliche Planung am Beispiel der Region Stuttgart* (Difu Impulse 7/2026). Berlin. Deutsches Institut für Urbanistik (Difu). https://doi.org/10.34744/difu-impulse_2026-7

Inhalt

Verzeichnis der Abbildungen	6
1. Einführung	8
1.1 Hintergrund	8
1.2 Problemstellung	8
1.3 Die beiden Projektphasen ISAP I und ISAP II	10
1.4 Der Klimaatlas als neues Online-Informations- und Beratungssystem für die Region Stuttgart	10
1.5 Projektpartner und Arbeitsschwerpunkte	11
2. Nutzung von Klimasimulationen auf der Kilometer-Skala für die Planung von Klima-Anpassungsmaßnahmen	14
2.1 Einfluss des Klimawandels auf Klima-Risiken und -Extreme	14
2.2 Klimasimulationen auf der Kilometer-Skala und ihre Nutzung in der Klimaanpassungsplanung	14
2.3 Wie können die Klimadaten auf der Kilometer-Skala für die Anwendung genutzt werden?	15
2.3.1 Hitzebelastung	16
2.3.2 Starkniederschläge	16
2.4 Fazit	17
3. Lokale Klimamodellierung für die Region Stuttgart mit PALM-4U	19
3.1 Einleitung	19
3.2 Vorgehensweise und Ergebnisse	19
3.3 Fazit	22
4. Regionale Starkregengefahrenkarten und Fokuskarte Starkregen– Werkzeuge für Aufmerksamkeit und integrierte Vorsorge	23
4.1 Regionale Starkregengefahrenkarte: Entwicklungsprozess und Einsatzmöglichkeiten	24
4.2 Die Fokuskarte Starkregen: Ein neues Instrument für Kommunikation und Planung	25
4.3 Mehrwert unterschiedlicher Maßstabsebenen: Kommunal, regional, landesweit	27
4.4 Nutzung und Implementierung: Wie die Karten in der Praxis Anwendung finden	28
4.5 Fazit	28
5. Facetten der Risikobetrachtung	30
5.1 Soziale Vulnerabilität als Teil des Risikobegriffs	30
5.2 Exposition von Infrastrukturen	33
5.3 Planungsrechtliche Maßnahmen zur Stärkung regionaler Resilienz	34
5.4 Fazit	35
6. Die ökonomische Betrachtung von Klimaanpassungsmaßnahmen	36

6.1	Hintergrund: Ökosystemleistungen in der räumlichen Planung	36
6.2	Ergebnisse der ökonomischen Betrachtung	37
6.3	Anwendbarkeit und Übertragbarkeit der Ergebnisse	40
7.	Unterstützung der Umsetzung von städtebaulichen Rahmenplanungen durch mikroskalige Stadtklimamodellierung	42
7.1	Die klimatisch herausfordernde Ausgangslage	42
7.2	Der planungsrechtliche Hintergrund	42
7.3	Die städtebauliche Rahmenplanung als Chance	43
7.4	Erfahrungen und Ausblick	47
8.	Klimaanpassung: Zentrales Handlungsfeld im regionalen Gefüge – das Beispiel Region Stuttgart	49
8.1	Weiterentwicklung der instrumentellen Grundlagen in ISAP	49
8.2	Aufgabenverteilung im Multi-Governance-Modell und Rolle der Regionalplanung	50
8.3	Erfolgsfaktoren des Ansatzes	53
8.4	Ausblick	55
9.	Impulse aus der Anwendungserprobung und Evaluierung des Digitalen Klimaatlas	57
9.1	Methodik der Evaluierung und Anwendungserprobung	57
9.2	Anwendungserprobung und Evaluierung des Digitalen Klimaatlas der Region Stuttgart	58
9.2.1	Verständlichkeit der Inhalte	58
9.2.2	Darstellung und Aufbereitung der Inhalte	60
9.2.3	Anwendbarkeit und Integration in die Praxis	61
9.3	Fazit und Ausblick	63
10.	Gesamtfazit: Impulse für die Weiterentwicklung und Nutzung digitaler Klimainformationsdienste	65
	Literatur	69
	Autor:innen	72

Verzeichnis der Abbildungen

Abb. 1: Die drei Säulen des Digitalen Klimaatlas der Region Stuttgart; Quelle: https://klimaatlas.region-stuttgart.org/ , letzter Zugriff am 2.6.2026	11
Abb. 2: Tagessumme des Niederschlags für den 14. Jul. 2021, dem Tag der Ahr/Erft-Flut, unter dem Einfluss des Klimawandels. (a) für eine 1°C kältere Welt, (b) für gegenwärtige Bedingungen und (c) für eine 2°C wärmere Welt. Abbildung (d) zeigt die Verstärkung des Niederschlags je Grad Temperaturerhöhung im inneren eingezeichneten Rechteck (rot) und im äußeren blauen Rechteck; Quelle: adaptiert nach Ludwig et al., 2023	17
Abb. 3: Geländehöhe in Meter über NHN, Landnutzung und Anzahl der heißen Tage als perspektivische Darstellung für die Region Stuttgart; Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage VRS, 2021, www.lgl-bw.de 2021	20
Abb. 4: Berechnete Kaltluftströmung an einem heißen Tag um 24 Uhr; Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage VRS, 2021	21
Abb. 5: Anzahl der heißen Tage (Maximum $\geq 30^\circ\text{C}$) in der Region Stuttgart für die Referenzperiode 1971 bis 2000; Quelle: eigene Darstellung, Datengrundlage VRS, 2021, www.lgl-bw.de 2021	22
Abb. 6: Workshop zur Fokuskarte Starkregen mit Verwaltungsmitarbeit- enden sowie der Feuerwehr der Gemeinden Winnenden, Berglen und Leutenbach am 23.10.2025 in Winnenden; Foto: Dr. Pecher GmbH	26
Abb. 7: Entwurf der Fokuskarte Starkregen mit Abbildung der maximalen Wassertiefen der Starkregengefahrenkarte; Quelle: Dr. Pecher GmbH	27
Abb. 8: Risikokzept und die Rolle der Stadtentwicklung Quelle: eigene Darstellung auf Grundlage IPCC, 2014	31
Abb. 9: Soziale Vulnerabilitäten in der Region Stuttgart. Quelle: https://klimaatlas.region-stuttgart.org/ , letzter Zugriff am 02.06.2026	31
Abb. 10: Bereitschaft zu privaten Investitionen; Quelle: eigene Analysen auf Basis der Haushaltsbefragungen	33
Abb. 11: Empfundene Hitzebelastungen in den eigenen Wohneinheiten; Quelle: eigene Analysen auf Basis der Haushaltsbefragungen	33
Abb. 12: Screenshot (modifiziert) des Klimaatlas der Region Stuttgart: Säule II Klimaangepasste Raumentwicklung – Fokusgebiet NeckarPark; Quelle: https://klimaatlas.region-stuttgart.org/ , letzter Zugriff am 2.6.2026	38
Abb. 13: Stufen der Planung und Wirkungsweise; Quelle: Landeshauptstadt Stuttgart, 2017	43
Abb. 14: „Rahmenplan Talgrund West“, oben: Musterblock, unten: Visualisierung der möglichen Entwicklung; Quelle: Landes- hauptstadt Stuttgart, 2018	45
Abb. 15: Windgeschwindigkeit um 04:00 UTC in 10 m Höhe, mit schematisch markiertem Kaltluftabfluss; Quelle: Ergebnisse PALM-4U_6m, Landeshauptstadt Stuttgart, 2026	47
Abb. 16: Lage der Region Stuttgart in Baden-Württemberg (links) und Gliederung auf Kreisebene (rechts); Quelle: VRS 2026	50

Abb. 17: Startseite des Klimaatlas; Quelle: https://klimaatlas.region-stuttgart.org/	53
Abb. 18: Herausforderungen und Erfolgsfaktoren des Mehr-Ebenen-Ansatzes; Quelle: Eigene Darstellung	55
Abb. 19: Interaktive Arbeitsphase zur Sammlung von Fragestellungen und Anwendungsfällen im ersten Fachworkshop (18.3.2025, Difu); Foto: Mascha Overath	58
Abb. 20: Bewertung der Verständlichkeit und Nutzbarkeit zentraler Inhalte des Klimaatlas; Quelle: Online-Befragung 2025, Difu	59
Abb. 21: Oberfläche des Digitalen Klimaatlas mit der Layersplitting-Ansicht: Vergleich des Referenzzeitraums 1971–2000 (links) mit einer um 2 °C wärmeren Welt (rechts); Quelle: https://klimaatlas.region-stuttgart.org/ , letzter Zugriff am 22.5.2026	60
Abb. 22: Einschätzung des Nutzens des Klimaatlas für die Planungspraxis entlang dreier Kernfragen, n=17; Quelle: Online-Befragung 2025, Difu	62

1. Einführung

Das Forschungsprojekt ISAP – Integrative stadt-regionale Anpassungsstrategien in einer polyzentrischen Wachstumsregion – zielt darauf ab, differenzierte Analysen zum stadt-regionalen Klima für Gegenwart und Zukunft zu entwickeln und daraus konkrete Lösungsansätze in Form integrativer Maßnahmen und Planungshinweise abzuleiten. Akteure aus Planungspraxis und Forschung erarbeiten dabei gemeinsam die wissenschaftlichen Grundlagen, sodass die gewonnenen Erkenntnisse in aktives Klimahandeln überführt werden können. Als eine von sechs Modellregionen der Fördermaßnahme „Regionale Informationen zum Klimahandeln“ (ReglKlim) des Bundesministeriums für Forschung, Technologie und Raumfahrt leistet das Projekt in der Region Stuttgart einen Beitrag zur Entwicklung digitaler Lösungen, um Akteure auf regionaler und kommunaler Ebene zu befähigen, wissenschaftsbasiert notwendige Anpassungsmaßnahmen umzusetzen.

Das Projekt umfasst zwei Forschungs- und Entwicklungsphasen (2020–2023 und 2023–2026).

Dieser Difu-Impulse-Band stellt die Ergebnisse der zweiten Projektphase vor und bereitet sie als Impulse für die Weiterentwicklung und Nutzung digitaler Klimainformationsdienste auf regionaler und bundesweiter Ebene auf, beispielsweise für den KlimafolgenHub, der ebenfalls im Rahmen der ReglKlim-Fördermaßnahme entwickelt wird.

1.1 Hintergrund

Die Region Stuttgart zählt zu den wirtschaftlich dynamischsten und zugleich am dichtesten besiedelten Räumen Deutschlands und umfasst 179 Städte und Gemeinden. Bereits heute ist die Region spürbar vom Klimawandel betroffen, vor allem durch sommerlichen Hitzestress und Starkregenereignisse, wie zuletzt 2024 im Rems-Murr-Kreis (Gräfe et al., 2025). Diese Klimafolgen belasten Bevölkerung, Siedlungsgebiete und kritische Infrastrukturen wie Energie- und Wasserversorgung, Verkehrssysteme und die medizinische Versorgung. Da Häufigkeit und Intensität solcher Ereignisse infolge des Klimawandels zunehmen werden (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC] 2014, 2022), ist eine konsequente Stärkung der Klimaanpassung neben dem Klimaschutz unabdingbar. Gezielte Maßnahmen zur Anpassung sind daher ein wichtiger Baustein zur Sicherung der Lebensqualität, zur Steigerung der Resilienz und zur langfristigen Funktionsfähigkeit der Region Stuttgart.

Eine erfolgreiche Klimaanpassung setzt Lösungen voraus, die von Praxisakteuren konkret umgesetzt werden können. Neben fundierten Analysen zu gegenwärtigen und künftigen Klimarisiken sind daher praxistaugliche Planungsgrundlagen erforderlich, die den Transfer wissenschaftlicher Erkenntnisse in aktives Klimahandeln ermöglichen.

1.2 Problemstellung

Die Forschungsarbeiten von ISAP II sind auf drei zentrale Herausforderungen ausgerichtet, die im Kontext der Klimaanpassung in der Region Stuttgart von besonderer Relevanz sind:

Herausforderungen der Klimaanpassung gegenüber Hitzestress und Starkregen. ISAP II adressiert die zunehmenden Herausforderungen durch Hitzestress und Starkregenereignisse in der Region Stuttgart, die infolge des Klimawandels künftig häufiger und intensiver auftreten werden (IPCC, 2022). Das Projekt verfolgt dabei eine integrative und stadt-regionale Perspektive, da sich die Auswirkungen beider Klimarisiken oftmals räumlich überlagern und nicht an kommunalen Grenzen enden. Während Hitzebelastungen insbesondere dicht bebaute urbane Räume und vulnerable Bevölkerungsgruppen betreffen, entstehen Starkregengefahren häufig durch topografische und hydrologische Zusammenhänge auf regionaler Ebene (Birkmann et al., 2026). Die Projektergebnisse zeigen, dass klimarelevante Funktionsräume wie Kaltluftentstehungsgebiete, Wasserabflussräume oder Retentionsflächen vielfach außerhalb einzelner Gemarkungen liegen und daher nur durch abgestimmte regionale Strategien wirksam gesichert werden können. Gleichzeitig werden Wechselwirkungen zwischen klimatischen Gefahren, Vulnerabilität und kritischen Infrastrukturen analysiert, um integrierte Anpassungsmaßnahmen entwickeln zu können.

Verfügbarkeit nutzbarer Klima- und Risikodaten für die Planungspraxis. Ein zentrales Problem der kommunalen und regionalen Klimaanpassung ist die fehlende Verfügbarkeit qualitativ hochwertiger und kleinräumiger Klima- und Risikodaten für die Planungspraxis. ISAP greift diese Herausforderung auf, indem bestehende Klima-, Vulnerabilitäts- und Starkregendaten weiterentwickelt und in einem digitalen Informationssystem gebündelt werden (McMillan et al., 2025). Ziel ist es, komplexe wissenschaftliche Erkenntnisse in anwendungsorientierte Planungsgrundlagen zu überführen. Hierzu gehören unter anderem regionale Klimaanalysekarten, Vulnerabilitätskarten sowie die Entwicklung einer sogenannten „Fokuskarte Starkregen“, die speziell auf Anforderungen räumlicher Planungsprozesse ausgerichtet ist. Das Projekt verbindet hochauflösende Klimamodelle mit stadtklimatischen und hydrologischen Simulationen, um gegenwärtige und zukünftige Risiken belastbar abzubilden. Durch interaktive Karten, Szenarienvergleiche und verständlich aufbereitete Wissensangebote sollen die Informationen auch für kleinere Kommunen mit begrenzten Verwaltungskapazitäten nutzbar gemacht werden. Damit leistet ISAP II einen wichtigen Beitrag zur Verankerung wissenschaftlicher Klimadaten für konkrete Planungs- und Entscheidungsprozesse.

Lücke zwischen kommunalen Anpassungsstrategien sowie regionalen und Landesinitiativen. ISAP II setzt an der bestehenden Lücke zwischen kommunalen Klimaanpassungsstrategien und regionalen sowie landesweiten Initiativen an. Viele Maßnahmen und Strategien werden bislang isoliert entwickelt, obwohl Klimarisiken wie Hitzestress oder Starkregen über funktionale und administrative Grenzen hinaus wirken. Das Projekt zielt darauf ab, Synergien und Abhängigkeiten zwischen den Planungsebenen sichtbar zu machen und stärker miteinander zu verknüpfen, was besonders relevant für die Region Stuttgart ist, die durch hohe funktionale Verflechtungen bei gleichzeitig ausgeprägter polyzentrischer Siedlungsstruktur geprägt ist. ISAP II stärkt die vertikale Vernetzung zwischen den Planungsebenen und entwickelt konkrete Anwendungsfälle, in denen regionale Klimadienste in kommunale Planungsinstrumente integriert werden. Gleichzeitig erfolgt ein Austausch mit der Landesebene. Ziel ist es, Klimaanpassung als integralen Bestandteil einer abgestimmten und resilienten Stadt- und Regionalentwicklung zu verankern.

1.3 Die beiden Projektphasen ISAP I und ISAP II

Um diesen Herausforderungen zu begegnen, ist das Projekt in zwei aufeinander aufbauenden Phasen angelegt. Die erste diente dem Aufbau der Klimainformations- und Bewertungsgrundlagen, die zweite ihrer Anwendung, Weiterentwicklung und Verankerung in der Planungspraxis.

1. Phase: ISAP I – Entwicklung der Grundlagen (2020–2023)

In der ersten Projektphase wurden die konzeptionellen, methodischen und technischen Grundlagen für die Klimaanpassung in der Region Stuttgart erarbeitet. Im Mittelpunkt stand der Aufbau des Digitalen Klimaatlas der Region Stuttgart als zentrales Instrument, das Klimadaten, Vulnerabilitätsanalysen, Risikobewertungen und Szenarien zur künftigen Klima- und Landnutzungsentwicklung zusammenführt. Ergänzend wurden integrierte Analyse- und Bewertungsmethoden entwickelt, die eine Einschätzung von Anpassungsbedarfen und Maßnahmenwirksamkeiten unter zukünftigen Bedingungen ermöglichen. Die Praxistauglichkeit der entwickelten Instrumente wurde anhand ihrer Integration in formelle und informelle Planungsprozesse sowie ihrer Nutzerfreundlichkeit für unterschiedliche Akteursgruppen erprobt.

2. Phase: ISAP II – Anwendung, Konkretisierung und Verstetigung (2023–2026)

Aufbauend auf den Ergebnissen von ISAP I zielt ISAP II darauf ab, die entwickelten Instrumente praktisch anzuwenden, weiterzuentwickeln und dauerhaft zu implementieren. Konkrete Anwendungsfälle bilden dabei den Kern der Projektarbeit, in denen das Zusammenspiel von Klimainformationen, Vulnerabilitätsanalysen und Anpassungsmaßnahmen erprobt wird. Zu den zentralen Arbeitsschwerpunkten gehören die Weiterentwicklung von Klimainformationen, Vulnerabilitätskarten und Indikatoren, die Entwicklung neuer Produkte wie die Fokuskarte Starkregen sowie deren Integration in ausgewählte Planungsfragen und Anwendungsprozesse. Der Klimaatlas wurde veröffentlicht und wird derzeit in der Region Stuttgart evaluiert und nutzungsorientiert verbessert. Eine enge Zusammenarbeit mit Praxisakteuren in Form von Workshops und Beteiligungsformaten ist dabei wesentlicher Bestandteil des Prozesses.

1.4 Der Klimaatlas als neues Online- Informations- und Beratungssystem für die Region Stuttgart

Das zentrale Produkt des ISAP-Projekts ist der neue Digitale Klimaatlas für die Region Stuttgart. Hierfür wurde gemeinsam mit regionalen und wissenschaftlichen Partnern ein innovatives stadt-regionales Online-Informations- und Beratungssystem entwickelt und erprobt, das unterschiedliche Daten- und Analyseebenen miteinander verknüpft. Im Mittelpunkt stehen bedarfsgerecht aufbereitete Informations- und Analyseinstrumente für die Klimaanpassung, darunter Klimadaten, Vulnerabilitätsanalysen, Anpassungsbedarfe sowie Planungsgrundlagen. Dabei baut der Digitale Klimaatlas auf dem bereits 2008 veröffentlichten „Regionalen Klimaatlas“ auf, erweitert diesen jedoch deutlich um aktuelle wissenschaftliche Erkenntnisse und praxis- und planungsorientierte Inhalte.

Die Anknüpfung an bestehende Planungsgrundlagen erleichtert die Einbindung des Digitalen Klimaatlas in etablierte Planungsprozesse und trägt so zu seiner nachhaltigen Verfestigung bei. Mit der Veröffentlichung des Digitalen Klimaatlas im Sommer 2025 wurde der „Regionale Klimaatlas“ aus dem Jahr 2008 abgelöst. Seither dient der neue Klimaatlas als praxisrelevante Planungsgrundlage und wird aktuell schon als Beratungstool für Kommunen genutzt. Das Hosting des Klimaatlas wird bereits heute vom Verband Region Stuttgart übernommen und wird auch nach Abschluss des Projekts fortgeführt.

Der Klimaatlas gliedert sich in drei miteinander verknüpfte Säulen. Die erste Säule stellt regionale Klimainformationen in Form interaktiver Karten bereit. Sie umfasst unter anderem Klimadaten und Klimaanalysen, Starkregen- und Risikokarten, Informationen zu Exposition und Vulnerabilität sowie ökonomische Schadensbewertungen. Die zweite Säule widmet sich der klimaangepassten Raumentwicklung und bereitet Forschungsergebnisse zu Anpassungsmaßnahmen in ausgewählten Fokusgebieten der Region auf, darunter der Neckarpark Stuttgart und die Neckartalachse. Die dritte Säule bildet eine Wissensbibliothek mit vertiefenden Hintergrundinformationen, methodischen Erläuterungen und wissenschaftlichen Grundlagen zur Klimaanpassung.

Abb. 1:
Die drei Säulen des
Digitalen Klimaatlas der
Region Stuttgart;
Quelle:
<https://klimaatlas.region-stuttgart.org/>, letzter
Zugriff am 2.6.2026



Ein wesentliches Merkmal des Klimaatlas ist die Verknüpfung von Klimadaten, Zukunftsszenarien und planerischen Bewertungsansätzen. Neben Informationen zum aktuellen Klima werden auch Projektionen zukünftiger Entwicklungen integriert. Dadurch können potenzielle Klimafolgen und Anpassungsbedarfe frühzeitig identifiziert und systematisch in Planungs- und Entscheidungsprozesse einbezogen werden.

1.5 Projektpartner und Arbeitsschwerpunkte

Projektpartner der zweiten Forschungs- und Entwicklungsphase des ISAP-Projekts sind:

- Universität Stuttgart, Institut für Raumordnung und Entwicklungsplanung
- Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Meteorologie und Klimaforschung, Dep. Troposphärenforschung
- Landeshauptstadt Stuttgart, Amt für Umweltschutz, Abteilung Stadtklimatologie
- Verband Region Stuttgart

- Institut für ökologische Wirtschaftsforschung GmbH (gemeinnützig), Berlin
- Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH, Forschungsbereich Umwelt, Berlin/Köln
- Dr. Pecher GmbH, Erkrath

Sowie durch Unteraufträge:

- Lohmeyer GmbH
- indblik.io - Dr. Sten Zeibig e.K.

Die folgenden Kapitel zeigen zunächst, wie moderne Klimadaten und Simulationsverfahren dazu beitragen, die Folgen des Klimawandels besser zu verstehen und Anpassungsmaßnahmen gezielt zu unterstützen. Das Kapitel zu Klimasimulationen auf der Kilometer-Skala (Kap. 2) zeigt, dass belastbare Aussagen zu zukünftigen Klimaänderungen und Extremereignissen heute mit deutlich höherer räumlicher Genauigkeit möglich sind und damit eine wichtige Grundlage für strategische Anpassungsentscheidungen bilden. Regionale Klimamodellierungen mit PALM-4U verdeutlichen, wie sich klimatische Wirkungen bis in den städtischen Maßstab hinein analysieren lassen und dadurch lokale Unterschiede und Belastungsschwerpunkte sichtbar werden (Kap. 3). Die Entwicklung der innovativen Fokuskarte Starkregen zeigt anschließend, wie komplexe Modellierungs- und Klimadaten in verständliche und handlungsorientierte Planungsinstrumente übersetzt werden können (Kap. 4). Gemeinsam verdeutlichen diese Beiträge, dass der Mehrwert vor allem in ihrer Fähigkeit liegt, komplexe zukünftige Entwicklungen auf unterschiedlichen räumlichen Ebenen nachvollziehbar zu machen und in konkrete Entscheidungsgrundlagen für eine klimaresiliente Regional- und Stadtentwicklung zu überführen.

Über die klimatische Gefährdung hinaus beleuchten die folgenden Kapitel weitere Facetten des Risikos und seiner Bewertung. In Kapitel 5 wird am Beispiel der sozialen Vulnerabilität verdeutlicht, dass die Betroffenheit durch Klimafolgen räumlich unterschiedlich ausgeprägt ist und neben Gefährdungen auch gesellschaftliche Anpassungskapazitäten berücksichtigt werden müssen. Kapitel 6 zur ökonomischen Bewertung von Klimaanpassungsmaßnahmen zeigt auf Basis des Ökosystemleistungsansatzes, wie sich Anpassungsmaßnahmen über ihre Wirksamkeit hinaus auch nach Kosten, Nutzen und Umsetzbarkeit beurteilen lassen und welche weitreichenden Wirkungen Klimaanpassung für Lebensqualität, regionale Wertschöpfung und gesellschaftliches Wohlergehen entfalten kann.

Die erfolgreiche Nutzung von Klimainformationen hängt über die Qualität der Daten hinaus maßgeblich von ihrer Einbettung in Planungs- und Entscheidungsprozesse ab. Das Kapitel zur Unterstützung städtebaulicher Rahmenplanungen durch mikroskalige Stadtklimamodellierung (Kap. 7) zeigt, wie sich bei der Landeshauptstadt Stuttgart hochaufgelöste Stadtklimadaten in die konzeptionelle Planung integrieren lassen, um räumliche Handlungsschwerpunkte sichtbar zu machen und Klimaanpassung frühzeitig in strategische Planungsprozesse einzubinden. Das Kapitel zum Mehrebenenansatz der Region Stuttgart (Kap. 8) macht deutlich, dass Klimaanpassung eine koordinierte Zusammenarbeit zwischen regionalen und kommunalen Akteuren erfordert und digitale Informationsangebote eine wichtige Brückenfunktion

zwischen diesen Ebenen übernehmen können. Welche Anforderungen die langfristige Wirksamkeit digitaler Klimadienste an eine kontinuierliche Anpassung an unterschiedliche Nutzergruppen stellt, zeigt das Kapitel zur Anwendungserprobung und Evaluierung des Digitalen Klimaatlas (Kap. 9).

Die Erkenntnisse dieser Beiträge werden im abschließenden Gesamtfazit (Kap. 10) zu Impulsen für die Weiterentwicklung und Nutzung digitaler Klimainformationsdienste zusammengeführt.

2. Nutzung von Klimasimulationen auf der Kilometer-Skala für die Planung von Klima-Anpassungsmaßnahmen

Hendrik Feldmann, Marie Hundhausen und Joaquim G. Pinto

2.1 Einfluss des Klimawandels auf Klima-Risiken und -Extreme

Ziel dieses Kapitels ist es zu zeigen, dass es notwendig ist, robuste Abschätzungen der Klimaänderungssignale in regionale und lokale Anpassungsplanungen einzubeziehen, und wie diese aus hoch aufgelösten Klimasimulationen ermittelt werden können.

Die Erwärmung des Klimas hat in zunehmendem Ausmaß Auswirkungen auf viele Bereiche der Umwelt, des Lebens und der Wirtschaft. Beispiele sind etwa die zunehmende Hitzebelastung in Städten, mit Auswirkungen auf die Gesundheit, insbesondere von vulnerablen Bevölkerungsgruppen. Extreme Trockenphasen haben einen Einfluss auf die Erträge der Landwirtschaft. Niedrige Flusspegel, wie sie etwa im Jahr 2018 auftraten (Rousi et al., 2023; Xoplaki et al., 2025), können die Binnenschifffahrt und die Transportlogistik beeinträchtigen. Ökosysteme wie Wälder geraten durch die Veränderung und erhöhte Variabilität des Klimas unter Stress. Niederschlagsextreme wiederum können innerhalb kurzer Zeit enorme Schäden verursachen (Mohr et al., 2023).

Es ist daher von großer Bedeutung die Risiken durch solche extremen Ereignisse unter gegenwärtigen und zukünftigen Bedingungen zu verstehen und abschätzen zu können, damit die daraus gewonnenen Erkenntnisse für ein effektives Risiko-Management und eine Anpassungsplanung an den Klimawandel einbezogen werden können.

2.2 Klimasimulationen auf der Kilometer-Skala und ihre Nutzung in der Klimaanpassungsplanung

Um Informationen zur zukünftigen Entwicklung des Klimas abschätzen zu können, müssen Klimamodelle verwendet werden, die das Klima numerisch auf der Basis der zugrundeliegenden physikalischen Gleichungen simulieren. Dabei ist zwischen globalen und regionalen Klimamodellen zu unterscheiden. Globale Klimamodelle beschreiben die Wechselwirkung zwischen Atmosphäre, Ozean, Land und Eisflächen global mit einer Auflösung von typischerweise 100 km und mehr. Diese Auflösung ist für die Planung lokaler Anpassungsmaßnahmen nicht geeignet. Regionale Klimamodelle decken nur regionale Fokusregionen der Erde in höherer Auflösung ab und verwenden die GCM-Daten als Randbedingungen.

Globale Klimamodelle (engl. „Global Climate Models“), werden als **GCM** abgekürzt; regionale Klimamodelle werden im Folgenden als **RCM** bezeichnet

Global Warming Level (GWL) geben an, wie stark sich die globale Mitteltemperatur in einem Zeitraum gegenüber vorindustriellen Bedingungen erwärmt hat. Diese werden verwendet, um Perioden mit vergleichbaren globalen Klimabedingungen zu charakterisieren.

Simulationen des zukünftigen Klimas stellen keine Vorhersagen dar, sondern liefern - in Abhängigkeit von plausiblen zukünftigen Entwicklungspfaden von Treibhausgas-Emissionen - physikalisch konsistente Beschreibungen der Klimaentwicklung. Diese Emissionsszenarien decken eine Spannbreite denkbarer Entwicklungen von geringer über mittlerer zu einer hohen Zunahme des Klimaantriebs durch Treibhausgase ab. Daher hängen Aussagen zu Klimaänderungen in einem bestimmten Zeitraum von den gewählten Annahmen zum Entwicklungsszenario ab. Derartige Klimasimulationen werden daher als Projektionen bezeichnet. Eine Alternative bildet die Betrachtung sogenannter „Global Warming Level (GWL)“, wie sie auch im 1,5-Grad-Celsius- bzw. 2-Grad-Celsius-Ziel des Pariser Abkommens genutzt werden. Auf diese Weise kann man Anpassungsbedarfe und Risiken unabhängiger vom Emissionsszenario für erwartete zukünftige Klimabedingungen ermitteln, unabhängig vom genauen Zeitraum ihres Auftretens.

Global Warming Level (GWL) geben an, wie stark sich die globale Mitteltemperatur in einem Zeitraum gegenüber vorindustriellen Bedingungen erwärmt hat. Diese werden verwendet, um Perioden mit vergleichbaren globalen Klimabedingungen zu charakterisieren.

In den letzten Jahren wurde es möglich, RCMs auf der Kilometer-Skala einzusetzen (~1-5 km Auflösung). Dies erlaubt eine verbesserte Repräsentation der regionalen topographischen Einflüsse, aber auch der expliziten Auflösung physikalischer Prozesse, die zur Niederschlagsentstehung beitragen. Diese Skala eignet sich besser für die Nutzung für Impakt-Studien und die Anpassungsplanung. Allerdings sind solche Simulationen mit hohem Aufwand an Rechenkapazitäten verbunden und liegen daher in der Regel nur für kleine Regionen und kurze Zeiträume vor. Für das ISAP-Projekt stand ein Ensemble von vier Simulationen der CMIP5-Generation mit dem Regional-Modell COSMO-CLM mit einer Auflösung von 2,8 km zur Verfügung, die für den Zeitraum 1971–2100 und das hohe Emissionsszenario rcp8.5 vorliegen (Hundhausen et al., 2023). In ISAP-Phase 2 erfolgt dann ein Übergang zu einem im RegIKlim-Projekt „Nutzbare Lokale Klimainformationen für Deutschland“ (NUKLEUS) erstellten Ensemble von kilometerskaligen Klimasimulationen der aktuellen CMIP6-Generation (Sieck et al., 2026), die ganz Deutschland mit einer Auflösung von 3 km abdecken.

Als Ensemble bezeichnet man eine Gruppe von Simulationen. Sie werden dazu verwendet, die Spanne der möglichen Entwicklungen besser zu erfassen, die durch verschiedene Emissions-Szenarien, die natürliche Variabilität und Modellunsicherheiten entstehen.

2.3 Wie können die Klimadaten auf der Kilometer-Skala für die Anwendung genutzt werden?

Klimaänderung bedeutet nicht nur eine Änderung der Mittelwerte, etwa der Temperatur, sondern viele Aspekte des Klimas werden sich unter wärmeren Bedingungen von heutigen unterscheiden. Dies umfasst etwa die Häufigkeit und die Intensität von Extremereignissen, ihre Dauer und ihr jahreszeitliches Auftreten.

Aussagen zur Stärke von Klimaänderungssignalen für die Planung von Klimaanpassungsmaßnahmen hängen stark von der genauen Fragestellung und dem Anpassungsziel ab. Das bedeutet zu ermitteln, welche Klimaparameter relevant für das Anpassungsproblem sind, wie sich diese im Klimawandel ändern und wie robust die daraus abgeleiteten Aussagen sind. Die Klimaänderung wirkt sich dabei unterschiedlich stark und regionalspezifisch auf

viele nutzerrelevante Klimaindikatoren aus (Pinto et al., 2026). Das Klima, auf das sich diese Anpassungsmaßnahmen beziehen sollen, muss ebenfalls festgelegt werden. In ReglKlim, also auch im ISAP-Projekt, wurde dazu der oben beschriebene GWL-Ansatz gewählt. Es werden hier die Erwärmungsniveaus +2 °C und +3 °C betrachtet.

Im Projekt standen zwei Themen im Vordergrund: Zum einen die Hitzebelastung und zum anderen die Überflutungsgefahren durch sommerliche Sturzflutereignisse. Die folgenden Abschnitte zeigen Erkenntnisse und Nutzung der Klimasimulationen zu beiden Bereichen.

2.3.1 Hitzebelastung

Auf der Basis der KIT-KLIWA Klimasimulationen wurde untersucht, wie sich die Hitzebelastung in Süddeutschland und speziell in der Region Stuttgart verändern wird (Hundhausen et al., 2023). Die Ergebnisse zeigen, dass sowohl die Intensität als auch die Dauer von Hitzewellen zunimmt. Eine Rekordhitzewelle wie im Sommer 2003 dürfte in einer +3-Grad-Celsius-Welt mit hoher Wahrscheinlichkeit mehrfach in beiden Aspekten übertroffen werden. Hitzeepisoden können in Zukunft häufiger schon im Mai/Juni auftreten, aber vor allem auch bis in den Herbst hinein. Tage mit hohem Hitzestress treten gegenwärtig selten und dann vor allem in niedrig gelegenen Regionen wie etwa dem Rheintal auf. In einem wärmeren Klima nimmt die Häufigkeit solcher Tage stark zu. Dazu kommt, dass bis auf die Höhenlagen des Schwarzwalds und der Schwäbischen Alb weite Teile Süddeutschlands von hoher Hitzebelastung betroffen sein werden. Dies betrifft nicht nur die höchsten Tagestemperaturen, sondern auch beispielsweise die sogenannten „Tropennächte“ bei denen die Temperatur auch nachts nicht unter 20 °C sinkt und damit die Möglichkeit zur nächtlichen Erholung verschlechtert (Pinto et al., 2026).

Der hohe Hitzestress wurde hier über Tage mit einem Universal Thermal Comfort Index (UTCI > 32°C) definiert.

Die Klimasimulationen tragen auf diese Weise zu einer umfassenden klimatologischen Charakterisierung in Zukunft erwarteter regionaler Hitzebelastung bei. Darüber hinaus wurden die Simulationsdaten des Projektpartners Lohmeyer GmbH auch dazu verwendet, repräsentative Hitzetage in einem wärmeren Klima zu definieren, um für diese dann mit einem Stadtklima-Modell die Hitzebelastung in den Städten und Kommunen mit einer Auflösung von wenigen Metern zu bestimmen.

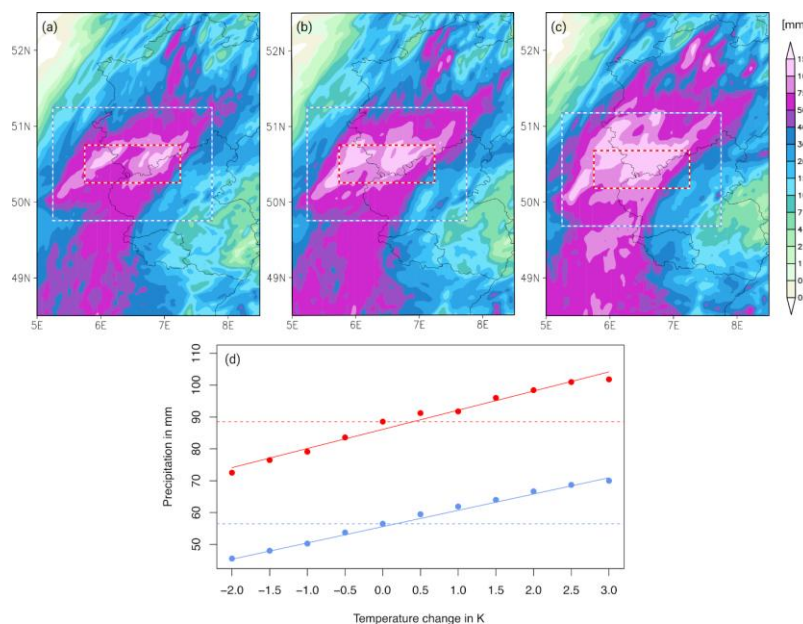
2.3.2 Starkniederschläge

Beim mittleren Jahresniederschlag zeigen Klimaprojektionen für Deutschland nur geringe Änderungen bei den Jahresniederschlägen – allerdings mit einer Verschiebung des Jahresgangs mit feuchteren Wintern und trockeneren Sommer. Bei Starkniederschlägen und dadurch ausgelösten Sturzfluten, die vor allem im Sommer auftreten, wird dagegen in einem wärmeren Klima ein deutlicher Anstieg erwartet (Hundhausen et al., 2024). Viele Studien prognostizieren eine Erhöhung der Häufigkeit und Intensität. Ein grundlegender physikalischer Mechanismus liegt darin, dass wärmere Luft mehr Feuchtigkeit aufnehmen kann. Diese steht dann potenziell für steigende Spitzenintensitäten bei extremen Ereignissen zur Verfügung.

Ein Ereignis, welches neben der Verursachung großer Schäden auch anhaltende Auswirkungen auf die Öffentlichkeit und öffentliches Handeln hatte, war das vom 14. Juli 2021 (Mohr et al., 2023), als es zu verheerenden Überschwemmungen an der Ahr, der Erft und umliegenden Regionen kam. Abbildung 2 zeigt den Einfluss des Klimazustandes auf die Schwere des Ereignisses. In einer kälteren Welt (a) wären das von Extremniederschlägen betroffene Gebiet und die Spitzenintensitäten kleiner, in einer wärmeren Welt (c) höher als unter gegenwärtigen Klimabedingungen (b). Der Anstieg der Spitzenmengen erhöht sich in diesem Beispiel um 7 % bis 9 % je Grad Erwärmung. Diese Werte liegen im Bereich mehrerer weiterer Studien, die im Projekt durchgeführt wurden. Die Werte hängen aber von der betrachteten Ereignisdauer ab und davon, wie extrem das Ereignis war (Hundhausen et al., 2024). Generell wird erwartet, dass kurze und sehr extreme Ereignisse am stärksten zunehmen.

Bei Pseudo-Global-Warming Experimenten wird ein aufgetretenes Ereignis unter unterschiedlichen Klimabedingungen simuliert. Details siehe Ludwig et al., 2023.

Abb. 2:
Tagessumme des Niederschlags für den 14. Jul. 2021, dem Tag der Ahr/Erft-Flut, unter dem Einfluss des Klimawandels. (a) für eine 1°C kältere Welt, (b) für gegenwärtige Bedingungen und (c) für eine 2°C wärmere Welt. Abbildung (d) zeigt die Verstärkung des Niederschlags je Grad Temperaturerhöhung im inneren eingezeichneten Rechteck (rot) und im äußeren blauen Rechteck; Quelle: adaptiert nach Ludwig et al., 2023



Im Projekt wurden die aus den Simulationen bestimmten Klimaänderungsraten je Grad Erwärmung dazu verwendet, um diesen Effekt in regionalen Starkniederschlagsgefahrenkarten auf der Basis hydrodynamischer Abflusssimulationen des Projektpartners Dr. Pecher GmbH zu berücksichtigen. Die Ergebnisse werden im Digitalen Klimaatlas dargestellt.

2.4 Fazit

Mit den neuartigen hoch aufgelösten Klimasimulationen auf der Kilometer-Skala ist es jetzt deutlich besser möglich, relevante Informationen für regionale Klimaanpassungsmaßnahmen zu bestimmen. Wesentliche neue Erkenntnisse konnten für klimabedingte Änderung der Eigenschaften von Extremniederschlagsereignissen erzielt werden, die bei der Anpassungsplanung berücksichtigt werden sollte. Auch zur Änderung der Hitzebelastung und anderer Klima-Indikatoren konnten nutzerrelevante Erkenntnisse gewonnen werden (Pinto et al., 2026). Die Modelldaten konnten bereits auf verschiedene Weise in ISAP und RegIKlim (Laux et al., 2025) für eine nachfolgende Impakt-Modellierung verwendet werden. Über den sogenannten KlimafolgenHub, der in RegIKlim entwickelt wird, soll es in Zukunft einfach

möglich sein, auf die Informationen zu Klimaänderungssignalen für die Impakt-Modellierung und Anpassungsplanung zugreifen zu können.

3. Lokale Klimamodellierung für die Region Stuttgart mit PALM-4U

Torsten Nagel

3.1 Einleitung

Für die großflächige Region Stuttgart mit ausgeprägtem Relief und zahlreichen städtischen Siedlungsbereichen waren einerseits die seit ca. 15 Jahren bestehenden Inhalte der Klimakarten für die Region Stuttgart auf aktuelle Entwicklungen anzupassen. Andererseits sollen sie als anwendbare digitale Grundlagen für zukünftige Planungsprozesse und für das Projekt ISAP „Integrative stadt-regionale Anpassungsstrategien in einer polyzentrischen Wachstumsregion, Modellregion – Region Stuttgart“ verfügbar sein. Dementsprechend wurde für die Modellsimulationen das frei verfügbare mikroskalige Klimamodell PALM-4U eingesetzt, dessen anwendungsbezogene Entwicklung in den letzten Jahren vom BMBF im Rahmen des Projektes „Stadtklima im Wandel“ als Forschung für Nachhaltige Entwicklung (FONA) gefördert wurde. Mit dieser Vorgehensweise werden neben flächendeckenden digitalen Klimainformationen für das Gebiet der Region Stuttgart auch Anwendungen für detaillierte stadtklimatische Simulationen in Fokusgebieten mit hoher räumlicher Auflösung, das heißt inklusive Gebäude- und Hindernisumströmungen, Schattenwurf, Baumstandorten etc., ermöglicht und durchgeführt.

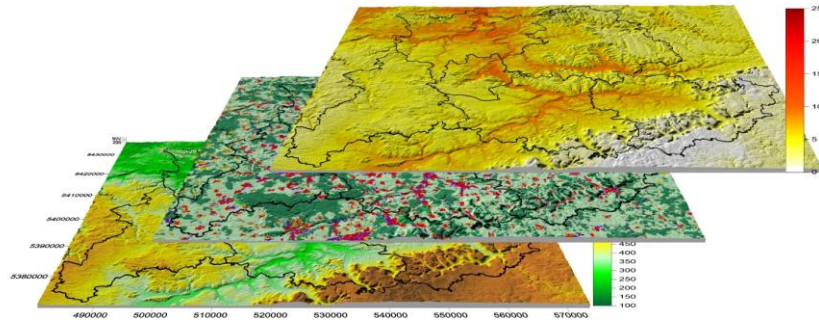
3.2 Vorgehensweise und Ergebnisse

Für die Region Stuttgart mit der Landeshauptstadt Stuttgart und weiteren großen Städten der Landkreise Esslingen, Böblingen, Ludwigsburg, Göppingen und des Rems-Murr-Kreises und deren Erstreckung von ca. 92 km in west-östlicher sowie 65 km in nord-südlicher Richtung bestehen hohe Anforderungen an räumlich hoch aufgelöste Klimamodellierungen. Die fachgerechte Anwendbarkeit des Modells PALM-4U für solche Fragestellungen wurde vorab durch Validierungen nach der VDI-Richtlinie „Prognostische mikroskalige Windfeldmodelle“ (VDI 3783 Blatt 9, 2017) und für den komplexen Testfall E8 „Stuttgarter Talkessel Strömungskanalisation, Kaltluftabflüsse“ der VDI-Richtlinie „Prognostische mesoskalige Windfeldmodelle“ (VDI 3783 Blatt 7, 2017) überprüft. Für die beschriebene Aufgabenstellung wird eine Vorgehensweise mit Einsatz üblicher leistungsstarker PCs oder Workstations ohne Zugriff auf universitäre Großrechner, auf die außerhalb von Forschungsprojekten nur eingeschränkt zugegriffen werden kann, angewendet.

Um lokale Effekte, wie zum Beispiel die städtische Überwärmung gegenüber dem Umland oder lokale Kaltluftströmungen und deren Auswirkungen auf die Temperatur zu modellieren, sind räumlich sehr detaillierte Simulationen erforderlich. Da die beschriebenen Effekte ihre stärkste Ausprägung bei autochthonen Wetterlagen, das heißt wolkenarm und windschwach, aufweisen, werden Simulationen für einen typischen heißen Sommertag und einen typischen kalten Wintertag ohne Wolken durchgeführt. Um Randeffekte zu

vermeiden und alle Kaltlufteinzugsgebiete vollständig abzubilden, wird PALM-4U genestet angewendet, das heißt, es wird als Basis ein größeres Gebiet weit über die Grenzen der Region Stuttgart hinaus mit 200 m x 200 m Gitterweite modelliert, bevor die Zielgebiete mit 100 m x 100 m und für Kaltluft mit 50 m x 50 m modelliert werden. Die Datengrundlagen Geländehöhe und Landnutzung sowie die berechnete Anzahl der heißen Tage (Maximum mindestens 30 °C) sind als Überblick in Abbildung 3 aufgezeigt.

Abb. 3:
Geländehöhe in Meter
über NHN, Landnutzung
und Anzahl der heißen
Tage als perspekti-
vische Darstellung für
die Region Stuttgart;
Quelle: eigene
Darstellung, Daten-
grundlage VRS, 2021,
www.lgl-bw.de 2021



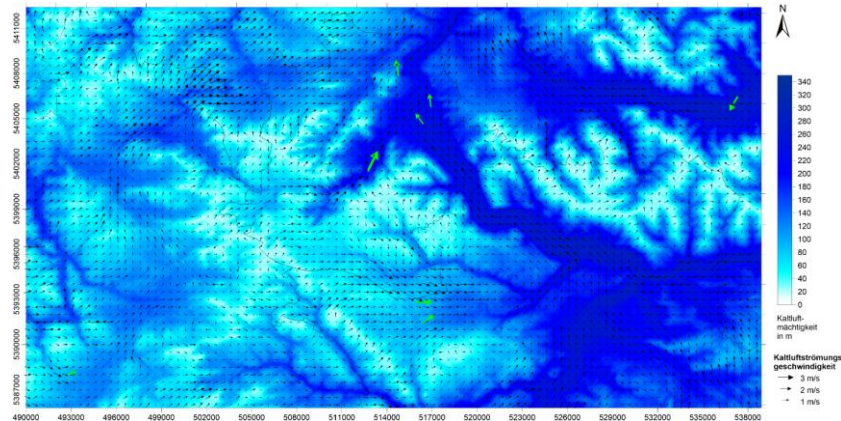
Für die dynamischen Treiber der Fokusräume wird auf die Ergebnisse der feinsten oben genannten Rechengitter zurückgegriffen und darin weitere feinere Rechengitter genestet, die Gebäude, Baumstandorte etc. dreidimensional auflösen.

Basis der Berechnungen sind die Geländehöhe und Landnutzung inklusive Informationen über die Gebäudehöhe, die Gebäudedichte und den Versiegelungsgrad. Die Geländehöhe wurde aus 1 m-Rasterdaten (DGM1) auf das Rechengitter übertragen. Die Landnutzung und der Versiegelungsgrad wurden aus ALKIS-Polygonen in Kombination mit den 10 m x 10 m-Rasterdaten der „imperviousness density 2018“ (Quelle: <https://land.copernicus.eu/en/products/high-resolution-layer-imperviousness/imperviousness-density-2018>; letzter Aufruf: 01.02.2024) abgeleitet. Die mittlere Gebäudehöhe und Gebäudedichte für eine Rasterzelle der Modellierung wurden aus LoD2-Daten berechnet. Die Simulationen beginnen um 00 UTC und reichen bis 06 UTC des Folgetages bei 24-stündigem „spinup“ zum Einschwingen der Bodentemperatur- und Bodenfeuchte. Die Auswertung erfolgt von 06 UTC bis 06 UTC des Folgetages. Neben den statischen Feldern, das heißt Geländehöhe, Landnutzung, Gebäudehöhe und Gebäudedichte, werden für die Simulation von PALM-4U meteorologische Anfangs- und Randbedingungen benötigt. Für typische heiße Sommertage wurden die meteorologischen Anfangs- und Randwerte aus den Radiosondendaten der Station Stuttgart-Schnarrenberg aus dem Zeitraum 1971 bis 2020 abgeleitet und angewendet, wobei in Nachtstunden kein Antrieb vorgegeben wurde, damit die Kaltluftströmung eigenständig berechnet wird.

An Tagen mit starker Wärmebelastung wird der thermisch ausgleichenden Wirkung der lokalen Kaltluftströmungen für Siedlungsgebiete eine hohe Bedeutung zugeschrieben. Dementsprechend wird folgend exemplarisch die Ergebnisauswertung der Modellierung für den Teilbereich der Region Stuttgart, in dem Windmessdaten dauerhafter Messstandorte verfügbar sind, aufgezeigt. Ausgewertet und in Abbildung 4 dargestellt werden die Kaltluftmächtigkeit über Grund (blaue Farbskala) und die Strömungsgeschwindigkeit mit Strömungsrichtung in Bodennähe (schwarze Pfeile) bei ausgeprägten Kaltluftbedingungen nach mindestens 3 Stunden andauernder Kaltluftbildung. Die Kombination dieser Informationen vermittelt einen Eindruck von der Intensität der Kaltluftströmung. Diesen Darstellungen sind optisch die

entsprechenden Messdaten der Messstandorte vergrößert in grüner Farbe überlagert. Daraus leitet sich für die Kaltluftberechnungen mit PALM-4U eine zufriedenstellende Übereinstimmung der Modellierungsergebnisse mit den Messdaten ab. Für die berechnete Lufttemperatur wurden ebenfalls zufriedenstellende Übereinstimmungen an den Messstandorten erzielt, wobei an einigen Messstandorten die gemessenen nächtlichen Abkühlungen mit der Modellierung nicht ganz getroffen werden.

Abb. 4:
Berechnete Kaltluft-
strömung an einem
heißen Tag um 24 Uhr;
Quelle: eigene
Darstellung, Daten-
grundlage VRS, 2021

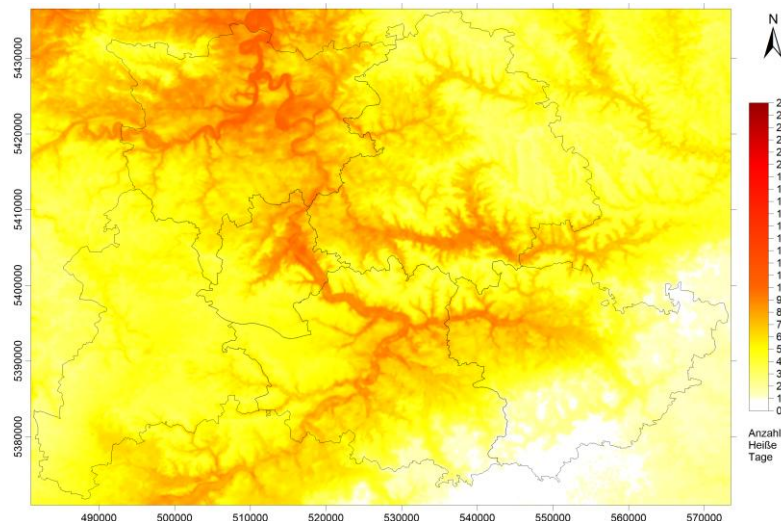


Für die Ausarbeitung der planungsrelevanten Klimaanalysekarte sind eine Zusammenführung und Nachbearbeitung der Simulationsergebnisse erforderlich. Die Ableitung der Klimatope erfolgt in den Siedlungsbereichen auf Basis der berechneten räumlichen Verteilung der Lufttemperatur und Wärmebelastung in den Tagstunden mit Überlagerung der berechneten Lufttemperatur und Wärmebelastung in den Abend- und Nachtstunden sowie der damit verbundenen Abkühlung. Dabei prägt die Auswertung der nächtlichen Überwärmung der Siedlungsbereiche an typischen heißen Sommertagen in der Region Stuttgart gegenüber umliegenden großflächigen Freilandtemperaturen die siedlungsbezogenen Klimatopuzuordnungen und wird durch Kombination mit dem realen Bebauungsvolumen und Versiegelungsgrad basierend auf den grundstücksbezogenen digitalen Landnutzungs-, ALKIS- und Gebäudedaten verfeinert. Die Gliederung der Klimatope erfolgt entsprechend der VDI-Richtlinie 3787, Blatt 1, wobei die vier Siedlungsklimatope jeweils in zwei Kategorien untergliedert sind. Die Abgrenzungen zwischen Freiland- und Siedlungsklimatopen orientieren sich an den Landnutzungsabgrenzungen mit entsprechenden Übergangstoleranzen. Diesen flächenhaften Klimatopausweisungen werden raumspezifische Hinweise überlagert, wie beispielsweise aggregierte Kaltluftströmungen und Durchlüftungsfunktionen, die als Pfeilsignaturen in der Klimaanalysekarte integriert sind und mit den Vergrößerungsstufen variieren.

In einem weiteren Schritt werden die Modellierungen mit PALM-4U genutzt, um Ergebnisse der durch das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) erarbeiteten Klimaprojektionen in hoher räumlicher Auflösung auf die Lageverhältnisse der Region Stuttgart zu übertragen. Dafür wurden die oben beschriebenen Modellierungen mit PALM-4U mit weiteren Antriebsdaten, wie einem wind- und wolkenarmen Wintertag, durchgeführt. In Anlehnung an die Quadermethode des Deutschen Wetterdienstes (DWD) (Früh et al., 2011) werden damit die jahresbezogenen Kennwerte der Lufttemperatur für die Region Stuttgart abgeleitet und für die klimatische Referenzperiode und eine Projektion aufbereitet. Die jahresbezogenen Kennwerte umfassen: Jahresmitteltemperatur, Anzahl der Sommertage (Maximum ≥ 25 °C), der heißen Tage (Maximum ≥ 30 °C) bzw. Hitzetage, der sehr heißen Tage (Maximum

$\geq 35\text{ °C}$), der Tropennächte (Minimum $\geq 20\text{ °C}$), mit starker Wärmebelastung (Maximum $\geq 32\text{ °C}$), der Frosttage (Minimum $< 0\text{ °C}$), der Eistage (Maximum $< 0\text{ °C}$), mit starker Kältebelastung (Minimum $< -13\text{ °C}$) sowie mittlere Dauer der längsten Hitzeperioden, mittlere Dauer der längsten Frostperiode, Tage mit Winterdienst. Exemplarisch zeigt Abbildung 5 die Anzahl der heißen Tage in der Region Stuttgart für die Referenzperiode 1971 bis 2000 mit einer Bündelung in den tief gelegenen Geländeverhältnissen und in Siedlungsbereichen und dem Maximalwert von elf Tagen.

Abb. 5:
Anzahl der heißen Tage
(Maximum $\geq 30\text{ °C}$) in
der Region Stuttgart für
die Referenzperiode
1971 bis 2000;
Quelle: eigene
Darstellung, Daten-
grundlage VRS, 2021,
www.lgl-bw.de 2021



Die Ergebnisse für die Region Stuttgart sind im Internet (<https://klimaatlas.region-stuttgart.org>) abrufbar und ermöglichen den direkten Vergleich der thermischen Verhältnisse zwischen der Referenzperiode und der Projektion.

3.3 Fazit

Für die Erarbeitung der Fachdaten des Klimaatlas der Region Stuttgart stellt die Anwendung von PALM-4U eine belastbare und geeignete Vorgehensweise dar. Diese ermöglicht auch die Übertragung von Klimaprojektionsdaten auf die feine räumliche Auflösung und die vorliegende Topografie. Darüber wird mit dieser Vorgehensweise eine technische digitale Grundlage für sehr hoch aufgelöste Stadtklimamodellierungen in Fokusgebieten und für Maßnahmenmodellierungen bereitgestellt.

4. Regionale Starkregengefahrenkarten und Fokuskarte Starkregen – Werkzeuge für Aufmerksamkeit und integrierte Vorsorge

Carolin Dahlem, Hendrik Janssen und Holger Hoppe

Starkregenereignisse verursachen in vielen Regionen Deutschlands erhebliche Schäden. Sie treten lokal, kurzfristig und mit hoher Intensität auf, überlasten Entwässerungssysteme und führen zu Überflutungen in Siedlungen, an Infrastrukturen sowie auf landwirtschaftlichen Flächen. Ereignisse wie in Braunsbach (2016), im Landkreis Ludwigsburg (2021) oder im Rems-Murr-Kreis (2024) verdeutlichen den Handlungsdruck. Vor dem Hintergrund des Klimawandels gewinnt Starkregenvorsorge weiter an Bedeutung. Sie ist als kommunale Gemeinschaftsaufgabe zu verstehen, muss aber über Gemeindegrenzen hinweg koordiniert werden.

Eine wirksame Vorsorge setzt voraus, dass planungsrelevante Akteure frühzeitig eingebunden werden. Werden Starkregengefahren bereits in regionalen und kommunalen Planungsprozessen berücksichtigt, steigen die Chancen einer integrierten Vorsorge. Regionalentwicklung übernimmt dabei eine Schnittstellenfunktion: Sie macht räumliche Zusammenhänge sichtbar, unterstützt interkommunale Abstimmungen und stellt Grundlagen für nachfolgende Planungsebenen bereit.

Für die Regionalplanung ergibt sich ein zentrales Erfordernis: eine einheitliche, über kommunale Grenzen hinweg vergleichbare und belastbare Bewertungsgrundlage zum Thema Starkregen. Nur so lassen sich potenzielle Gefährdungen systematisch einordnen, Prioritäten setzen und Maßnahmen anstoßen. Starkregengefahrenkarten ermöglichen Einschätzungen potenzieller Überflutungsbereiche und sensibilisieren Verwaltung, Fachplanung und Bevölkerung (Mudersbach et al., 2023). Regionale und kommunale Risikokarten ergänzen dies durch die Bewertung betroffener lokaler Infrastrukturen.

Die Erstellung kommunaler Starkregengefahrenkarten erfolgt meist im Rahmen eines kommunalen Starkregenrisikomanagements und nach landesspezifischen Leitfäden (z. B. Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, 2016). Die Ausgangslage bleibt jedoch heterogen (Schneider & Oberauer, 2024). Eine flächendeckende Abdeckung besteht bislang nicht; insbesondere kleinere Kommunen verfügen trotz Förderangeboten häufig nicht über ausreichende Kapazitäten. Fehlende oder unterschiedlich erstellte Karten erschweren damit eine interkommunal abgestimmte Starkregenvorsorge.

Bundesweit leisten die Hinweiskarten Starkregengefahren des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie einen wichtigen Beitrag. Mit Fokus auf den Katastrophenschutz zeigen sie für verschiedene Szenarien potenzielle Gefährdungen in Form maximaler Überflutungstiefen und Fließgeschwindigkeiten. Bislang liegen diese Karten jedoch nicht flächendeckend vor; zudem

bestehen methodische Besonderheiten gegenüber landesspezifischen Vorgaben (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, 2021).

Für die Region Stuttgart wurde im Projekt ISAP I (2020 bis 2023) eine regionale Starkregengefahrenkarte entwickelt und im Digitalen Klimaatlas veröffentlicht. Damit steht eine regional einheitliche Grundlage für Bewertungsprozesse, Regionalplanung und Information insbesondere kleinerer Kommunen zur Verfügung. Aufgrund methodischer Unterschiede ergänzt sie das kommunale Starkregenrisikomanagement, ohne dieses zu ersetzen. Die anschließenden Arbeiten zeigen, dass weitere Produkte erforderlich sind, um Überflutungsbereiche planerisch einzuordnen und Maßnahmenprozesse zu unterstützen. Im Projekt ISAP II wurde daher die Fokuskarte Starkregen entwickelt. Sie überführt komplexe Informationen in raumbezogene Handlungsschwerpunkte und verbindet Analyse, Kommunikation und Planung. Beide Karten ergänzen sich und bilden gemeinsam eine Grundlage für integrierte und klimaresiliente Regionalentwicklung.

4.1 Regionale Starkregengefahrenkarte: Entwicklungsprozess und Einsatzmöglichkeiten

Die regionale Starkregengefahrenkarte bildet die Basis der starkregenbezogenen Kartenwerke in ISAP. Sie stellt potenzielle Gefahrenbereiche für starkregenbedingte Überflutungen in der Region Stuttgart dar und basiert auf hydrodynamischen 2D-Oberflächenabflusssimulationen außergewöhnlicher und extremer Starkregenereignisse im hydrologisch maßgeblichen Einzugsgebiet. Dargestellt werden maximale Wassertiefen sowie Fließgeschwindigkeiten und Fließrichtungen. Dadurch ermöglicht die Karte eine einheitliche Einordnung über kommunale Grenzen hinweg und macht übergeordnete räumliche Zusammenhänge sichtbar.

Die Modellierung erfolgt mit einer Auflösung von 1 m x 1 m und basiert auf einheitlich verfügbaren regionalen Datensätzen. Diese werden in ein digitales Höhenmodell und eine Modellparametrisierung überführt. Das Höhenmodell beruht auf einem digitalen Geländemodell und wird datenbasiert um Fließhindernisse sowie relevante Abflussstrukturen, etwa Durchlässe und Verdohlungen, ergänzt. Das Kanalnetz wird bei überschrittener Leistungsfähigkeit vereinfacht berücksichtigt.

Ein wichtiger Bestandteil der Erstellung ist der qualitative Abgleich der Simulationsergebnisse mit bestehenden kommunalen Produkten sowie ein strukturierter Prüfprozess mit ausgewählten Praxiskommunen. Ausgewählte Kommunen erhielten Zwischenergebnisse und Modellbausteine über ein WebGIS, ein webbasiertes Geoinformationssystem zur Visualisierung, Analyse und Bereitstellung raumbezogener Daten. So konnten dokumentierte Starkregenereignisse, lokales Expertenwissen und Modellansätze abgeglichen werden. Der Beteiligungsprozess zeigt, dass die regionale Starkregengefahrenkarte eine belastbare Übersicht liefert. Übergeordnete Abflusswege und lokale Hotspots lassen sich plausibilisieren; zugleich werden lokale Betroffenheiten erkennbar. Bei der Interpretation sind Qualität, Aktualität und Vollständigkeit der Daten zu berücksichtigen.

Die Niederschlagsbelastung wird durch synthetische Modellregen beschrieben, die auf statistischen Auswertungen, unter anderem dem KOSTRA Atlas

des DWD, basieren und ein außergewöhnliches Starkregenereignis mit 100-jährlicher Wiederkehrzeit abbilden. Ergänzend zum Ist-Zustand wird ein Zukunftsszenario berücksichtigt, das erwartete Veränderungen infolge des Klimawandels integriert. Klimatische Projektionen werden über einen Änderungsfaktor auf die Niederschlagsintensitäten übertragen. So lassen sich mögliche Entwicklungen der Gefährdungssituation abschätzen. Zugleich bleiben Annahmen zur Niederschlagsentwicklung sowie zur räumlichen und zeitlichen Verteilung von Starkregenereignissen mit Unsicherheiten verbunden. Die Ergebnisse sind daher als Szenarien und nicht als konkrete Prognosen zu verstehen.

Die regionale Starkregengefahrenkarte ersetzt kein kommunales Starkregenrisikomanagement. Sie ergänzt es durch eine einheitliche, interkommunal vergleichbare Datengrundlage für regionale Planungsprozesse und bietet insbesondere Kommunen ohne eigene Karten eine erste orientierende Einschätzung. Auch Kommunen mit bestehenden Karten können durch abweichende Methodik und erweiterten räumlichen Blickwinkel zusätzliche Erkenntnisse gewinnen.

4.2 Die Fokuskarte Starkregen: Ein neues Instrument für Kommunikation und Planung

Seit Juli 2025 steht die regionale Starkregengefahrenkarte im Digitalen Klimaatlas der Region Stuttgart zur Verfügung. In der Anwendung zeigt sich jedoch eine zentrale Herausforderung: Die Darstellung maximaler Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten erfordert fachliche Interpretation. Für die Kommunikation von Handlungserfordernissen und die planerische Einordnung von Maßnahmen fehlte bislang ein niedrigschwelliges, zugleich fachlich belastbares Übersetzungsinstrument.

Vor diesem Hintergrund wurde im Projekt ISAP II die Fokuskarte Starkregen entwickelt. Sie ist als strategisches Instrument konzipiert, das die Brücke zwischen fachlicher Analyse und planerischer Anwendung schlägt. Die Entwicklung erfolgte im Austausch mit regionalen Akteuren. Dabei wurde ein Zielkonflikt deutlich: Starkregengefahren sollen räumlich differenziert dargestellt werden, zugleich muss die Komplexität so reduziert werden, dass die Ergebnisse verständlich und nutzbar bleiben. Der Mehrwert liegt daher nicht in zusätzlicher Detailtiefe, sondern in der strukturierten Einordnung von Handlungsbedarfen.

In einem iterativen Beteiligungsprozess (Abbildung 6) wurden inhaltliche Ausrichtung und Darstellungsform geprüft und weiterentwickelt. Die Fokuskarte macht deshalb vor allem Aufmerksamkeitsräume sichtbar, bietet Orientierung und strukturiert die Diskussion über geeignete Vorsorgeansätze. Sie ist keine rechtliche Vorgabe und ersetzt keine kommunale Detailanalyse. Sie unterstützt Priorisierung, Kommunikation und die Vorbereitung vertiefender Untersuchungen.

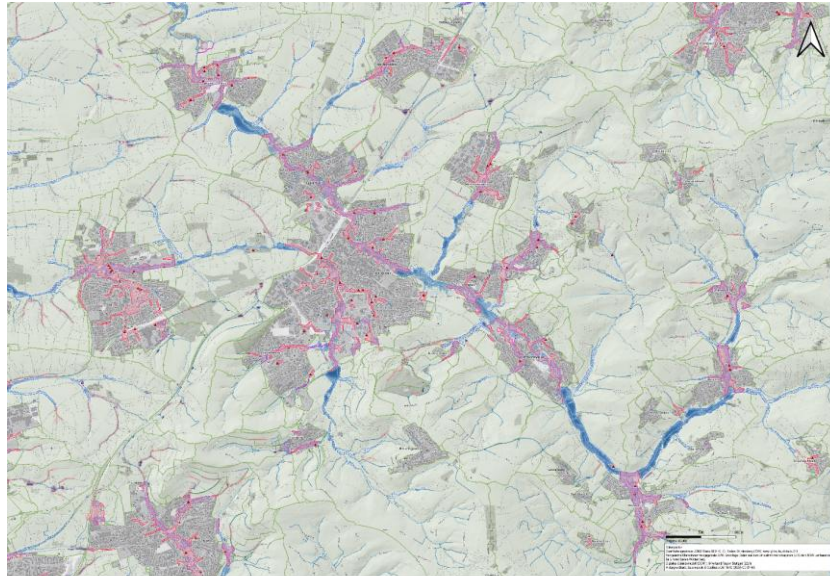
Abb. 6:
Workshop zur Fokus-
karte Starkregen mit
Verwaltungsmitarbei-
tenden sowie der Feuer-
wehr der Gemeinden
Winnenden, Berglen
und Leutenbach am
23.10.2025 in Winnen-
den; Foto: Dr. Pecher
GmbH



Grundlage der Fokuskarte Starkregen sind, neben der regionalen Starkregengefahrenkarte, weitere raumbezogene Informationen, etwa zu Gewässerstrukturen, Siedlungsbereichen, sensiblen und kritischen Infrastrukturen sowie bestehenden Überschwemmungsgebieten. Ergänzende Modellierungen unterstützen die Einordnung von der Relevanz von Zuflüssen aus dem Außengebiet. Die Fokuskarte fasst diese Informationen zu sogenannten „Aufmerksamkeitsräumen“ zusammen, in denen besonderer Handlungsbedarf besteht oder erhöhte Gefährdungen auftreten können (in Abbildung 7 exemplarisch für einen Ausschnitt von Winnenden):

- Besonders überflutungsgefährdete Bereiche im Siedlungsgebiet
- Besonders überflutungsgefährdete Bereiche entlang der Gewässer im Außengebiet
- Besonders überflutungsgefährdete Bereiche im Außengebiet
- Durch das Außengebiet beeinflusste Siedlungsgebiete
- Hauptabflussachsen bei Starkregen abseits von Gewässern
- Außengebiete mit Einfluss auf das Siedlungsgebiet bei Starkregen
- Überschwemmungsgefährdete Bereiche bei Hochwasser
- (Gefährdete) sensible und kritische Infrastrukturen

Abb. 7:
Entwurf der Fokuskarte
Starkregen mit Abbil-
dung der maximalen
Wassertiefen der Stark-
regengefahrenkarte;
Quelle: Dr. Pecher
GmbH



Ein zentrales Element ist die Verknüpfung dieser Aufmerksamkeitsräume mit Handlungsansätzen der Starkregenvorsorge, in Anlehnung an DWA-M 119 (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall, 2016). Den Raumtypen werden typische Maßnahmenoptionen zugeordnet, etwa Rückhalt im Außengebiet, bauliche Anpassungen im Bestand, Flächenvorsorge, technische Schutzmaßnahmen oder verhaltensbezogene Ansätze. Damit entsteht eine anwendungsorientierte Ebene, die Risiken nicht nur sichtbar macht, sondern in planerische Überlegungen überführt. Die Fokuskarte unterstützt Kommunen dabei, Risiken frühzeitig einzuschätzen, Handlungsbedarfe zu priorisieren und begrenzte Ressourcen gezielt einzusetzen. Als gemeinsame regionale Grundlage erleichtert sie Abstimmungsprozesse und stärkt den Blick über kommunale Grenzen hinweg.

4.3 Mehrwert unterschiedlicher Maßstabsebenen: Kommunal, regional, landesweit

Eine wirksame Starkregenvorsorge entsteht aus dem abgestimmten Zusammenspiel verschiedener räumlicher Ebenen. Landesweite, regionale und kommunale Modellierungen verfolgen unterschiedliche Zielsetzungen und beruhen auf unterschiedlichen Gebietsgrößen, Daten und Detailtiefen. Abweichende Ergebnisse sind daher nicht zwingend Widerspruch, sondern Ausdruck der jeweiligen Funktion.

Die Erfahrungen aus ISAP zeigen Potenziale und Hemmnisse regionaler Kartenprodukte. Das größte Hemmnis liegt in der Abgrenzung zum kommunalen Starkregenrisikomanagement. Dieses ist insbesondere in Baden-Württemberg fachlich etabliert, auch wenn es noch nicht flächendeckend umgesetzt ist. Die regionale Starkregengefahrenkarte folgt einer ergänzenden Methodik und kann zunächst Unsicherheiten erzeugen. Auch der Bedarf einer Fokuskarte ist nicht immer unmittelbar sichtbar, weil das kommunale Starkregenrisikomanagement kein vergleichbares Produkt vorsieht. In den Beteiligungsprozessen wird jedoch deutlich, dass die strategische Übersetzung von Gefahreninformationen in Aufmerksamkeitsräume und Handlungsansätze einen eigenständigen Mehrwert bietet.

Regionale Betrachtungen ermöglichen eine Analyse über Gemeindegrenzen hinweg. Oberflächenabflüsse, Außengebietseinflüsse und übergeordnete Abflussachsen können räumlich zusammenhängend erfasst und bewertet werden. Dadurch lassen sich Vorsorgemaßnahmen interkommunal planen oder vorbereiten. Gleichzeitig zeigen die Ergebnisse, wo vertiefende Untersuchungen, Modelloptimierungen oder kommunale Detailplanungen sinnvoll sind. Es entsteht eine abgestufte Vorsorgelogik: Die regionale Ebene schafft Orientierung, Vergleichbarkeit und Impulse; die kommunale Ebene bringt Detailtiefe, Ortskenntnis und Umsetzungskompetenz ein.

Davon profitieren nicht nur Kommunen ohne eigenes Starkregenrisikomanagement. Auch Kommunen mit bestehenden Starkregengefahrenkarten gewinnen durch die abweichende Methodik und den erweiterten räumlichen Blickwinkel zusätzliche Erkenntnisse. In mehreren Praxiskommunen setzten die Beteiligungsprozesse Impulse, lokale Starkregenrisiken zu prüfen, Maßnahmen zu diskutieren oder Untersuchungen anzustoßen.

4.4 Nutzung und Implementierung: Wie die Karten in der Praxis Anwendung finden

Zentral ist, die dauerhafte Nutzung der Karten zu sichern, sie in Arbeits- und Entscheidungsprozesse einzubinden und gezielt in bestehende Planungsinstrumente zu integrieren. Dafür reichen Kartenprodukte allein nicht aus. Erforderlich sind begleitende Kommunikation, verständliche Erläuterungen und Formate, in denen Ziel, Aussagekraft und Grenzen der Produkte vermittelt werden.

Im Digitalen Klimaatlas wird diese Anforderung durch ergänzende Informations- und Anwendungsebenen aufgegriffen. Darüber hinaus besteht Bedarf an Workshops, Schulungen oder Leitfäden. In solchen Formaten sollte praxisnah vermittelt werden, wie die Fokuskarte zu lesen, zu interpretieren und anzuwenden ist. Anwendungsbeispiele können typische kommunale Fragestellungen aufgreifen und Unsicherheiten reduzieren. Ebenso wichtig ist eine klare Kommunikation der Reichweite: Die Fokuskarte ist kein verbindliches Instrument und keine rechtliche Vorgabe. Sie dient als Entscheidungs- und Orientierungshilfe, zeigt potenzielle Aufmerksamkeitsräume auf und verweist auf mögliche Handlungsansätze, ohne kommunale Detailanalysen vorwegzunehmen.

Verständlich aufbereitete Karten, methodische Transparenz, Leitlinien und begleitende Kommunikation schaffen die Grundlage für eine wirksame Nutzung. Sie stärkt das Bewusstsein für Starkregenrisiken, unterstützt Eigenvorsorge und Fachabstimmung und kann als Impulsgeber für klimaresiliente Stadt- und Regionalentwicklung wirken.

4.5 Fazit

Zunehmende Starkregenereignisse verdeutlichen die Bedeutung einer vorausschauenden und abgestimmten Starkregenvorsorge. Die regionale Starkregengefahrenkarte aus ISAP I und die Fokuskarte Starkregen aus ISAP II bilden gemeinsam ein Instrumentarium, das Gefährdungen sichtbar macht, Handlungsbedarfe strukturiert, räumlich verortet und die Übersetzung in planerische Prozesse unterstützt. Ihr Mehrwert liegt in der

Verbindung von einheitlicher regionaler Datengrundlage, interkommunaler Perspektive und anwendungsorientierter Kommunikation.

Die Erfahrungen zeigen zugleich, dass erfolgreiche Nutzung klare Einordnung, transparente Methodik und kontinuierliche Begleitung erfordert. Unterschiedliche Kartenwerke und Maßstabsebenen können sich ergänzen, wenn ihre jeweilige Funktion verständlich kommuniziert wird. Die Zukunft der Starkregenvorsorge liegt in der abgestimmten Verbindung landesweiter, regionaler und kommunaler Ansätze sowie in der handlungsorientierten Aufbereitung komplexer Fachinformationen. Die Fokuskarte Starkregen kann hierfür ein zentraler Baustein sein: als Kommunikationsmittel, Planungsgrundlage und Impulsgeber für eine klimaresiliente Region Stuttgart.

5. Facetten der Risikobetrachtung

Friedrich Hampel, Joanna McMillan und Jörn Birkmann

Zentrales Ziel des ISAP-Projekts sind die Verbesserung der Planungsgrundlagen sowie deren Anwendung in Entscheidungsprozessen. Für eine wirksame Maßnahmengestaltung zum resilienten Umgang mit den Wirkungsfolgen des anthropogenen Klimawandels bedarf es zur Verbesserung dieser Planungsgrundlagen praxisrelevante Daten zu Risiko, Anpassungskapazitäten sowie Anpassungsnotwendigkeiten innerhalb der Region. Dies bedeutet: Neben umfangreichen und differenzierten Analysen zum stadt-regionalen Klima und entsprechenden Klimarisiken für die Gegenwart und Zukunft sind auch Informationen zu Exposition und Vulnerabilität von Haushalten und Infrastrukturen wichtig. Der anschließende Transfer der Analyseerkenntnisse in das aktive Klimahandeln und Planungsentscheidungen auf unterschiedlichen Ebenen ist ein entscheidender Faktor für eine nachhaltige und klimaresiliente Entwicklung, wie auch der jüngste Bericht des IPCC bestätigt (IPCC, 2022).

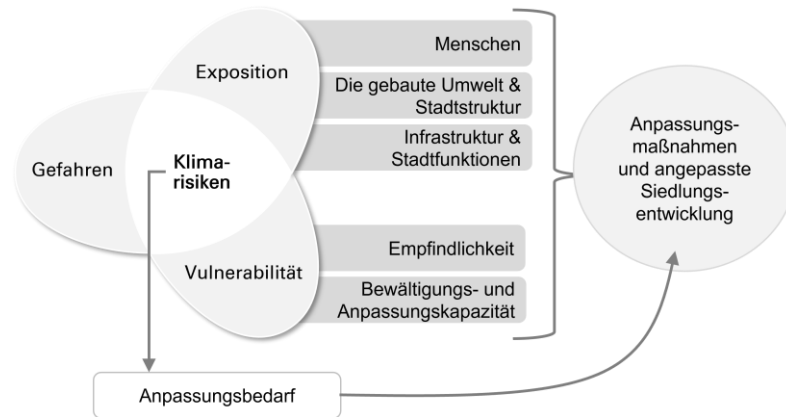
Die praxisorientierte Bereitstellung von Risikodaten wird durch die aktuellen klimatischen Entwicklungen sowohl in der kommunalen als auch der regionalen Planung immer wichtiger und erfordert fortlaufend aktuelle Daten Grundlagen zur Unterstützung von Planungsentscheidungen (McMillan et al., 2025). Empirische Fallstudien in Europa zeigen, dass die Risikokartierung zu einer besseren Einbindung der Anpassung in die Raumplanung führen kann (Farinós-Dasí et al., 2025). Daher wurden im Digitalen Klimaatlas der Region Stuttgart Daten zu Gefahr, Exposition und Vulnerabilität zur Verfügung gestellt, um so eine gezieltere Abwägung in Bezug auf die klimatischen Entwicklungen (inkl. möglicher Entwicklungen wie dem 2-Grad-Celsius-Szenario) ermöglichen zu können. Darüber hinaus ermöglicht die räumliche Verknüpfung von Klimadaten mit Informationen zu sozialen Vulnerabilitäten und Infrastrukturen die Identifikation prioritärer Maßnahmenräume im Kontext von Hitze- und Starkregenrisiken. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse zur sozialen Vulnerabilität sowie zur Exposition von Infrastrukturen ergänzen bestehende Planungsgrundlagen um relevante Risikoinformationen und stärken damit die Grundlage für eine strategische und risikoorientierte Klimaanpassungsplanung.

5.1 Soziale Vulnerabilität als Teil des Risikobegriffs

Das Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) definiert Risiko als Überlagerung dreier Determinanten – Gefahr, Exposition und Vulnerabilität (IPCC, 2014). Die Gefahr beschreibt dabei das mögliche, zukünftige Auftreten von natürlichen oder anthropogenen physikalischen Ereignissen, wie beispielsweise Starkregen- oder Hitzeereignisse. Die Exposition beschreibt wiederum das Vorhandensein von Menschen, Lebensgrundlagen, Umweltleistungen, Umweltressourcen, Infrastruktur oder wirtschaftlichen, sozialen oder kulturellen Vermögenswerten in Gebieten, die potenziellen physikalischen und biologischen Gefährdungen ausgesetzt sind, also beispielsweise Siedlungsflächen, welche durch Starkregenabflüsse gefährdet sind

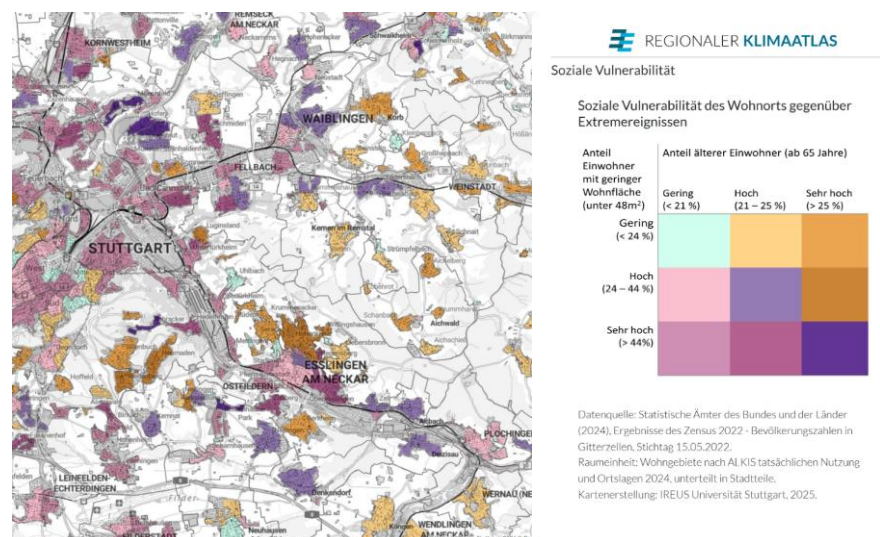
(Abbildung 8). Üblicherweise fokussieren Datengrundlagen zum Thema Risiko auf die Darstellung von Gefahren (McMillan et al., 2025). Die Darstellung der Vulnerabilität, also der Anfälligkeit bzw. Empfindlichkeit von Personen, Gruppen oder Systemen gegenüber negativen Auswirkungen von (Klima-) Gefahren, steht dagegen noch wenig im Fokus.

Abb. 8:
Risikokzept und die
Rolle der Stadtentwick-
lung; Quelle: eigene
Darstellung auf
Grundlage IPCC, 2014



Im Rahmen des ISAP-Projekts wurden in Phase 1 regionale Vulnerabilitätskarten zur Abschätzung von Anpassungsnotwendigkeiten, insbesondere für die kommunalen und überörtlichen Planungsebenen, entwickelt, welche anschließend in Phase 2 durch die Anwendung der aktuellen Zensus-Daten und damit neuesten und bundesweit einheitlich verfügbaren Daten weiterentwickelt wurden. Diese regionalen Vulnerabilitätskarten bereiten drei Indikatoren zur Abschätzung der sozialen Vulnerabilitäten für die gesamte Region Stuttgart grafisch auf. Als Indikatoren wurden der Anteil der Einwohner:innen ab 65 Jahren sowie der Anteil der Einwohner:innen mit geringer Wohnfläche in Form einer Farbmatrix (Abbildung 9) sowie die Quadratmeterzahl beschatteter öffentlicher Freifläche pro Einwohnerin und Einwohner als Schraffur dargestellt.

Abb. 9:
Soziale Vulnerabilitäten
in der Region Stuttgart.
Quelle:
<https://klimaatlas.region-stuttgart.org/>, letzter
Zugriff am 02.06.2026



Diese Vulnerabilitätskarten veranschaulichen soziale Strukturen innerhalb der Region und können so regionale Tendenzen an Vulnerabilitäten sichtbar machen. So wohnen entlang der dichter bebauten Entwicklungsachsen der Region Stuttgart tendenziell Einwohner:innen mit geringer Wohnfläche (Wohnfläche pro Kopf korreliert mit dem Einkommen und weist damit auf begrenzte Handlungsmöglichkeiten bei der Umsetzung eigener Anpassungsmaßnahmen hin), wie unter anderem entlang des Neckartals zu erkennen ist.

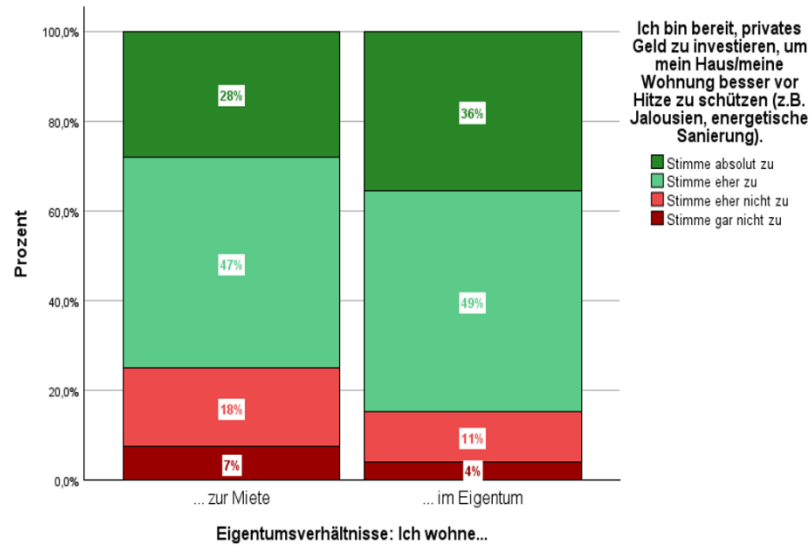
In den ländlich geprägten Räumen ist der Anteil der Einwohner:innen ab 65 Jahren dagegen sichtbar höher. Gleichzeitig zeigt sich, dass vor allem in den Mittelzentren der Region, wie beispielsweise Kirchheim unter Teck, Backnang oder Bietigheim-Bissingen, eine Kombination beider Indikatoren zu erkennen ist. In Bezug auf eine unterdurchschnittliche Grünversorgung sind keine klaren Tendenzen zu erkennen. Eine Unterversorgung an öffentlich zugänglichem beschattetem Grün ist sowohl in großen Städten als auch in kleineren Gemeinden im verdichteten Stuttgarter Raum, aber auch in ländlichen Bereichen der Region sichtbar. Während die Defizite in den Innenstädten vor allem durch die hohe Bevölkerungs- und Bebauungsdichte bedingt sind, ist die geringe Versorgung in kleineren Orten eher darauf zurückzuführen, dass zwar private Grünflächen und landwirtschaftlich genutzte Freiräume vorhanden sind, jedoch nur wenige öffentlich zugängliche hitzeentlastende Grünräume zur Verfügung stehen.

Um gleichzeitig zu den gesamtäumlichen Strukturen der sozialen Vulnerabilität auch ein besseres Verständnis für die Anpassungskapazitäten einzelner Haushalte zu bekommen, wurden im Rahmen der beiden Projektphasen Haushaltsbefragungen in insgesamt fünf Kommunen durchgeführt. In Phase 1 wurden Haushalte in Stuttgart und Kirchheim unter Teck angeschrieben und in Phase 2 Haushalte in Winnenden, Tamm und Ingersheim. Dadurch konnten über beide Phasen hinweg Haushalte in unterschiedlich großen Städten und Gemeinden befragt und ein breites Datenbild erhoben werden.

Die Ergebnisse der Haushaltsbefragungen zeigen unter anderem, dass die Befragten insgesamt ein steigendes Risiko durch Hitze als auch durch Starkregen und andere Klimagefahren wahrnehmen. Außerdem zeigen die Analysen, dass Haushalte mit einem Einkommen unter 1.500 Euro (netto) mit knapp 23 % ein leicht höheres Risiko sehen als Besserverdienende mit knapp 20 %, durch Starkregen persönlich betroffen zu sein. Die Ergebnisse weisen außerdem auf altersbezogene Unterschiede in der Wahrnehmung klimabedingter Risiken hin. So gehen Befragte unter 65 Jahren häufiger davon aus, bis 2050 von extremen Starkregenereignissen betroffen zu sein (45 % gegenüber 33 % bei den über 65-Jährigen). Gleichzeitig schätzen sie ihre eigene Vorbereitung auf solche Ereignisse geringer ein: Während lediglich 46 % der unter 65-Jährigen angeben, ausreichend vorbereitet zu sein, liegt dieser Anteil bei den älteren Befragten bei knapp 58 %. Dieses Muster einer höheren Risikowahrnehmung bei gleichzeitig geringerem Vorbereitungsempfinden zeigt sich nicht nur für Starkregen, sondern auch bei weiteren Klimagefahren wie Hitze, Stürme und Hochwasser.

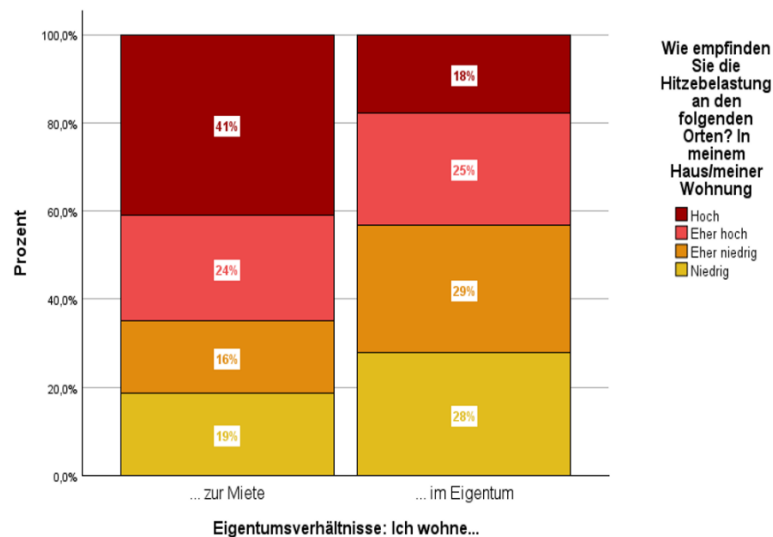
Im Rahmen des ISAP-Projekts wurden 2021/2022 sowie 2025 in fünf Kommunen (Stuttgart, Kirchheim unter Teck, Winnenden, Tamm und Ingersheim) Haushaltsbefragungen zum Thema Klimaanpassung durchgeführt. Insgesamt gab es über 2.800 Rückmeldungen. Die Antworten sollen den unterschiedlichen Umgang mit den Klimawandelfolgen aus Sicht aktuell oder potenziell betroffener Haushalte aufzeigen.

Abb. 10:
Bereitschaft zu privaten
Investitionen; Quelle:
eigene Analysen auf
Basis der Haushalts-
befragungen



In Bezug auf die steigende Anzahl an Hitzetagen zeigt sich, dass Mieter:innen im Gegensatz zu Eigentümer:innen eine deutlich höhere Hitzebelastung mit 65 % (zu 43 % bei Eigentümer:innen) in ihrer eigenen Wohnung empfinden (Abbildung 11) und gleichzeitig deutlich weniger bereit sind, privates Geld zu investieren (mit 75 % Zustimmung zu 85 % bei Eigentümer:innen – Abbildung 10). Auch diese Ergebnisse veranschaulichen, dass die Betrachtung von Indikatoren zur sozialen Vulnerabilität wichtige planerische Hinweise liefern kann. So können sowohl das Einkommen als auch der Anteil an älterer Bevölkerung und der Eigentümer:innenanteil wichtige planerische Anpassungsnotwendigkeiten aufzeigen und sollten bei der Maßnahmenentwicklung Beachtung finden.

Abb. 11:
Empfundene Hitzebe-
lastungen in den eige-
nen Wohneinheiten;
Quelle: eigene Analysen
auf Basis der Haushalts-
befragungen



5.2 Exposition von Infrastrukturen

Um die Risikovorsorge auf regionaler Ebene weiter zu stärken, wurden im Rahmen der zweiten Phase des ISAP-Projekts die entwickelten Infrastrukturkannten weiterentwickelt und neue Datengrundlagen getestet. Die Karten sollen dabei kritische und sensible Infrastrukturen räumlich ausweisen und durch eine Überlagerung mit den Klimagefahren Hitze und Starkregen Anpassungsnotwendigkeiten sichtbar machen.

In Phase 2 wurde außerdem eine Differenzierung der Betroffenheit in Bezug auf Hitze und Starkregen vorgenommen. Es zeigte sich, dass manche Infrastrukturen, wie bspw. Bahninfrastrukturen, laut Literatur durch Starkregen betroffen sein können (Szymczak et al., 2022), jedoch durch Hitzewellen laut Literatur nicht wesentlich betroffen sind (Hawchar et al., 2020). Ein möglicher Grund hierfür ist, dass Starkregen im Vergleich zu Hitze häufiger direkte und kurzfristige physische Schäden verursacht, die insbesondere Infrastrukturen wie Bahntrassen beeinträchtigen können.

Bei einer regionalen Betrachtung der kritischen und sensiblen Infrastrukturen zeigt sich eine Verdichtung der Infrastrukturen entlang der Entwicklungsachsen und Ortskerne, was einerseits durch die gesteuerte Entwicklung durch den Landesentwicklungsplan sowie den Regionalplan nachvollziehbar ist, aber andererseits auch durch die zwingende Nähe bestimmter Infrastrukturen zu Wohnflächen erklärbar ist. Dennoch sind auch in den ländlicheren Bereichen der Region Infrastrukturen zu finden, da beispielsweise Trafostationen oder auch Kindergärten immer eine räumliche Nähe benötigen. Bei einer Überlagerung mit der Starkregengefahrenkarte zeigt sich, dass Infrastrukturen entlang der Hauptabflusswege und Einstaubereiche innerhalb der Siedlungsbereiche sowohl in größeren Städten als auch in kleineren Gemeinden betroffen sein können. Daher ist festzuhalten, dass räumliche Tendenzen erkennbar sind, aber zur ganzheitlichen Sicherung von kritischen und sensiblen Infrastrukturen auch eine Beachtung aller Teilräume wichtig ist (Hawchar et al., 2020).

5.3 Planungsrechtliche Maßnahmen zur Stärkung regionaler Resilienz

Eine Möglichkeit zur Verbesserung der Starkregensituation in Siedlungsgebieten, aber auch außerhalb ist die klimasensitive Bebauung. Eine vertiefende Szenarioanalyse des Projekts belegt, dass neue bauliche Entwicklungen eine Auswirkung auf Starkregenabflussregime haben, insbesondere wenn alle potenziellen Entwicklungsflächen in der Region gemeinsam betrachtet werden. Die im Rahmen des Projekts entwickelten Landnutzungsszenarien zeigen bei Bebauung von Flächen an den Ortsrändern entsprechend den aktuellen Bauformen eine Zunahme der Überflutung durch Starkregen entlang der Abflusswege des Oberflächenwassers, meist in Ortszentren. Im Gegensatz dazu zeigt sich in einem alternativen Szenario einer klimasensiblen Bebauung dieser Flächen, dass die Rückhaltung von Wasser auf solchen Neubauflächen durch Freihaltung von Flächen mit kompakterer Bauweise sowie die konsequente Umsetzung von blauer und grüner Infrastruktur zu einer Verringerung der Überflutung führen könnte. Somit ist aus planungsrechtlicher Sicht das konsequente Festsetzen von klimasensitiver, kompakter Bebauung mit Wasserrückhalt auf der Fläche durch blaue und grüne Infrastrukturen ein wichtiger Faktor zur Verminderung der Abflussgefahren durch Starkregen.

Zentrales Ziel des ISAP-Projekts ist die Verbesserung der Planungsgrundlagen sowie deren Anwendung in Entscheidungsprozessen. Durch die enge Zusammenarbeit mit den Praxispartnern auf städtischer und regionaler Ebene, der Landeshauptstadt Stuttgart und dem Verband Region Stuttgart, konnten planungsrechtliche Handlungsschwerpunkte und Maßnahmen aktiv und direkt im Rahmen diverser Workshops diskutiert werden. So zeigte sich

die wichtige Beratungsfunktion auf regionaler Ebene, welche durch eine übergemeindliche Betrachtung Klimarisiken genauso wie Maßnahmen zur Klimaanpassung über kommunale Grenzen hinweg koordinieren kann. Diese interkommunale Betrachtung wird mit zunehmenden Klimarisiken immer wichtiger, da Kaltluftentstehungsgebiete oder auch Abflussregime bei Starkregenereignissen nicht innerhalb einer Kommune liegen können und daher eine regionale Steuerung dieser Maßnahmen von großer Bedeutung ist.

Gleichzeitig hat sich auch auf Landesebene gezeigt, dass die Analysen und Ergebnisse der ISAP-Forschung einen wertvollen Beitrag liefern können. Die Raumordnung kann durch ihren übergeordneten und fachübergreifenden Ansatz sicherstellen, dass Risiken durch Hitze und Starkregen systematisch in die räumliche Entwicklung einbezogen und minimiert werden. Ein zentraler Beitrag der Raumordnung besteht daher darin, kompakte und klimaangepasste Siedlungsstrukturen zu fördern sowie klimarelevante Freiräume zu erhalten (Ministerium für Landesentwicklung und Wohnen Baden-Württemberg, 2023). Darüber hinaus kann die Landesplanung als Impulsgeber wirken, indem sie die fachübergreifende Entwicklung methodischer Vorgaben sowie die notwendige Bereitstellung von Daten für die Umsetzung in der Regional- und Bauleitplanung unterstützt.

5.4 Fazit

Insgesamt zeigt die ISAP II-Forschung, dass durch die digitale Bereitstellung von Gefahren-, Expositions- und Vulnerabilitätsdaten im Klimaatlas der Region Stuttgart Planungsentscheidungen gezielt auf besonders gefährdete Siedlungsbereiche und kritische Infrastrukturen ausgerichtet werden können. Die Analyse sozialer Vulnerabilität zeigt, dass niedrige Einkommen, Altersstruktur und Eigentumsverhältnisse räumlich relevante Indikatoren für unterschiedliche Anpassungsbedarfe sind, während die Infrastrukturanalyse räumliche Konzentrationen von Risikopotenzialen offenlegt. Schließlich erfordert die wirksame Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen eine überkommunale und landesweite Koordination, damit regionale Resilienz systematisch in Raumordnung und Bauleitplanung verankert wird.

6. Die ökonomische Betrachtung von Klimaanpassungsmaßnahmen

Tobias Möllney, Tarin Karzai und Jesko Hirschfeld

Klimaangepasste Raumentwicklung wurde im ISAP-Projekt für den stadt-regionalen Kontext in der Region Stuttgart in verschiedenen Wirkungsdimensionen untersucht. Das Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) hat die ökonomischen Effekte von Klimaanpassungsmaßnahmen in den Mittelpunkt gestellt und mit verschiedenen Methoden quantifiziert. Für ausgewählte Fokusräume sind räumlich explizite Ergebnisse in interaktiven sogenannten „Scrollytellings“ einfach zugänglich aufbereitet. Zielstellung dabei ist, die vielfältigen Nutzen von Klimaanpassungsmaßnahmen in konkreten Anwendungsfällen darzustellen und mit monetären Werten zu hinterlegen. So soll der Nutzen insbesondere naturbasierter Klimaanpassungsmaßnahmen sichtbar werden, um ihre Berücksichtigung in Planungsprozessen zu stärken. Dies dient als Grundlage zur Übertragung in weitere Anwendungsräume in der und über die Region Stuttgart hinaus.

Die im Folgenden vorgestellten ökonomischen Bewertungen¹ naturbasierter Klimaanpassungsmaßnahmen basieren auf dem Konzept der Ökosystemleistungen:

- Regulierende Ökosystemleistungen Wasserretention, Luftreinhaltung und Kohlenstoffspeicherung
- Kulturelle Ökosystemleistungen (Wertschätzung durch die Bevölkerung)

6.1 Hintergrund: Ökosystemleistungen in der räumlichen Planung

Eine gängige Definition von Ökosystemleistungen beschreibt diese als „direkte und indirekte Beiträge von Ökosystemen zum menschlichen Wohlergehen“ (Kowarik et al., 2016, S. 293). Häufig werden diese Beiträge konzeptionell weiter unterteilt in regulierende Leistungen und kulturelle Leistungen. So stellen die Regulation von Temperatur und Wasserhaushalt, die etwa die Auswirkungen von Hitze- oder Starkregenereignissen abmildern, regulierende Leistungen dar. Kulturelle Leistungen umfassen weniger greifbare und dennoch essenzielle Beiträge von Ökosystemen zur Lebensqualität. Parks laden ein zu Spiel und Sport, sind Orte für soziales Miteinander, aber auch für Ruhe und Rückzug. Grüne Alleen werden als ästhetisch ansprechender wahrgenommen als graue Straßenschluchten. All diese Aspekte lassen sich als kulturelle Ökosystemleistungen zusammenfassen.

Ökosystemleistungen:
regulierende und kulturelle Leistungen

Weil diese Ökosystemleistungen zunächst abstrakt und schwer greifbar sind, werden sie in politischen und privaten Entscheidungen häufig nur

¹ Weitere im Rahmen des Projekts durchgeführte und im Klimaatlas aufbereitete ökonomische Bewertungen umfassen die Minderung von Schadenspotenzialen bei Starkregenereignissen sowie die Effekte auf regionale Wertschöpfung und Beschäftigung durch Klimaanpassungsmaßnahmen. Diese stehen im vorliegenden Beitrag jedoch nicht im Fokus.

unzureichend berücksichtigt. Mit geeigneten Methoden können sie jedoch quantifiziert und in monetären Einheiten ausgedrückt werden. Diese ökonomische Perspektive auf Ökosystemleistungen erlaubt es, die Leistungen der Natur für uns Menschen sicht- und messbar zu machen, um sie angemessen in Entscheidungsprozesse mit einzubeziehen (Naturkapital Deutschland – TEEB DE, 2016, S. 13). So können etwa Mehrkosten von Planungsvarianten relativiert werden, die zwar in Umsetzung oder Unterhalt teurer sind, aber vielfältige Ökosystemleistungen und damit hohen gesellschaftlichen Nutzen erbringen.

Für räumliche Planungsprozesse kann das Konzept der Ökosystemleistungen in zwei Dimensionen konkreten Mehrwert bieten: Zum einen als Vermittlungs- und Kommunikationsinstrument zur Unterstützung partizipativer Planung, zum anderen als Erweiterung der Informationsgrundlage in der Entscheidungsabwägung (Albert et al., 2022, S. 11).

Anwendung des Ökosystemleistungskonzepts in räumlichen Planungsprozessen

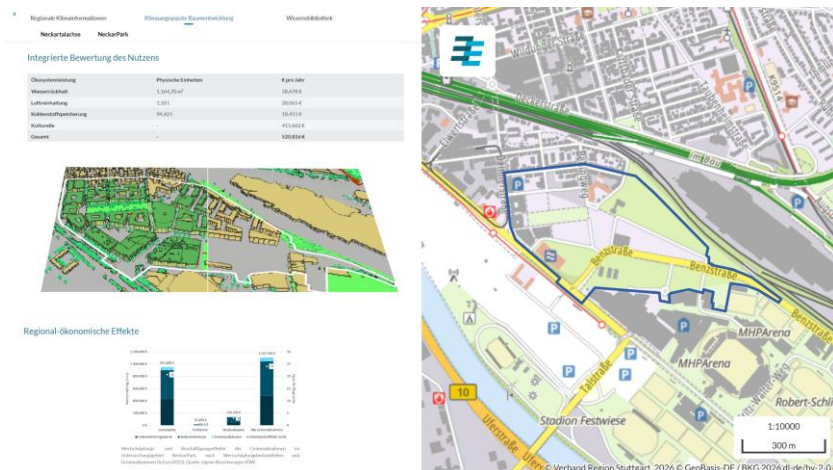
Trotz möglicher Anknüpfungspunkte findet das Konzept der Ökosystemleistungen in formellen Planungsinstrumenten bisher nicht explizit Berücksichtigung². Für informelle Planung (etwa Freiraumentwicklungskonzepte, kommunale Biodiversitätsstrategien, aber auch Bürgerforen und Runde Tische) gibt es dagegen keine Vorgaben des öffentlichen Rechts zu den Produkten, Verfahrensschritten oder zu beteiligenden Akteuren (Albert et al., 2022, S. 14). Hier können die im Klimaatlas für die Region Stuttgart erarbeiteten Ergebnisse somit direkt Anwendung finden, um das Verständnis für die vielfältigen Leistungen der vorgestellten naturbasierten Klimaanpassungsmaßnahmen für das menschliche Wohlbefinden zu stärken. Adressaten der Ergebnisse sind somit sowohl Planer:innen als auch Bürger:innen, primär in der Region Stuttgart, aber auch darüber hinaus.

6.2 Ergebnisse der ökonomischen Betrachtung

Untersucht wurde in ISAP I und II die Wirksamkeit von Klimaanpassungsmaßnahmen in verschiedene Fokusräume sowohl in der Stadt als auch der Region Stuttgart. Die Ergebnisse sind einfach zugänglich aufbereitet im Scrollytelling-Format, das textliche Erläuterung mit Tabellen- und Karteninhalten verbindet (siehe Abbildung 12). Modellierungen der physikalischen Wirkungen werden jeweils kombiniert mit den ökonomischen Wirkungen dargestellt, um ein möglichst umfassendes Bild der Anpassungswirkungen zu vermitteln.

² Für detaillierte Vorschläge zur Integration des Konzepts von Ökosystemleistungen in die formelle räumliche Planung unter Weiterentwicklung bestehender rechtlicher Rahmensetzungen siehe etwa Albert et al. (2022) und Deppisch et al. (2022).

Abb. 12:
Screenshot (modifiziert)
des Klimaatlas der
Region Stuttgart: Säule
II Klimaangepasste
Raumentwicklung –
Fokusgebiet
NeckarPark; Quelle:
<https://klimaatlas.region-stuttgart.org/>, letzter
Zugriff am 2.6.2026



Im Folgenden werden beispielhaft die Ergebnisse der regulierenden und kulturellen Ökosystemleistungen aus dem 22 Hektar großen Fokusgebiet NeckarPark vorgestellt, einem neu entstehenden Wohn- und Gewerbegebiet auf dem Areal eines ehemaligen Güterbahnhofs in Stuttgart-Bad Cannstatt. Dort werden die Wirkungen der von vornherein „grünen“ Planung einem „grauen“ Referenzfall gegenübergestellt. Im Kontrast dazu wurde in Winnenden die Wirkung punktueller und linienförmige Anpassungsmaßnahmen in der bestehenden Stadtstruktur untersucht.

Die ökonomisch bewerteten Anpassungsmaßnahmen umfassen Dach- und Fassadenbegrünungen, die Anlage von Grünflächen sowie Straßenbegrünung durch Grünstreifen und Baumpflanzungen sowie die Renaturierung von Gewässerabschnitten. Ausführlichere Erläuterungen und insbesondere vertiefte Methodenbeschreibungen finden sich im Klimaatlas in den jeweiligen Scrollytellings sowie der Wissensbibliothek.

Während die mikroklimatischen Simulationsergebnisse deutlich zeigen, dass die vielfältigen Begrünungsmaßnahmen im NeckarPark im Zusammenspiel an Hitzetagen eine deutliche Minderung der Hitzebelastung ermöglichen, so sind die positiven Effekte der Begrünung nicht auf den thermischen Komfort beschränkt. Insgesamt erbringt die Begrünung im NeckarPark vielfältige Ökosystemleistungen im Wert von über einer halben Million Euro pro Jahr. Da die Anpassungsmaßnahmen über Jahrzehnte hinweg wirken, ist der Nutzen in Summe deutlich höher als der Wert eines einzelnen Jahres. Bei Bedarf ließen sich unter Annahme eines Betrachtungshorizonts und Diskontfaktors der Gegenwartswert, das heißt die Summe der zukünftig erwarteten Leistungen zu ihrem heutigen Gegenwartswert, berechnen. Dieser könnte etwa in einer Nutzen-Kosten-Berechnung zur Abwägung von Maßnahmenoptionen Verwendung finden.

Ergebnisse am Beispiel
NeckarPark

Gut 100.000 Euro pro Jahr entfallen im NeckarPark auf die regulierenden Leistungen Wasserrückhalt, Luftreinigung und Kohlenstoffsequestrierung, die in der „grünen“ Planungsvariante gegenüber dem „grauen“ Referenzfall zusätzlich anfallen. In Anbetracht des vergleichsweise kleinen Areals ist das ein erheblicher zusätzlicher Nutzen. Mit über 400.000 Euro pro Jahr entfällt der größte Nutzen jedoch auf die kulturellen Ökosystemleistungen, also die Wertschätzung der Stuttgarter Bevölkerung für die Schaffung eines neuen intensiv durchgrünten Gebiets.

Zur Analyse der kulturellen Ökosystemleistungen naturbasierter Klimaanpassungsmaßnahmen wurden in ISAP I und II Befragungen in fünf

Kommunen durchgeführt, die jeweils ein sogenanntes „Choice Experiment“ (Auswahl experiment) enthielten. Das Choice Experiment erlaubt die Ermittlung hypothetischer Zahlungsbereitschaften für die Umsetzung dieser Maßnahmen. Diese Zahlungsbereitschaften stellen den Nutzen als jährlichen Geldbetrag dar, den die Befragten aus den Maßnahmen ziehen. Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse aus den fünf untersuchten Kommunen.

Tab. 1:
Zahlungsbereitschaften
(€/Jahr/Person/Einheit)
für Klimaanpassungs-
maßnahmen aus den
Choice Experimenten je
Kommune; Quelle:
eigene Berechnungen
IÖW

Klimaanpassungsmaßnahme (Attribut)	Winnenden	Tamm	Ingersheim	Kirchheim (Teck)	Stuttgart
Reduktion der jährlichen Flächenverbrauchsrate (- 1 Hektar pro Jahr über 20 Jahre)	0,2*** [0,07; 0,2]	0,1*** [0,06; 0,2]	0,1 [-0,05; 0,2]	0,4 *** [0,2; 0,51]	0,5*** [0,3; 0,7]
Erhöhung der durchschnittlichen Anzahl der Straßenbäume pro 100 Meter Straße (+ 1 Straßenbaum)	3,6*** [2,0; 5,0]	4,0*** [2,9; 5,2]	2,3** [0,2; 4,5]	5,0 *** [2,1; 7,9]	5,2*** [2,7; 7,8]
Naturnahe Umgestaltung von naturfernen Gewässerstreifen (+ 1 %)	0,6*** [0,5; 0,7]	0,4*** [0,3; 0,5]	0,4*** [0,3; 0,5]	0,8 *** [0,53; 1,15]	0,6*** [0,4; 0,8]
Begrünte Fläche im Straßenraum (Umwandlung von Parkplatzfläche in Grünstreifen) (+ 1 %)	-0,2*** [-0,3; -0,05]	-0,2*** [-0,3; -0,08]	-0,2** [-0,3; -0,01]	-0,8 *** [-1,03; -0,51]	0,3** [0,02; 0,5]
Stichprobengröße	463	672	370	686	547
	Signifikanzlevel: *** = 0,001; ** = 0,01; * = 0,05 [95 % Konfidenzintervall]				

Der Koeffizient für die Erhöhung der Straßenbaumdichte in Stuttgart etwa lässt sich folgendermaßen interpretieren: Im Durchschnitt wären Bewohner:innen von Stuttgart bereit, jährlich 5,20 Euro beizutragen, um die Straßenbaumdichte im stadtweiten Mittel um einen Baum pro 100 Meter Straße gegenüber dem aktuellen Bestand zu steigern. Dieser für die Einzelperson kleine jährliche Betrag aggregiert sich schnell zu erheblichen Summen über die gesamte Stadtbevölkerung hinweg. Die Zahlungsbereitschaft in ganz Stuttgart für die im „grünen“ NeckarPark geplanten Maßnahmen etwa summiert sich auf die im Scrollytelling angeführten über 400.000 Euro pro Jahr. Diese Berechnungen stellen eine eindruckliche Möglichkeit dar, der erheblichen Wertschätzung der Bürger:innen für eine grünere, lebenswerte und klimaresiliente Stadt Ausdruck zu verleihen. Sie eröffnen zudem die Möglichkeit, sie als konkrete Größe in Planungsprozesse einfließen zu lassen.

Besonders interessant ist der Vergleich der ermittelten Zahlungsbereitschaften und darin zum Ausdruck gebrachten Präferenzen der Bewohner:innen über die verschiedenen befragten Kommunen der Region Stuttgart hinweg. Insgesamt stoßen die Maßnahmen über alle Kommunen hinweg größtenteils auf hohe Akzeptanz, was sich durch signifikante positive Zahlungsbereitschaften zeigt. Die Zahlungsbereitschaften sind für die meisten Maßnahmen in Stuttgart am höchsten. Mit abnehmender Größe der Kommune zeigt sich tendenziell ein leichter Abwärtstrend in der Höhe der Zahlungsbereitschaften, obwohl das durchschnittliche Haushaltseinkommen der Befragten über die Kommunen hinweg nahezu konstant war.

Kulturelle Ökosystemleistungen im Vergleich über die Region Stuttgart

Ein deutlicher Unterschied der Präferenzen zeigt sich jedoch bei der Umwandlung von Parkplatzfläche zu Grünstreifen zwischen Stuttgart und den vier kleineren Kommunen. Während die Einwohnenden in Stuttgart eine signifikant positive Zahlungsbereitschaft für mehr Straßengrün in ihrer Stadt zu Lasten von Parkplätzen äußern, wird diese Maßnahme in den kleineren Kommunen deutlich abgelehnt. Dies äußert sich durch eine negative Zahlungsbereitschaft, die sich auch als Kompensation verstehen lässt, die notwendig wäre, um diese Maßnahme zu akzeptieren. Hier treten unterschiedliche Ansprüche an die Umgebung in der eigenen Stadt zutage, die zum Beispiel durch Unterschiede im Mobilitätsverhalten geprägt sein können. Insgesamt setzt sich daraus ein differenziertes Bild zusammen. So werden etwa mehr Straßenbäume, die nicht notwendigerweise mit dem Verlust von Parkplätzen einhergehen müssen, durchweg positiv wertgeschätzt.

Durch die Analyse in fünf Kommunen der Region Stuttgart, die sich in Größe und Lage unterscheiden, besteht eine breite Grundlage für den Transfer der Ergebnisse in die Fläche. Bei den Analysen zeigte sich, dass Eigenschaften wie Größe oder soziodemografische Charakteristika kaum differenzierenden Einfluss auf die Zahlungsbereitschaft zwischen den Kommunen haben. Vielmehr ist die Differenzierung zwischen Stadt Stuttgart und den weiteren Kommunen der entscheidende Faktor. Jenseits der Stadtgrenzen von Stuttgart sind die Zahlungsbereitschaften über alle betrachteten Kommunen hinweg sehr ähnlich. Somit können die in Tabelle 1 gezeigten Ergebnisse mit der gebotenen Vorsicht auch auf weitere Kommunen der Region übertragen werden, um eine erste Schätzung des Nutzens konkreter Maßnahmen zu ermöglichen.

6.3 Anwendbarkeit und Übertragbarkeit der Ergebnisse

Im Rahmen eines Projektworkshops wurden die ökonomischen Bewertungsergebnisse Praxispartnern aus der Stadt Stuttgart und Kommunen der Region vorgestellt und rege diskutiert. Es zeigte sich, dass in verschiedenen Kommunen derzeit unter anderem die im ISAP-Projekt untersuchten naturbasierten Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel diskutiert werden. Die ISAP-Ergebnisse als Handreichung und Argumentationshilfe wurden dabei als sehr hilfreich eingeschätzt.

Diskussion der Ergebnisse mit Anwender:innen aus der Praxis

Die Kommunen sehen sich in vielen Fällen Druck von Bauherren und Investitionsprojekten ausgesetzt, bei denen zur Schaffung neuen Wohn- und Gewerberaums neue Flächen bebaut und versiegelt werden sollen. Der von der aktuellen Bundesregierung ausgerufene „Bauturbo“ verstärkt diesen Druck. Effekte von solchen Vorhaben im Vorhinein analysieren zu können, wurde als gut geeignet angesehen, um mögliche folgenreiche und im Nachhinein kaum noch zu korrigierende Fehlentscheidungen zu vermeiden, die die Situation für die Bevölkerung bei einer weiteren Verschärfung von Klimaextremen verschlechtern würde.

Bei der Diskussion um die Sicherung von Freiflächen, beispielsweise im Rahmen von Klimarahmenplänen, oder auch bei der Abwägung unterschiedlicher Belange im Rahmen von Stadtentwicklungskonzepten und -planungen stellt der im ISAP-Projekt angewendete Ökosystemleistungsansatz eine nützliche und anschauliche Darstellung der Bedeutung von Umweltbelangen, Daseinsvorsorge und Gemeinwohlaspekten zur Verfügung. Im

Klimaatlas der Region Stuttgart stellt die vorgenommene ökonomische Bewertung von Ökosystemleistungen eine wertvolle Ergänzung der regionalen Klimainformationen dar und leistet damit einen Beitrag zu ihrer Verankerung in regionalen und kommunalen Planungsprozessen.

Während eine Übertragung der konkreten Bewertungsergebnisse auf andere Regionen aufgrund der kontextabhängigen Berechnungen nicht ohne Anpassungen möglich ist, so sind die Berechnungsmethoden jedoch übertragbar und können problemlos bundesweit Anwendung finden³.

³ Das Stadtgrün-Bewertungstool etwa (<https://www.stadtgruen-wertschaetzen.de>) ermöglicht die Berechnung der Ökosystemleistungseffekte frei einstellbarer Begrünungsszenarien für Städte bundesweit.

7. Unterstützung der Umsetzung von städtebaulichen Rahmenplanungen durch mikroskalige Stadtklimamodellierung

Marselina Arkouli, Silke Drautz und Rainer Kapp

In der Stuttgarter Planungspraxis hat sich der städtebauliche Rahmenplan im Bereich bereits bebauter Stadtgebiete als flexibles, klimarelevantes Planungsinstrument bewährt. Erste Erfahrungen wurden im Bereich der Stuttgarter Halbhöhenlagen ab dem Jahr 2008 gesammelt. Doch wie wird eine nicht formalisierte Planungsstufe zum bedeutenden Treiber eines klimaresilienten Stadtumbaus? Und wie kann die mikroskalige Stadtklimamodellierung die Umsetzung von städtebaulichen Rahmenplanungen unterstützen?

7.1 Die klimatisch herausfordernde Ausgangslage

Die Stadt Stuttgart ist geprägt durch eine komplexe Topographie mit Höhenunterschieden bis zu 300 m. Die in einer Keupersenke gelegene Innenstadt ist nahezu vollständig von einem bewaldeten Höhenkranz umgeben. Diese Situation ist klimatisch herausfordernd. Bereits 1938 wurde ein Meteorologe angestellt, um Untersuchungen über die klimatischen Verhältnisse Stuttgarts vorzunehmen und ihre Beziehungen zum Städtebau aufzuzeigen. Zentrales Anliegen für das aktuelle Stadtklima ist es, für einen besseren Luftaustausch und mehr Grün in der Stadt zu sorgen. Nach derzeitigem Kenntnisstand gehört die Region Stuttgart zu jenen Regionen Deutschlands, die von den Folgen des Klimawandels überproportional stark betroffen sind und noch sein werden (nach Landesanstalt für Umwelt, 2016; Landeshauptstadt Stuttgart, 2013; Deutscher Wetterdienst, 2026).

Die Gliederung der Stadt, die vorhandene Austauscharmut und das milde Klima einer Weinbauregion führen zu häufigem Auftreten von thermischer Belastung und zu episodenhaftem Ansteigen der Luftschadstoffbelastung.

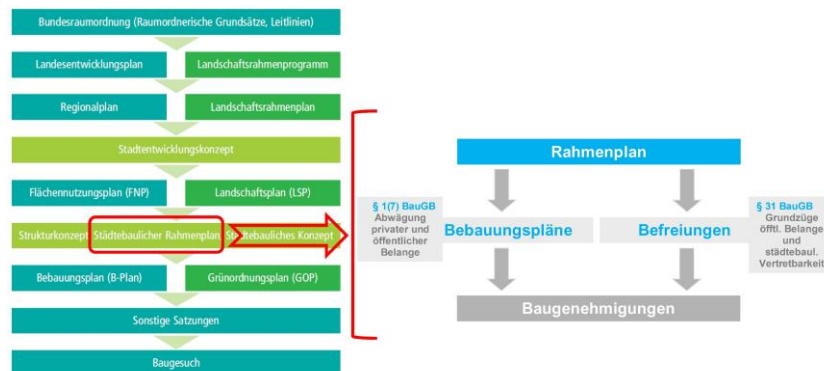
7.2 Der planungsrechtliche Hintergrund

Mit der Neufassung des Bundesbaugesetzes (BauGB) vom 1. Januar 1977 wurden nach § 1 Abs. 6 als Ziele und Grundsätze der Bauleitplanung unter anderem die Berücksichtigung der Belange des Umweltschutzes sowie die Erhaltung und Sicherung der natürlichen Lebensgrundlagen genannt, insbesondere des Bodens, des Wassers, des Klimas und der Luft. Damit wurden „Luft und Klima“ in den Rang von Planungsfaktoren erhoben. Im Jahr 2011 wurde zudem eine Klimaschutzklausel in das BauGB eingeführt. Danach sind im Rahmen der Bauleitplanung sowohl die Vermeidung des Klimawandels als auch die Anpassung an den Klimawandel – etwa durch Sicherung und Förderung der Frisch- und Kaltluftzufuhr in Siedlungsgebiete, die Vermeidung von Aufheizungen in bebauten Bereichen oder die Erhöhung des Grünflächenanteils – zu berücksichtigen. Mit der Klimaschutzklausel wird die bisherige Verantwortung für den allgemeinen Klimaschutz vom Grundsatz der Förderung von Klimaschutz und Klimaanpassung, insbesondere auch in der Stadtentwicklung, abgelöst.

Bereits mit den bestehenden rechtlichen und planerischen Instrumenten ließen sich daher die Aspekte der erforderlichen Klimaanpassung im Rahmen der Bauleitplanung berücksichtigen. Der Rahmenplan als Instrument der städtebaulichen Planung stellt eine zwischen Flächennutzungsplan und Bebauungsplan liegende Planungsstufe dar und gehört zu den informellen Planungen. Die städtebaulichen Rahmenpläne unterscheiden sich von der vorbereitenden und der verbindlichen Bauleitplanung dadurch, dass sie weder ein förmliches Verfahren durchlaufen noch eine direkte Rechtswirkung für die Bürger:innen haben. Städtebauliche Rahmenpläne dienen aber allgemein der Bestimmung und Darstellung der städtebaulichen Ziele einer Gemeinde. Die einem städtebaulichen Rahmenplan zugrunde liegenden Sachverhalte sind geeignet, unmittelbar als Abwägungsmaterial in städtebauliche Planverfahren eingestellt zu werden. Damit sind diese bei der Aufstellung von Bebauungsplänen als sonstige städtebauliche Planung nach § 1 Abs. 6 Nr. 11 BauGB in den Umweltbericht und die Begründung einzuarbeiten und als Teil einer gerechten Abwägung zwischen privaten und öffentlichen Belangen zu berücksichtigen. Daneben hat ein städtebaulicher Rahmenplan Auswirkungen auf die nach dem Baugesetzbuch möglichen Befreiungstatbestände (siehe § 31 BauGB). Damit bereitet der Rahmenplan Entscheidungen vor ohne sie verbindlich festzulegen, hat aber so dennoch Einfluss auf die baurechtliche Genehmigungspraxis (siehe Abb. 13).

Der städtebauliche Rahmenplan ermöglicht die Abbildung eines stadtklimatisch sinnvollen Maßstabes, zugleich aber auch die Formulierung konkreter Entwicklungsziele und Vorgaben. Damit gestattet der Rahmenplan die Anwendung eines konzeptionellen Ansatzes, welcher dem alleinigen Bebauungsplan verwehrt bleibt.

Abb. 13:
Stufen der Planung und
Wirkungsweise; Quelle:
Landeshauptstadt
Stuttgart, 2017



7.3 Die städtebauliche Rahmenplanung als Chance

Eine wesentliche Funktion des städtebaulichen Rahmenplans liegt darin, für Gebiete mit städtebaulichen Veränderungstendenzen Entwicklungsziele und städtebauliche Vorgaben zu treffen sowie Planungsabsichten der Stadt aufzuzeigen. Da der Rahmenplan nicht den rechtlichen Normierungserfordernissen des Bebauungsplans unterliegt, kann er pragmatisch den Gegebenheiten des Planungsfalls angepasst werden und ist zudem wesentlich anschaulicher als ein Bebauungsplan.

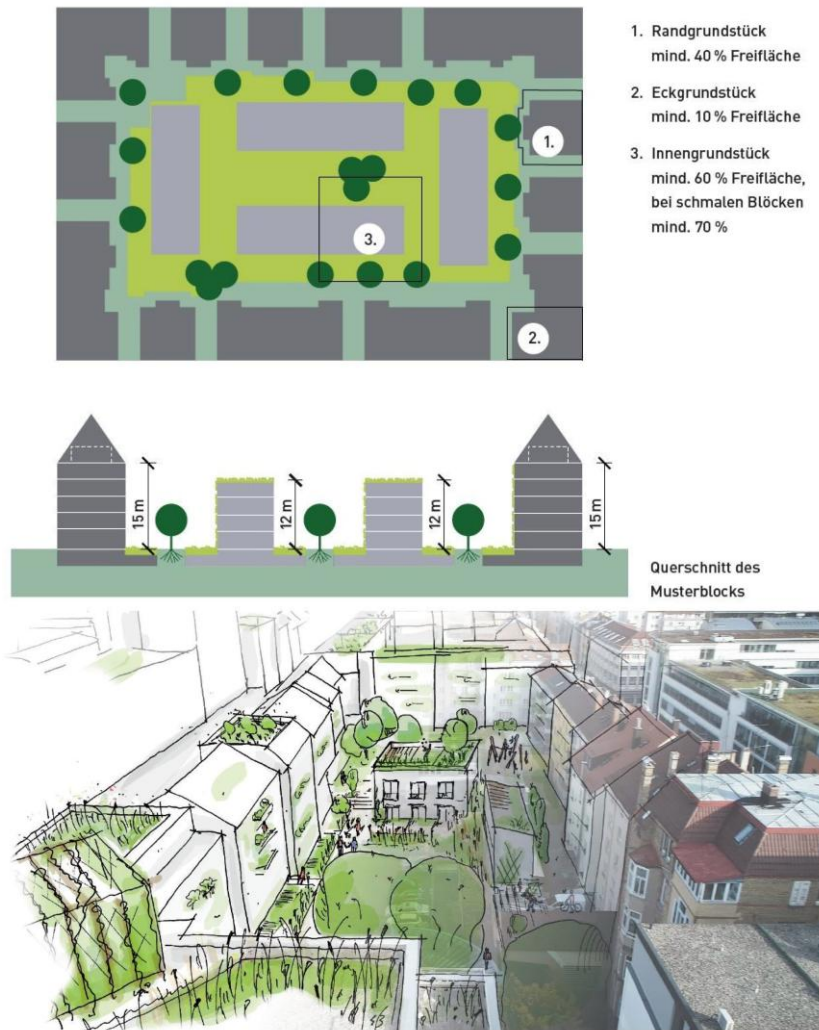
Der städtebauliche Rahmenplan kann als Richtlinie für die verbindliche Bauleitplanung dienen, sofern nur auf diesem Weg die städtebaulichen Ziele des Rahmenplans erreicht werden können.

Zur notwendigen und geforderten Anpassung an den Klimawandel leistet derzeit der „Rahmenplan Halbhöhenlagen“ aus dem Jahr 2008 einen richtungsweisenden Beitrag. Für die Belüftung und die Temperaturminderung des Stadtgebiets sind lokale Windsysteme und damit auch die durchgrünt Randhöhen des Talkessels von großer Bedeutung. In den Halbhöhenlagen besteht jedoch die Tendenz einer kontinuierlichen Nachverdichtung und damit verbunden die Gefahr eines unwiederbringlichen Verlustes der dortigen Qualitäten. In interdisziplinären Arbeitsgruppen der Stadtverwaltung wurden

daher einheitliche Ziele für die Stuttgarter Halbhöhenlagen formuliert und ein städtebaulicher Rahmenplan erarbeitet (Landeshauptstadt Stuttgart, 2008). Grundsätzlich wurde festgelegt, dass der Stadtgrundriss im Bereich der Hanglagen, das dortige Straßen- und Wegenetz unverändert bleiben und die Hanglagen überwiegend dem qualitätsvollen Wohnen dienen sollten. Als Grundgerüst sind hierfür die durchgrünten Wohnbereiche und die darin verlaufenden Grünzüge zu erhalten, planungsrechtlich zu sichern und damit auch das Grün der Halbhöhenlagen zu bewahren. Insgesamt fasst der „Rahmenplan Halbhöhenlagen“ stadtklimatische und ökologische Argumente in Form von Qualitätsbereichen zusammen. Diesen Qualitätsbereichen sind differenzierte Anforderungen und Maßnahmen zugeordnet. Damit werden die Umweltbelange eng mit den zu berücksichtigenden städtebaulichen Erfordernissen verknüpft.

Im Jahr 2018 wurde vom Gemeinderat ein weiterer städtebaulicher Rahmenplan, der „Rahmenplan Talgrund West“, beschlossen. Der in einem gründerzeitlichen Stadtgrundriss angelegte Stadtteil Stuttgart-West ist ein außerordentlich beliebter Wohnstandort, der durch die vorhandene Mischung urbanes Wohnen ermöglicht. Zwischenzeitlich besteht die planerische Herausforderung, dass die Priorisierung der Innenentwicklung zu einer Nachverdichtung führt, welche an ihre qualitativen Grenzen stößt. Der „Rahmenplan Talgrund West“ zielt unter Berücksichtigung der stadträumlichen Qualitäten auf die Sicherung und Verbesserung des Wohnumfeldes, der Grünstrukturen und der klimatischen Bedingungen ab. Weite Teile des Rahmenplangebiets sind bereits heute als ausgeprägte Wärmeinsel einzustufen. Daraus ergeben sich als grundsätzliche Ziele die Reduzierung von Extremsituationen tagsüber bzw. die Schaffung fußläufig erreichbarer Komfortbereiche sowie die Vermeidung zu warmer (tropischer) Nächte. Die im städtebaulichen Rahmenplan entwickelten Empfehlungen betreffen Parameter wie Flächenausnutzung, Gebäudehöhen, Grünnetzungen, Gestaltung von Straßenräumen, Schulhöfen und Freiflächen sowie von Dach- und Fassadenflächen. Zur Verdeutlichung der Grundprinzipien wurde eine Musterblockdarstellung in Grundriss und Schnitt entwickelt. Der Musterblock und eine exemplarische Visualisierung der möglichen Entwicklung sind in Abb. 14 aufgezeigt.

Abb. 14:
„Rahmenplan Talgrund
West“, oben: Muster-
block, unten: Visuali-
sierung der möglichen
Entwicklung; Quelle:
Landeshauptstadt
Stuttgart, 2018



Hinsichtlich des Stadtklimas konnte bei der Erstellung der städtebaulichen Rahmenpläne auf die umfangreichen Arbeiten zum Klimaatlas des Nachbarschaftsverbands Stuttgart aus dem Jahr 1992 sowie dessen Fortschreibung durch den Verband Region Stuttgart im Jahre 2008 und weitere aktuelle Klimauntersuchungen zurückgegriffen werden (Nachbarschaftsverband Stuttgart, 1992; Verband Region Stuttgart, 2008). So wurde festgelegt, im Bereich von Kaltluftbahnen und klimabedeutsamen Freiflächen eine bauliche Nachverdichtung zu vermeiden und vorhandene Grünflächen rechtlich zu sichern. Zur Verbesserung der thermischen Situation sind unter anderem Verschattungen zur Reduzierung des Wärmeeintrags durch Strahlung, begrünte Ausgleichsflächen für Verdunstungskühlung und Gebäudebegrünungen vorzusehen. Diese eher konzeptionelle Ableitung der Maßnahmen zeichnet bereits ein umfassendes Bild der erforderlichen Handlungsansätze. Wie also kann die mikroskalige Stadtklimamodellierung die Umsetzung von städtebaulichen Rahmenplanungen sinnvoll ergänzen?

Bereits im „Rahmenplan Talgrund West“ wurden die Auswirkungen von Begrünungsmaßnahmen auf das Mikroklima anhand von unterschiedlichen Szenarien mithilfe des Modells ENVI-met quantifiziert. Als Bewertungsindizes wurde die physiologisch äquivalente Temperatur (PET) ausgewählt, um das menschliche Wärmeempfinden bewerten zu können. Ein Vergleich der Untersuchungsfälle ermöglichte unter Beachtung aller getroffener Annahmen, die Wirkung der konkret verorteten Begrünungsmaßnahmen anhand

von Differenzdarstellungen adäquat und quantitativ zu beschreiben. Hieraus konnten transparent und vergleichbar Rückschlüsse über die Wirkungen der jeweilig betrachteten Begrünungsmaßnahmen sowie deren konkrete Auswirkungen auf den thermischen Komfort im vorliegenden Untersuchungsgebiet gezogen werden.

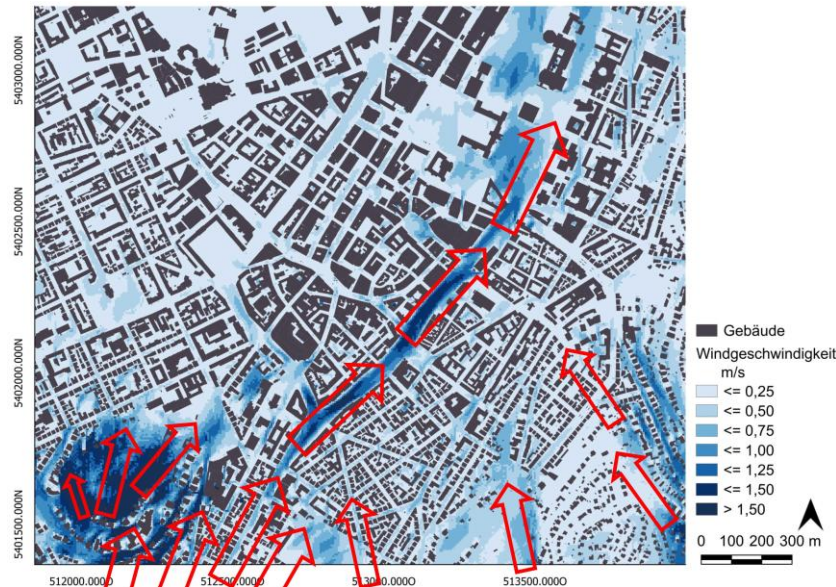
Im Weiteren soll das informelle Planungsinstrument „Rahmenplan Klimaanpassung Talgrund Mitte/Ost/Süd“ in Stuttgart zur notwendigen und geforderten Anpassung an den Klimawandel einen richtungsweisenden Beitrag leisten. Die auf Grundlage des ISAP-Tools im Digitalen Klimaatlas Verband Region Stuttgart (2025) getroffenen Aussagen zu durchlüftungs-/kaltluftrelevanten sowie wärmebelasteten Bereichen wurden dementsprechend um Simulationen mit dem hochauflösenden, stadtklimatischen Wirkmodell PALM-4U ergänzt. Es wurden genestete 3-dimensionale mikroskalige Modellsimulationen relevanter, stadtklimatischer Parameter durchgeführt, die der Analyse des Einflusses von Kaltluftströmungen auf die lokale thermische Situation in einem stark wärmebelasteten Stadtgebiet dienen. Für die Erstellung numerischer mikroskaliger Modellsimulationen des Stadtklimas werden meteorologische Antriebsdaten benötigt. Ein Weg, diese Antriebsdaten dem verwendeten Modellsystem zur Verfügung zu stellen, ist die Vorgehensweise des Nestings der mikroskaligen Simulationen in geringer aufgelösten Modellsimulationen. Dabei werden berechnete meteorologische Größen aus einer grob aufgelösten Simulation als meteorologischer Antrieb für mikroskalige Simulationen verwendet. Das Modellgebiet der mikroskaligen Simulationen, die sogenannte „Child Domain“, liegt dabei innerhalb eines größeren Modellgebietes, für das Simulationen mit geringerer Auflösung erstellt wurden („Parent Domain“). Als Ergebnis des entwickelten mehrstufigen Nesting-Verfahrens werden die Stadtstruktur betreffende Veränderungen unter Berücksichtigung von Kaltluftströmungen einer stadtklimatisch verträglichen Stadtplanung zugänglich gemacht.

Wie bereits ausgeführt, sind für die Belüftung und die Temperaturminderung des Stadtgebiets lokale Windsysteme und damit unter anderem auch bestehende Frischluftschneisen und Strömungsräume von großer Bedeutung. Die vorherrschende Richtung, in welcher sich in Stuttgart-Mitte Kaltluft bewegt, ist von Südsüdwest nach Nordnordost. Straßenräume, die in dieser Richtung angeordnet sind und die topographisch ungefähr parallel zur Tallängsachse liegen, können Kaltluftströme weit ins Stadtgebiet befördern. Einengungen und Verdichtungen dieser Straßenzüge sollen vermieden werden. Zudem begünstigen unversiegelte, begrünte Flächen die Kaltluftüberströmung. Der initiale dynamische Treiber für die Simulationen stammt aus dem im ISAP-Tool hinterlegten Daten mit einer horizontalen Auflösung von 50 m ($dx = dy = 50$ m) und einer vertikalen Auflösung von 8 m, welche den mesoskaligen Hintergrundzustand adäquat abbildet, bodennahe Prozesse in den untersten Schichten, wie etwa stabile Inversionen und Kaltluftabflüsse, jedoch nur eingeschränkt auflöst. Daher wurden Domänen mit höherer Auflösung (12 m, 6 m und 2 m) mit verfeinerter, vertikaler Gitterweite von etwa 2–3 m in das Nesting-System integriert. In Abb. 15 ist exemplarisch das Ergebnis der 6 m-Simulation der nächtlichen Windgeschwindigkeit (04:00 UTC) in 10 m Höhe dargestellt.

Aus der Darstellung lassen sich Fließbereiche der Kaltluft (und entsprechend orientierte Straßenräume) entsprechend ihrer Relevanz/Schutzwürdigkeit ablesen, um eine planerische Berücksichtigung zu erreichen. Diese sind in

der Abbildung schematisch markiert. Letztendlich ermöglicht dies die Abgrenzung und Beantwortung der Frage, in welchen Talbereichen eine planerische Reaktion durch begrenzte Gebäudehöhen und Bebauungsdichten in der Entwicklung besonders erfolgen muss.

Abb. 15:
Windgeschwindigkeit
um 04:00 UTC in 10 m
Höhe, mit schematisch
markiertem Kaltluftab-
fluss; Quelle: Ergebnisse
PALM-4U_6m, Landes-
hauptstadt Stuttgart,
2026



7.4 Erfahrungen und Ausblick

Die vorgestellten, vom Gemeinderat beschlossenen städtebaulichen Rahmenpläne definieren Entwicklungsziele, nehmen das geltende Planungsrecht sowie den öffentlichen Raum in den Blick und stellen eine Grundlage für weiterführende Planungen sowie politische Entscheidungen dar. Die erarbeiteten ortsbezogenen Empfehlungen sind von allen an der Planung Beteiligten frühzeitig zu berücksichtigen. Sie sind unmittelbar im Rahmen der zu städtebaulichen Planverfahren gehörenden Abwägung zu berücksichtigen. Für die an der Planung beteiligten Stellen bedeutet dies unter Beachtung einheitlicher Qualitätsstandards und der zu fordernden Transparenz eine erhebliche Arbeitserleichterung und hilft, Planverfahren zu beschleunigen. Dabei liegt die Stärke dieses Planungsinstruments in seiner engen Verknüpfung von Umweltbelangen mit den zu berücksichtigenden städtebaulichen Erfordernissen.

Grundlegend tragen die städtebaulichen Rahmenpläne dem Umstand Rechnung, dass eine isolierte stadtklimatische Begutachtung kleinerer Einzelbauvorhaben auf Probleme der Maßstabsgröße stößt und anstelle einer Untersuchung am Objekt konzeptionelle Lösungsansätze gefordert sind. Insbesondere wird die wertvolle Wirkung immer wieder deutlich, wenn Bebauungsverbote als gegen Bauherren gerichtete Vorgänge angesehen oder die klimatische Bedeutung einzelner Gebäude bestritten werden. So hat beispielsweise der Verwaltungsgerichtshof Baden-Württemberg in seiner Begründung der Abweisung einer Normkontrollsache die Bewahrung des Stadtklimas der Landeshauptstadt Stuttgart als solch gewichtigen Belang des allgemeinen Wohls hervorgehoben, dass er auch die Beschränkung von bestehenden, aber noch nicht verwirklichten Baurechten rechtfertigt. Insbesondere wurde in der Urteilsbegründung verdeutlicht, dass der Gemeinderat bei der Abwägung der privaten und öffentlichen Belange dem „Rahmenplan

Halbhöhenlagen“ in rechtlich nicht zu beanstandender Weise ein hohes Gewicht eingeräumt hat (Verwaltungsgerichtshof Baden-Württemberg, 2014).

Bei der Ableitung zutreffender Planungsempfehlungen kann die mikroskalige Stadtklimamodellierung bei der Interpretation der Klimainformationen sowie der konkreten Verortung der Maßnahmen unterstützen. Dies erleichtert den auf kommunaler Ebene Planenden unmittelbar die Erstellung der Abwägungssynopse, beeinflusst damit auch die Entscheidungsfindung der politischen Gremien und erhöht schlussendlich die Akzeptanz für Klimaanpassungsmaßnahmen.

Die Interpretation von Klimadaten ist oftmals komplex und deren sachgerechte Auswertung anspruchsvoll.

Eine zusätzliche, grundsätzliche Unterstützung für die Integration der erforderlichen Klimaanpassung ermöglicht das neue Bundes-Klimaanpassungsgesetz (KAnG), welches am 1. Juli 2024 in Kraft getreten ist. Über das darin formulierte Berücksichtigungsgebot (§ 8 KAnG) sind Kommunen und weitere Träger öffentlicher Aufgaben ab dem 1. Januar 2025 verpflichtet, bei ihren Planungen und Entscheidungen das Ziel der Klimaanpassung fachübergreifend und integriert zu berücksichtigen. Wenngleich das Berücksichtigungsgebot ein Abwägungskriterium bei Ermessensentscheidungen verbleibt, verdeutlichen die Vorgaben das Erfordernis der vorgehobenen Berücksichtigung von Klimaanpassungsmaßnahmen im Sinne der Klimarisikoversorge und stärken das Zustandekommen entsprechender Beschlüsse und Entscheidungen.

8. Klimaanpassung: Zentrales Handlungsfeld im regionalen Gefüge – das Beispiel Region Stuttgart

Christoph Hemberger, Thomas Kiwitt und Max Rodenbüsch

Konkrete Maßnahmen für die Entwicklung klimafester Städte und Gemeinden müssen insbesondere auf lokaler Ebene verbindlich geplant und umgesetzt werden. Denn nur Kommunen verfügen über die dazu notwendigen bauleitplanerischen Instrumente, Möglichkeiten der Bodenordnung oder den direkten Zugang zur örtlichen Bevölkerung. Allerdings verfügen nicht alle Kommunen über die dafür erforderlichen technischen und fachlichen Kapazitäten, um entsprechende Grundlagendaten zusammenzustellen, zu analysieren, geeignete Maßnahmen abzuleiten und umzusetzen.

Hinzu kommt, dass die Auswirkungen des Klimawandels nicht an Gemarkungsgrenzen haltmachen und dementsprechend auch Anpassungsmaßnahmen aus einer räumlichen Gesamtperspektive entwickelt werden müssen – unabhängig von der örtlichen administrativen Zuständigkeit.

Diese überfachliche und überörtliche Koordination ist Kernaufgabe der Regionalplanung. Im Rahmen dieses gesetzlichen Auftrags verfolgt der Verband Region Stuttgart eine integrierte Strategie, die formale Steuerung mit verbindlichen Zielaussagen, (Förder-)Instrumente der Regionalentwicklung und die Beratung der Gemeinden kombiniert.

Regionalplanung zur überörtlichen und überfachlichen Koordination

8.1 Weiterentwicklung der instrumentellen Grundlagen in ISAP

Die Aufgabenwahrnehmung orientiert sich dabei an den besonderen strukturellen Gegebenheiten: 179 Kommunen, von denen rund zwei Drittel weniger als 10.000 Einwohnende zählen, Verdichtungskerne mit einem überdurchschnittlichen Industrie- und Gewerbeflächenbesatz, eine ausgeprägte Topografie mit dichtbesiedelten Tallagen, aber auch weiträumige Agrarlandschaften und Waldflächen. Entsprechend vielfältig und differenziert stellen sich auch die Anforderungen an erforderliche Klimaanpassungsmaßnahmen dar. Schon sehr frühzeitig hatte der Verband Region Stuttgart einen „Regionalen Klimaatlas“ erarbeitet, der sowohl als Grundlage für Ausweisungen im Regionalplan wie auch den Kommunen als Information für einschlägige Aufgaben der Stadt- und Ortsplanung diene.

Im Rahmen des Forschungsprojekts ISAP (Integrative stadt-regionale Anpassungsstrategien in einer polyzentrischen Wachstumsregion) wurde dieses eingeführte Instrument umfassend weiterentwickelt. Dabei wurde neben einer Aktualisierung der Datenbasis eine Digitalisierung vorgenommen, die eine einfache und rasche Implementierung in Planungsabläufe erlaubt. Zudem wurde die Darstellung so optimiert, dass eine einfachere Verwendung auch in der Politikberatung und Partizipation der Öffentlichkeit möglich ist.

Abb. 16:
Lage der Region
Stuttgart in Baden-
Württemberg (links)
und Gliederung auf
Kreisebene (rechts);
Quelle: VRS 2026



Die Zielsetzung des Projektes adressiert dabei drei zentrale Ansatzpunkte für eine erfolgreiche Klimaanpassung:

- Wissenstransfer durch Übertragung wissenschaftlicher Erkenntnisse in die regionale und kommunale Planungspraxis,
- räumliche Koordination durch formale und informelle Planungsinstrumente und
- Umsetzung erforderlicher Maßnahmen.

8.2 Aufgabenverteilung im Multi-Governance-Modell und Rolle der Regionalplanung

Dabei ist es notwendig, dass diese Ansätze auf den jeweiligen Planungs-/Entscheidungsebenen verfolgt werden und somit auch ein vertikal integriertes Zusammenwirken zu erreichen ist. Neben einer abgestimmten und ineinandergreifenden Vorgehensweise soll damit auch eine höhere Begründungsqualität für planerische Festsetzungen sowie Investitionsentscheidungen gewährleistet werden.

Tab. 2:
Ebenen der Multi-
Level-Governance
für Klimaresilienz;
Quelle: Eigene
Darstellung

Ebene	Zentrale Funktion	Beitrag zur Klimaanpassung
Land Baden-Württemberg	• Rahmensetzung	• Strategische Zielsetzungen • Gesetzliche Vorgaben • Politische Unterstützung • Förderprogramme • Datenbereitstellung
Verband Region Stuttgart	• Regionale Strategien • Regionalplanung • Regionalentwicklung • Beratung und Kommunikation • Wissenstransfer	• Formale Ausweisungen • Modellprojekte und Unterstützungsangebote • Beratung der Kommunen • Einbindung Förderprogramm • Regionaler Landschaftspark • Datenbereitstellung (Regionaler Klimaatlas) • Datenerläuterung in Politikberatung und Öffentlichkeitsarbeit • Austausch in (inter)nationalen Netzwerken • Validierung
Landkreise	• Genehmigungsbehörde für Bauleitpläne und Vorhaben • Fachplanungsträger • Exponentenfunktion gegenüber Gemeinden	• Formale Verfahren/ Genehmigungen • Sektorale Fachplanungen • Aufsichtsfunktion • Fördermaßnahmen
Städte und Gemeinden	• Entscheidungsfindung • Bauleitplanung • Umsetzung/Finanzierung • Kommunikation • Partizipation der Öffentlichkeit	• Schaffung planungsrechtlicher Zulässigkeit • Konkrete Planung und Umsetzung von Maßnahmen der Klimaanpassung • Anreize für Umsetzung durch Private
Wissenschaft	• Forschung • Wissensgenerierung • Beratung	• Daten • Methoden • Evaluation • Transdisziplinärer Transfer • Erläuterung/Einordnung von Daten und Methoden

Dem Verband Region Stuttgart kommt dabei neben der formalen Aufgabe der Regionalplanung mit dem Regionalen Klimaatlas die Bereitstellung einer digitalen Wissensinfrastruktur zu. Diese macht Klimakenngrößen, Analysekarten und Planungshinweise für die Städte und Gemeinden in der Region kostenfrei, anschaulich und (nahezu) allgemeinverständlich zugänglich. Le-sehilfen und weitergehende Erläuterungen erhöhen dabei den praktischen Nutzwert. Dabei ist von besonderer Bedeutung, dass im Rahmen des gesetzlichen Beratungsauftrags des Trägers der Regionalplanung klimatische Erfordernisse in eine interdisziplinäre Gesamtschau eingebunden werden. Regelmäßig auftretende Zielkonflikte – etwa zwischen baulicher Nachverdichtung, Offenhaltung von Frischluftschneisen, Bereitstellung von Gewerbe-/ Wohnbauflächen – können somit zumindest reduziert werden. Dies mindert auch den in der Planungspraxis bisweilen zu beobachtenden Steuerungsverlust aufgrund gleichwertiger, aber unvereinbarer Zielstellungen, der im kommunalen Entscheidungsprozess bisweilen nur unzureichend bewältigt werden kann. In diesem Zusammenhang ist die Möglichkeit zur digitalen Zusammenführung (Überlagerung einzelner Kartenlayer) eine besonders wichtige

Die Überarbeitung des Regionalen Klimaatlas soll dessen Wirksamkeit weiter erhöhen.

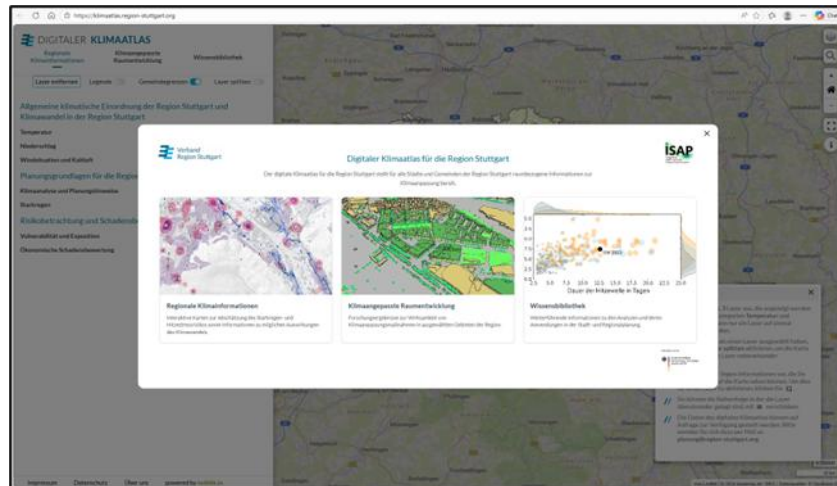
Funktion, die es erlaubt, zum Beispiel klimatische und soziale Aspekte gleichzeitig zu betrachten und in Beziehung zu setzen. Dies ermöglicht die Identifizierung von Konfliktlagen und Handlungsschwerpunkten zur Optimierung einer wissensbasierten Abwägungsentscheidung in Planungsprozessen sowie die Verortung beziehungsweise Priorisierung von Umsetzungsmaßnahmen – und schafft damit nicht nur mehr Transparenz, sondern verbessert auch die rechtliche Belastbarkeit getroffener Entscheidungen und kann zu einer erhöhten Effizienz eingesetzter Ressourcen beitragen.

Gerade für kleinere Kommunen ohne entsprechende Fachabteilung kann auf der Grundlage bereitgestellter, fachlich belastbarer und von einfach zu handhabenden Daten eine verbesserte Bewältigung bestehender Anpassungserfordernisse erreicht werden. In der angespannten und sich weiter zuspitzenden Situation kommunaler Haushalte – die zum Beispiel die Vergabe externer Beratungsleistungen erheblich erschwert – ist diese Wirkung ein ganz wesentlicher Beitrag zur kontinuierlichen Verbesserung der klimabezogenen Resilienz der Kommunen. Wichtig ist dabei, dass die relevanten Grundlagen nicht nur abgerufen werden können, sondern auch Bestandteil des Kommunikations- und Beratungsangebotes sind – also nicht nur zum „Download“ bereitstehen, sondern auch Inhalt von Sachvorträgen in Gemeinderatssitzungen oder im Rahmen der Öffentlichkeitsinformation sind.

Darüber hinaus dient die Anwendung in der Planungspraxis auch der Überprüfung des Klimaatlas und damit der weiteren Optimierung der Wissensbasis und insbesondere der Anwendungsfreundlichkeit. Von herausragender Bedeutung ist dabei die im Projektablauf intensiv vorgenommene Rückkopplung mit den Kommunen als maßgebliche Adressaten. Genutzt wird zudem der Fachaustausch in nationalen und internationalen Netzwerken. So wurde die Vorgehensweise im Rahmen des ISAP-Projektes nicht nur in Facharbeitskreisen der Regionalplanung in Baden-Württemberg vorgestellt, sondern auch in unterschiedlichen Foren der Akademie für Raumentwicklung in der Leibniz-Gemeinschaft (ARL) erörtert. Im internationalen Kontext fand ein entsprechender Austausch im Netzwerk Europäischer Metropolregionen (MET-REX) und mit der US-amerikanischen Partnerregion in Nord-Virginia statt.

Zudem wurden durch die Arbeiten auch weitere Pilotprojekte initiiert. Besonders hervorzuheben ist in diesem Zusammenhang das in enger Kooperation mit dem Landkreis Böblingen durchgeführte Kooperationsprojekt „KlimaBB – Klimaanpassung im Landkreis Böblingen“ (Verband Region Stuttgart 2022). Für die 26 kreisangehörigen Kommunen wurden auf Basis des Klimaatlas Verwundbarkeitsanalysen, Planungshinweise und Maßnahmenkataloge erarbeitet. Diese Vorhaben wurden vom Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg als beispielgebend ausgezeichnet. Es zeigt exemplarisch, wie der Klimaatlas über die beteiligten Verwaltungsebenen in die Fläche getragen werden kann und dort auch die Zusammenarbeit mit den Klimaschutzbeauftragten der Kreise und Kommunen intensiviert.

Abb. 17:
Startseite des Klima-
atlas; Quelle:
<https://klimaatlas.region-stuttgart.org/>



Der Mehrwert des Klimaatlas liegt nicht allein in der Verfügbarkeit von Daten, sondern auch in den einordnenden und erklärenden Informationen, welche die konkrete Datennutzung erleichtern.

Der mit ISAP verfolgte Mehr-Ebenen-Ansatz erlaubt es, ein ausgeprägtes Querschnittsthema wie die Anpassung an die Auswirkungen des Klimawandels erfolgreich in Verwaltungsstrukturen zu bearbeiten, die in unterschiedliche Zuständigkeitsebenen und fachliche Sektoren gegliedert sind. Die Einbindung des Verbands Region Stuttgart als Träger der Regionalplanung erweist sich dabei als hilfreich, da bestehende Strukturen der vertikalen Integration („Gegenstromprinzip“) sowie auch der fachübergreifenden Abstimmung genutzt werden können.

Die Projektförderung im Rahmen von ISAP stellt dabei eine solide Grundlage für die erforderlichen strukturellen Ergänzungen dar. Wobei die Zielsetzung des Projektes auf eine Verstetigung der Aufgabenwahrnehmung über die Projektlaufzeit hinaus ausgerichtet ist.

8.3 Erfolgsfaktoren des Ansatzes

Im Rahmen von ISAP wird ein wirksamer und innovativer Ansatz entwickelt, wie der Wissenstransfer in einer Mehr-Ebenen-Governance umgesetzt werden kann. Anzumerken ist dabei, dass Klimaanpassung trotz der gesetzlich verankerten Vorgaben im Baugesetzbuch oder den landesrechtlichen Bestimmungen im Klimagesetz Baden-Württemberg nicht überall als „Pflichtaufgabe“ verstanden wird.

Vor diesem Hintergrund lassen sich aus den bisherigen Erfahrungen aus ISAP und dem planungspraktischen Einsatz der entwickelten Instrumente einige zentrale Erfolgsfaktoren ableiten. So ist die institutionelle Verankerung der Klimaanpassung als über die formale und informelle Regionalplanung vermittelter Belang von besonderer Bedeutung. Der Klimaatlas und die dazugehörigen Beratungsangebote sind fester Bestandteil der Aufgabenwahrnehmung des Verbands Region Stuttgart. Damit kann erreicht werden, dass dieses Thema über die Einbindung des Trägers der Regionalplanung unmittelbar Eingang in Bauleitpläne, aber auch informelle Stadt-/Ortsentwicklungskonzepte findet. Die vonseiten der Regionalplanung per se zu vertretende überfachliche Perspektive gewährleistet dabei auch eine entsprechende Querschnittsorientierung und Integration klimarelevanter Aspekte in Gesamtkonzepte zur räumlichen Entwicklung. Klimaanpassung wird somit nicht als isolierte Aufgabe verstanden, sondern ist integraler Bestandteil von Strategien im Kontext anderer wichtiger Entwicklungsaufgaben wie Wohnraumschaffung, Bewältigung des Strukturwandels, Organisation der

Energie- und Mobilitätswende. Die damit verbundene Berücksichtigung klimatischer Belange bei der Erfüllung möglicherweise höher priorisierter Aufgabenstellungen erlaubt es zudem, mögliche Synergieeffekte bei der Umsetzung erforderlicher Maßnahmen zu mobilisieren: Klimaanpassung wird ein Element etwa bei der Neuausweisung bzw. Überplanung von Wohn- oder Gewerbegebieten und kann damit schneller und kostengünstiger erreicht werden.

Ebenso bedeutsam sind stabile Arbeits- und Austauschbeziehungen zwischen den unterschiedlichen Verwaltungsebenen wie auch den wissenschaftlichen Partnern. Der Klimaatlas fungiert hierbei als gemeinsame fachliche Referenz und unterstützt die sach- und zielorientierte Kommunikation zwischen den genannten Akteuren. Die enge Kooperation mit Wissenschaftseinrichtungen trägt dazu bei, dass aktuelle Forschungsergebnisse in anwendungsorientiertes Planungswissen übersetzt werden können – aber auch Praxiserfordernisse in den wissenschaftlichen Kontext zurückreflektiert werden.

Für die in der Region Stuttgart besonders ausgeprägte Kooperation in nationalen und internationalen Fachnetzwerken bleibt darüber hinaus auch die stetige Rückkopplung mit Praxispartnern in anderen Regionen ein entscheidendes Instrument der Qualitätssicherung und Weiterentwicklung eingesetzter Instrumente.

Abb. 18:
Herausforderungen und
Erfolgsfaktoren des
Mehr-Ebenen-Ansatzes;
Quelle: Eigene Dar-
stellung

Herausforderungen	Erfolgsfaktoren
Unverbindlichkeit Klimaanpassung kann im Rahmen von Abwägungsprozessen oft nicht durchgesetzt werden	Integration in Bauleitplanung & Regionalplanung z. B. formale Festsetzungen – aber auch begleitende Unterstützung
Fehlende Ressourcen z. B. investive Mittel, Personal, Wissen	Institutionelle Verankerung und stabile Netzwerke Einbindung von Know-how und Nutzung von Synergieeffekten
Fehlende / unzureichende Daten-Grundlagen Klimadaten oft nicht verfügbar oder nutzbar	Kostenfreie Datenbereitstellung, Aktualisierung und Validierung Regionaler Klimaatlas für alle Kommunen in der Region Stuttgart
Unsichere Klimaprojektionsdaten Entscheidungen unter Unsicherheit	Klimaatlas als gemeinsame Referenz Sachorientierte Kommunikation, Verbesserung der Begründungsqualität
Unzureichende Koordination eines ausgeprägten Querschnittsthemas Zahlreiche Schnittstellen zwischen Verwaltungsebenen und fachrechtlichen Zuständigkeiten	Integration in räumliche Gesamtplanung auf regionaler und lokaler Ebene Nutzung bestehender Strukturen
Neue Herausforderungen z. B. Starkregenrisiken, Klimagerechtigkeit, Verstetigung nach Projektende	Beschleunigte Innovation der Planungspraxis durch Wissenschaftskooperation Forschung wird anwendbares Planungswissen

8.4 Ausblick

Das Engagement des Verbands Region Stuttgart in Forschungs- und Modellvorhaben ist regelmäßig darauf ausgerichtet, die Wahrnehmung der gesetzlichen Pflichtaufgaben effizienter und zielführender bewerkstelligen zu können – und Einzelthemen dabei stets in ihren Wechselwirkungen mit anderen Aspekten und Raumansprüchen zu betrachten. Wichtig ist dabei auch die Funktion als „Servicestelle“ insbesondere für jene Gemeinden, die nicht über eigene Fachstellen zur Behandlung spezifischer Themenstellungen verfügen. Vor diesem Hintergrund sind im Rahmen der anstehenden dritten Phase von ISAP insbesondere die folgenden Aspekte von besonderer Bedeutung:

- Begleitung des Rems-Murr-Kreises bei der Erstellung eines Klimaanpassungskonzeptes nach den Vorgaben des Klimagesetzes Baden-Württemberg;
- Erstellung eines Leitfadens zur Integration von Klimainformationen in die kommunale Bauleitplanung – auch unter Berücksichtigung aktueller rechtlicher Regelungen („Bauturbo“);
- Erprobung des Einsatzes von Klimainformationen für die weitere Qualifizierung von Gewerbe-/Industriegebieten als Teil der Entwicklung des Wirtschaftsstandortes (in Kooperation mit der IHK Region Stuttgart).

Auch für die regionale Aufgabenwahrnehmung sollen die gewonnenen Erkenntnisse im weiteren Verlauf des Forschungsvorhabens nutzbar gemacht werden. Gezielt wird dabei insbesondere die Erhöhung der Resilienz gegenüber den mit dem Klimawandel verbundenen Risiken angestrebt. Dazu sollen

Starkregengefahrenkarten in die Konzeption der anstehenden Gesamtfortschreibung des Regionalplanes integriert und eine Risikoanalyse für kritische Infrastrukturen durchgeführt werden.

Die notwendige Verstetigung baut nicht nur auf den vorgenannten strukturellen Erfordernissen auf, sondern benötigt auch technische Voraussetzungen. Wesentlich ist dabei zunächst die Aktualisierung der Klimadaten sowie deren Verknüpfung mit den Grundlagendaten des bundesweiten Klimafolgenhubs. Organisiert wird in diesem Zusammenhang auch der dauerhafte Betrieb des Klimaatlas einschließlich Hosting, Wartung und Datenpflege. Neben dieser technischen Weiterentwicklung sollen auch die Zugänglichkeit und Nutzerfreundlichkeit weiter optimiert werden. Dies erfolgt auf der Grundlage einer systematischen Evaluation des bisherigen Einsatzes.

Neben der Verbreitung der Ergebnisse über nationale und europäische Netzwerke wird für den Frühsommer 2027 eine Fachveranstaltung vorbereitet. Zudem erfolgt ein Transfer der regionalen Strategie zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels in die benachbarte Region Neckar-Alb.

Trotz der immer deutlicher zutage tretenden Auswirkungen des Klimawandels bleiben die Ressourcen zur Anpassung an diese Veränderungen vielfach begrenzt. Hier können skalierbare Ansätze helfen, wie sie im Rahmen von ISAP mit einer besonders tragfähigen Partnerschaft aus öffentlichen und privaten Stellen, Planungspraxis und Wissenschaft entwickelt wurden.

9. Impulse aus der Anwendungserprobung und Evaluierung des Digitalen Klimaatlas

Mascha Overath und Moritz Frese

Die Anwendungserprobung und Evaluierung des Digitalen Klimaatlas für die Region Stuttgart erfolgten durch das Deutsche Institut für Urbanistik (Difu) in enger Zusammenarbeit mit dem Verband Region Stuttgart (VRS). Der Klimaatlas ist als unterstützendes Instrument für die Stadt- und Regionalplanung konzipiert und soll zur klimaangepassten Entwicklung von Siedlungs- und Freiraumstrukturen der Region beitragen. Voraussetzung für eine erfolgreiche Anwendung sind dabei die Berücksichtigung unterschiedlicher Anforderungen der Nutzenden und eine Integration in bestehende Planungs- und Verwaltungsprozesse. Im Fokus der Evaluierung des Klimaatlas standen daher insbesondere die Verständlichkeit der Inhalte, die Darstellung und Aufbereitung der Inhalte und deren Anwendbarkeit und Integration in die Verwaltungspraxis. Die gewonnenen Erkenntnisse helfen dabei, den Klimaatlas weiterzuentwickeln, und liefern allgemein Hinweise für die Konzeption und Nutzung von digitalen Klimainformationsdiensten in anderen Regionen sowie auf Landes- und Bundesebene.

9.1 Methodik der Evaluierung und Anwendungserprobung

Die Anwendungserprobung und Evaluierung basieren auf einem mehrstufigen Vorgehen, das qualitative und quantitative Methoden kombiniert. Zentrale Bausteine waren die Durchführung von zwei Fachworkshops sowie einer ergänzenden Online-Befragung, die sich an Vertreter:innen aus den Bereichen Klimaanpassung, Stadt- und Raumplanung, Digitalisierung sowie Klima und Umwelt des VRS, der Landeshauptstadt Stuttgart und weiteren Kommunen der Region Stuttgart richteten.⁴

Zwei Fachworkshops und eine regionsweite Online-Befragung liefern Hinweise zur Praxistauglichkeit.

Der erste Fachworkshop (18.3.2025) mit 14 Vertreter:innen insbesondere aus der Regional- und Bauleitplanung diente der initialen Anwendungserprobung des Tools. Der Klimaatlas wurde dabei mit Hilfe eines interaktiven Bildschirms anhand zweier realer Praxisbeispiele, darunter ein klassisches Bebauungsplanverfahren sowie ein mögliches Regionalplanänderungsverfahren, gemeinsam getestet. Ein zweiter Fachworkshop fand am 26.2.2026 mit 17 Teilnehmenden statt und fokussierte auf die Anforderungen der formellen und informellen Planung im Kontext der Klimaanpassung. Ergänzend führte das Difu zwischen dem 18.9. und 7.10.2025 eine regionsweite Online-Befragung durch, an der sich 22 Kommunen beteiligten.

⁴ Die Auswertung stützt sich auf zwei interne Fachworkshops (18.3.2025 und 26.2.2026) sowie auf eine vom Difu durchgeführte Online-Befragung von 22 Kommunen der Region Stuttgart (18.9.–7.10.2025).

Abb. 19:
Interaktive Arbeitsphase
zur Sammlung von
Fragestellungen und
Anwendungsfällen im
ersten Fachworkshop
(18.3.2025, Difu); Foto:
Mascha Overath



Die Evaluierungsfragen wurden aus den im Vorgängerprojekt ISAP I (2020–2023) ermittelten Anforderungen der Nutzenden abgeleitet und entlang dieser drei Kategorien strukturiert:

- Verständlichkeit der Inhalte
- Darstellung und Aufbereitung der Inhalte
- Anwendbarkeit und Integration in die Praxis

Die Erkenntnisse und Ergebnisse aus den Fachworkshops und der Online-Befragung werden daher nachfolgend entlang dieser drei Kategorien zusammengeführt. Sie liefern Impulse für die bedarfsgerechte Weiterentwicklung des Digitalen Klimaatlas der Region Stuttgart und können darüber hinaus auf die Konzeption und Optimierung weiterer Klimainformationsdienste oder eines bundesweiten Klimakatasters übertragen werden.

Einordnung der Stichprobe der Online-Befragung: Die befragten Kommunen sind überwiegend von Klimafolgen betroffen. 20 von 22 berichteten von Betroffenheiten durch Extremwetterereignisse der vergangenen zehn Jahre, insbesondere durch Starkniederschläge (19) und Hitzeperioden (18). Entsprechend hoch ist der wahrgenommene Handlungsbedarf: 16 von 22 Kommunen schätzen ihn als hoch oder sehr hoch ein. Gleichzeitig verfügt bislang nur eine Minderheit über Personal, das überwiegend Aufgaben der Klimaanpassung wahrnimmt. In lediglich 9 von 22 Kommunen sind sog. Klimaanpassungsmanager:innen tätig, und nur knapp ein Drittel verfügt bereits über ein fertiges Klimaanpassungskonzept. Gerade vor diesem Hintergrund ist die Nachfrage nach einer niedrighschwelligen, regionsweiten Datengrundlage groß.

Hoher Handlungsbedarf trifft auf knappe personelle Ressourcen in den Kommunen

9.2 Anwendungserprobung und Evaluierung des Digitalen Klimaatlas der Region Stuttgart

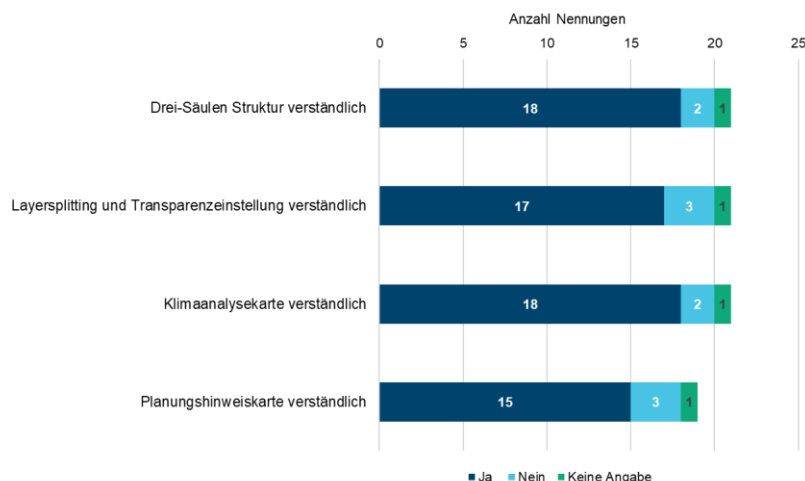
9.2.1 Verständlichkeit der Inhalte

Die Verständlichkeit der im Klimaatlas bereitgestellten Informationen entscheidet darüber, ob der Klimaatlas ohne hohe Einstiegshürden in kommunale Planungs- und Verwaltungsprozessen integriert werden kann. Wer die

Karten und Analysen ohne intensive Einarbeitung versteht, nutzt sie eher im Verwaltungsalltag. Gleichzeitig sollte eine Fehlinterpretation der Daten vermieden werden.

Der allgemeine Aufbau des Klimaatlas mit seinen drei Säulen wurde von den Befragten als gut verständlich und logisch strukturiert bewertet: In der Online-Befragung beurteilten 18 von 21 Antwortenden die Drei-Säulen-Struktur als verständlich. Die erste Säule bündelt regionale Klimainformationen zu Themen wie Hitze, Starkregengefahren, Kaltluftströmungen und Vulnerabilität in Form von interaktiven Karten. Nutzende können hier verschiedene Daten-Layer auswählen, diese kombinieren und so hinsichtlich ihrer Fragestellungen gezielt analysieren. In der zweiten Säule werden in Form eines „Scrollytellings“ aufbereitete Erläuterungen und Analysen zur klimaangepassten Raumentwicklung auf Grundlage der im ISAP-Projekt gewonnenen Forschungsergebnisse zugänglich gemacht. Hier werden unter anderem Modellierungen zur Wirksamkeit von Anpassungsmaßnahmen in ausgewählten Fokusgebieten der Region Stuttgart dargestellt. Die dritte Säule bildet die Wissensbibliothek, in der grundlegendes Wissen zur Klimaanpassung sowie weiterführende Informationen zu den Analysen und deren Anwendungen in der Stadt- und Regionalplanung bereitgestellt werden.

Abb. 20:
Bewertung der Verständlichkeit und Nutzbarkeit zentraler Inhalte des Klimaatlas;
Quelle: Online-Befragung 2025, Difu



Die Evaluierung hat gezeigt, dass einzelne Inhalte, insbesondere Karten, Legenden und Lesehilfen, sich fachfremden Anwender:innen nicht immer sofort erschließen. Das liegt vor allem an der Heterogenität der potenziellen Anwendungsgruppen und der verschiedenen im Tool adressierten Planungsebenen. Teilweise bestand beispielsweise Unsicherheit darüber, ob bestimmte Informationen eher für die Regional- oder die kommunale Bauleitplanung vorgesehen und wie verbindlich sie einzuordnen sind. Für einzelne Befragte blieb zudem offen, ob der Klimaatlas sich vorrangig an die Fachebene oder an die breite Öffentlichkeit richtet. Da sich diese Fragen durch viele Rückmeldungen zogen, bleibt die Schärfung der Zielgruppe ein Verbesserungspotenzial für die Weiterentwicklung.

Schärfung der Zielgruppe und stärkere zielgruppenspezifische Differenzierung als ein Verbesserungspotenzial

Die Wissensbibliothek wurde insgesamt als verständlich eingeschätzt, jedoch wurde auch diese hinsichtlich ihrer Zielgruppenansprache differenziert bewertet: In der Befragung hielten 12 von 21 Antwortenden die Texte für fachkundige Nutzende, 7 aber auch für Laien verständlich. Für fachfremde Nutzende erscheint sie stellenweise zu komplex, während für Fachkundige teils konkrete Anwendungsbezüge fehlten. Als Weiterentwicklungen wurden daher eine stärkere zielgruppenspezifische Differenzierung der Inhalte nach

Informationsdichte und Detailtiefe, ergänzende Best-Practice-Beispiele, ein klar strukturiertes Begriffslexikon in einfacher Sprache sowie eine Schlagwortsuche angeregt.

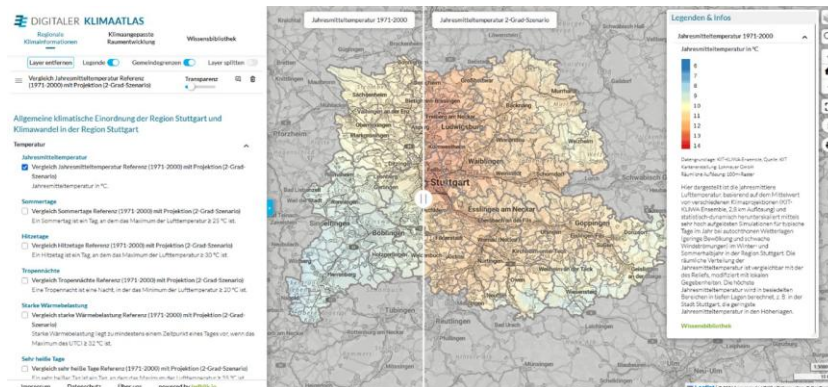
9.2.2 Darstellung und Aufbereitung der Inhalte

Die visuelle und funktionale Gestaltung von Klimainformationssystemen entscheidet oft darüber, ob sie überhaupt zum Einsatz kommen. Eine übersichtliche Darstellung der Karteninhalte und intuitive Bedienmöglichkeiten können wesentlich zur Akzeptanz des Tools beitragen.

Besonders positiv bewertet wurde die Layersplitting-Funktion, die eine vergleichende Analyse unterschiedlicher Klimaszenarien ermöglicht: In der Online-Befragung beurteilten 17 von 21 Antwortenden das Layersplitting und die Transparenzeinstellung als hilfreich. Konkret erlaubt diese den Vergleich der Jahresmitteltemperaturen der Referenzperiode 1971–2000 mit Projektionen im 2-Grad-Klima-Szenario und unterstützt damit die Einordnung zukünftiger klimatischer Entwicklungen.

Das Layersplitting macht den Vergleich von Klimaszenarien anschaulich.

Abb. 21:
Oberfläche des Digitalen Klimaatlas mit der Layersplitting-Ansicht: Vergleich des Referenzzeitraums 1971–2000 (links) mit einer um 2 °C wärmeren Welt (rechts);
Quelle:
<https://klimaatlas.region-stuttgart.org/>, letzter Zugriff am 22.5.2026



Obwohl im Bereich der Klimaanpassung häufig keine verbindlichen Grenzwerte bestehen, werden möglichst exakte Orientierungswerte und Datengrundlagen als sehr hilfreich für die fachliche Einordnung betrachtet. Der Bedarf nach konkreteren und besser differenzierbaren Datenwerten in den Karten wurde während der Anwendungserprobung von den Teilnehmenden deutlich hervorgehoben. Eine transparente Darstellung der Datengrundlagen und der zugrunde liegenden Methodik ist daher von wesentlicher Bedeutung.

Die im Klimaatlas verwendeten Farbskalen und Wertebereiche wurden teils als nicht ausreichend eingeschätzt, insbesondere wenn Karten für planerische Begründungen herangezogen werden sollen. Mehrere Teilnehmer:innen der Workshops schilderten zudem, dass die Farben der Layer nicht immer eindeutig den Farben der Legende zuzuordnen seien. Gewünscht wurden ergänzende Angaben etwa zu konkreten Temperaturwerten, zur Anzahl von Hitzetagen oder zu Wassertiefen, möglichst auch in absoluten Zahlen für den jeweiligen Untersuchungsraum.

Insbesondere die Bereitstellung exakter Pixelwerte wurde dabei jedoch kritisch diskutiert. Viele Klimainformationen im Atlas beruhen auf modellierten und interpolierten Datensätzen, die räumliche Unschärfen enthalten. Exakte Pixelwerte in den Karten könnten als exakte Messwerte fehlinterpretiert und damit eine Präzision suggeriert werden, welche die Methodik der Datenermittlung jedoch nicht entspricht. Daher wurden von dem Projektteam

Transparenz über Datengrundlagen und Unsicherheiten ist Voraussetzung für die fachliche Nutzung.

aggregierte Wertebereiche und klassifizierte Darstellungen als fachlich angemessener Kompromiss zwischen Aussagekraft und transparenter Unsicherheitskommunikation bewertet.

Ergänzend wurden von den Nutzenden Anforderungen an die technische und räumliche Weiterentwicklung des Klimaatlas formuliert. Insbesondere eine höhere räumliche Auflösung für kleinere Kommunen wurde als wünschenswert eingeschätzt, um die Nutzbarkeit auf Ebene der Bauleitplanung zu verbessern. Darüber hinaus wurden die Bereitstellung der Karten als WMS-Dienst sowie die Möglichkeit georeferenzierter Exporte als wichtige Voraussetzungen für die Integration in bestehende GIS-Anwendungen in den Fachabteilungen bewertet. Die mobile Nutzbarkeit des Klimaatlas, also dass dieser auch auf Smartphones oder Tablets funktioniert, wurde insbesondere für Vor-Ort-Termine sowie für Beteiligungs- und Kommunikationsprozesse als hilfreich beurteilt.

Im Zusammenhang mit der Planungshinweiskarte wurde zudem die Einführung von sogenannten „Pop-Ups“ als Weiterentwicklung vorgeschlagen. Die Planungshinweiskarte dient der Bewertung lokalklimatischer Gegebenheiten hinsichtlich planungsrelevanter Belange und weist Flächen differenzierte Hinweise zu möglichen Nutzungsänderungen bzw. erforderlichen Handlungsschritten im Kontext der Klimaanpassung zu. Mit „Pop-Ups“ könnten diese Flächenbewertungen um kurze Erläuterungen ergänzt werden und so die Interpretation planerischer Aussagen erleichtern.

9.2.3 Anwendbarkeit und Integration in die Praxis

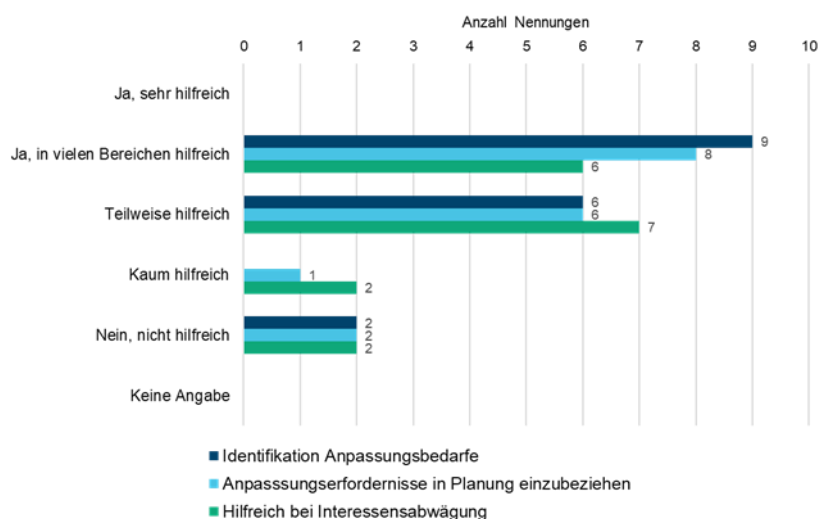
Insgesamt wurde der Klimaatlas von den Teilnehmenden als deutlicher Mehrwert für die kommunale und regionale Planung bewertet: Um Anpassungsbedarfe an die Folgen des Klimawandels zu identifizieren, fanden ihn 9 von 17 Antwortenden in vielen Bereichen und 6 teilweise hilfreich. Ähnlich fiel die Einschätzung dazu aus, ob er hilft, Anpassungserfordernisse besser in Planungen und Entscheidungsprozesse einzubeziehen. Hier werteten 8 von 17 mit „in vielen Bereichen hilfreich“ und 6 mit „teilweise hilfreich“.

15 von 17 Befragten finden den Atlas hilfreich, um Anpassungsbedarfe zu identifizieren.

Als besonders relevant für die tägliche Praxis wurden die Planungshinweiskarte, die Darstellung der Kaltluftströme, die Starkregengefahrenkarten sowie die Vulnerabilitätsanalysen hervorgehoben. Der Klimaatlas wird dabei primär als unterstützendes Informations- und Orientierungsinstrument verstanden. Er macht klimabezogene Betroffenheiten sichtbar, zeigt planerische Konflikte frühzeitig auf und kann Anpassungsbedarfe fachlich untermauern. In strategischen Planungsprozessen kann er beispielsweise zur Sicherung klimarelevanter Freiflächen oder zur Priorisierung von Räumen mit besonderem Anpassungsbedarf beitragen.

Sichtbar machen, Konflikte aufzeigen, Bedarfe begründen: Der Atlas unterstützt die Abwägung.

Abb. 22:
Einschätzung des
Nutzens des Klimaatlas
für die Planungspraxis
entlang dreier Kern-
fragen, n=17; Quelle:
Online-Befragung 2025,
Difu



Im Rahmen formeller Planungsinstrumente wurden verschiedene Einsatzmöglichkeiten diskutiert, zum Beispiel die Integration in das VRS-WebGIS, die Regionalplanfortschreibung sowie die Strategische Umweltprüfung (SUP). Auch ein expliziterer Bezug auf den Klimaatlas in Stellungnahmen des VRS wurde als sinnvoll erachtet. Besonders für die Flächennutzungsplanung wurde der Atlas als wertvolle Datengrundlage eingeschätzt. Um den Klimaatlas für Stellungnahmen in der Bauleitplanung zu nutzen, wurde von den Teilnehmenden der Workshops der Wunsch nach standardisierten Textbausteinen zur Berücksichtigung von Klimabelangen geäußert, die im Klimaatlas bereitgestellt werden könnten. Zugleich wurde betont, dass Klimaanpassung in der Gesamtabwägung stets ein Belang unter vielen bleibe und daher möglichst frühzeitig in strategische Planungsprozesse eingebracht werden sollte, da über wesentliche Flächenentscheidungen häufig schon vor der Bebauungsplanebene entschieden werde.

Klimaanpassungsbe-
lange sollten früh in die
Planung einfließen, be-
vor Flächenentschei-
dungen feststehen

Neben Einsatzmöglichkeiten wurden auch Grenzen der Anwendbarkeit für formelle Planungsinstrumente benannt. Für die direkte Nutzung auf Bebauungsplanebene reicht die räumliche Auflösung der Daten nach Einschätzung der Nutzenden häufig nicht aus. Der Klimaatlas wurde daher vor allem als fachlicher Hinweisgeber und Argumentationsgrundlage und weniger als unmittelbar verbindliches Planungsinstrument eingeschätzt. Die Online-Befragung bekräftigte diesen Eindruck: Dass sich aus der Planungshinweiskarte konkrete planerische Aussagen oder Handlungserfordernisse ableiten lassen, bestätigte nur die Hälfte der Antwortenden (10 von 20). Die Übersetzung von klimatologischen zu planerischen Aussagen ließe sich im Klimaatlas also noch weiter stärken.

Gleichzeitig zeigen die Rückmeldungen, dass die bloße Bereitstellung guter Daten nicht ausreicht. Ob Klimaanpassung in der formellen Planung tatsächlich umgesetzt wird, hängt nach Ansicht einiger Befragter vor allem von den Rahmenbedingungen in den Kommunen ab, etwa von ausreichenden personellen und finanziellen Kapazitäten, von geeigneten Strukturen im Planungsprozess und von der Priorisierung der Klimaanpassung gegenüber anderen Aufgaben.

Auch im Bereich der informellen Planung wurden von den Teilnehmenden der Workshops Potenziale des Klimaatlas identifiziert. In Klimaanpassungskonzepten, Vulnerabilitätsanalysen oder integrierten Stadtentwicklungskonzepten (ISEK) kann der Klimaatlas auf strategischer Ebene dabei

unterstützen, belastete Räume zu identifizieren und Betroffenheiten und Handlungsfelder zu priorisieren. Darüber hinaus kann er die ämterübergreifende Zusammenarbeit fördern. Im Austausch und in der Zusammenarbeit mit Kolleg:innen können mit Hilfe des Klimaatlas komplexe Klimarisiken anschaulich visualisiert und damit auch die Sensibilisierung innerhalb der Verwaltung unterstützt werden. Mehrfach wurde er als „motivierendes Element“ für die Einbindung weiterer Ämter beschrieben. Auch für die Kommunikation mit Politik und Öffentlichkeit wurde er als hilfreich eingeschätzt, insbesondere bei der Vermittlung langfristiger Klimafolgen und zur Verdeutlichung der Folgen und Kosten des Nichthandelns auch über politische Wahlperioden hinweg.

Über die praktische Anwendung in formellen und informellen Planungsprozessen hinaus ergaben sich aus der Anwendungserprobung und Evaluierung einige weitere übergreifende Befunde zur Anwendbarkeit und Integration in die Praxis. Der allgemeine Mehrwert des Klimaatlas wurde vereinzelt dann zurückhaltender bewertet, wenn Kommunen bereits über eigene, kleinräumigere Fachdaten verfügen. Hier könnte ein zusätzliches Angebot die vorhandene Datenlage eher unübersichtlicher machen. Umgekehrt dürfte der Klimaatlas dort einen wichtigen Mehrwert bieten, wo Kommunen nicht über eigens erhobene klimaanpassungsrelevante Daten verfügen, was üblicherweise auf kleinere Kommunen zutrifft. In diesem Zusammenhang wurde auch die Frage nach der Abgrenzung zu weiteren bestehenden Angeboten wie dem Klimaatlas Baden-Württemberg und somit nach einer eindeutigeren Adressatenansprache aufgeworfen. Eine klare Positionierung des Klimaatlas für die Region Stuttgart im bestehenden Datenumfeld erscheint daher wesentlich für seine Akzeptanz. Hieran anknüpfend könnte der Klimaatlas als Standardreferenz in Klimaanpassungskonzepten der Region stärker verankert und der Bekanntheitsgrad gerade in kleineren Kommunen der Region gezielter ausgebaut werden.

Der Klimaatlas als Brückenbauer innerhalb der Verwaltung

9.3 Fazit und Ausblick

Ein gut aufgebautes Klimainformationssystem stellt eine wichtige Unterstützungshilfe für die kommunale und regionale Klimaanpassung dar, der Austausch mit den Anwender:innen des Digitalen Klimaatlas hat aber auch gezeigt, dass sein Vorhandensein nicht zwangsläufig zu politisch-administrativem Handeln führt. Der Weg von der Bereitstellung neuer Informations- und Analyseinstrumente bis hin zur Umsetzung von konkreten Maßnahmen ist ein entscheidender Schritt mit ganz eigenen Anforderungen. Idealerweise treffen belastbare Klimadaten und geeignete Analysewerkzeuge auf gefestigte, organisatorische, finanzielle und personelle Rahmenbedingungen, damit wirksames Klimahandeln entsteht.

Die Anpassung an die Folgen des Klimawandels ist eine Querschnittsaufgabe. Bei der Erstellung eines Klimaanpassungskonzeptes und der Umsetzung von Maßnahmen sind viele verschiedene Fachressorts involviert, von der Stadt- und Regionalplanung bis hin zu Fachämtern für Grünflächen, Stadtentwässerung, Gesundheit und vielen anderen. Die Klimaanpassung hängt daher entscheidend von der ämterübergreifenden Zusammenarbeit ab. Die Einrichtung einer Koordinationsstelle für „Klimaanpassungsmanagement“ kann hierfür ein sinnvoller Schritt sein. Klimaanpassungsmanager:innen können als Bindeglied zwischen den verschiedenen Fachabteilungen fungieren, unterstützt durch Klimainformationssysteme, die eine wichtige

Übersetzungsfunktion zwischen verschiedenen Disziplinen und Fachperspektiven hinweg bieten können. In der Praxis zeigt sich, dass hier noch Verbesserungsbedarf besteht. Die Online-Befragung zur Evaluierung des Klimainformationssystems hat ergeben, dass bislang 9 der 22 befragten Kommunen der Region Stuttgart Personal beschäftigen, das überwiegend Aufgaben des Klimaanpassungsmanagements wahrnimmt.

Hinzu kommt, dass Aufgaben der Klimaanpassung und des Klimaschutzes bislang größtenteils zu den freiwilligen Selbstverwaltungsaufgaben gehören und damit in direktem Wettbewerb mit anderen kommunalen Aufgaben stehen. Die Ergebnisse des aktuellen OB-Barometers machen deutlich, dass die kommunalen Haushalte einem immer größeren finanziellen Druck ausgesetzt sind (Difu, 2026). Damit steigt das Risiko, dass der Handlungsspielraum für freiwillige Aufgaben zunehmend eingeschränkt wird. Die eigentlichen Hindernisse bei der Klimaanpassung liegen vor allem im organisatorischen, personellen und finanziellen Bereich und in geringerem Maße an unvollständigen oder schwer zugänglichen Klimainformationen.

Die Anwendungserprobung und Evaluierung haben jedoch deutlich gezeigt, dass der Digitale Klimaatlas der Region Stuttgart von den an den beiden Workshops und der Online-Befragung beteiligten Akteuren als relevantes und praxistaugliches Instrument zur Unterstützung der kommunalen und regionalen Klimaanpassung wahrgenommen wird. Er bereitet komplexe Klimainformationen auf, macht sie zugänglich, unterstützt bei der Identifikation von Anpassungsbedarfen und kann Klimaanpassungsbelangen in der Abwägung durch eine bessere Datengrundlage mehr Gewicht verleihen. Das gilt besonders für kleinere Kommunen, die häufig nicht über eigene Fachsysteme verfügen.

Zugleich machen die Ergebnisse deutlich, dass eine breite und nachhaltige Nutzung des Klimaatlas eine gezielte Weiterentwicklung voraussetzt: eine stärkere Differenzierung der Inhalte nach Zielgruppen und Planungsebenen, technische Verbesserungen hinsichtlich Auflösung und Exportfunktionen sowie eine transparentere Kommunikation der Methodik der Datenerhebung und damit verbundenen Datenunsicherheiten. Darüber hinaus besteht weiterer Handlungsbedarf, um den Klimaatlas in formellen und informellen Planungsprozessen zu verankern und seine Bekanntheit in der Region weiter auszubauen.

10. Gesamtfazit: Impulse für die Weiterentwicklung und Nutzung digitaler Klimainformationsdienste

Das ISAP-Projekt zeigt am Beispiel der Region Stuttgart, wie wissenschaftlich fundierte Klimainformationen die Entwicklung von Anpassungsstrategien unterstützen können. Mit dem Digitalen Klimaatlas steht seit Juli 2025 ein frei zugängliches Instrument bereit, das hochaufgelöste Klimasimulationen, Starkregengefahrenkarten, Vulnerabilitäts- und Expositionsanalysen sowie planungsbezogene Handlungshinweise für alle 179 Kommunen der Region verbindet und gleichzeitig wissenschaftlich fundierte Hintergrundinformationen zu den Analysen sowie deren Interpretation liefert. Diese Bündelung macht eine wesentliche Stärke des Atlas aus. Erst das Zusammenführen der verschiedenen, teils neuartigen Analyse- und Bewertungsansätze in einem gemeinsamen System erlaubt es, Klimagefahren und Betroffenheiten gemeinsam mit den Wirkungen möglicher Maßnahmen zu betrachten. Die vorangegangenen Kapitel haben ausgewählte Aspekte dieses Systems vorgestellt, von der Klimamodellierung über die Kartenentwicklung bis zur Erprobung und Evaluierung in der Praxis.

Über die einzelnen Entwicklungsschritte hinweg bestätigt sich eine zentrale Erkenntnis: Praxistaugliche Klimainformationen entstehen dann, wenn die Datengrundlage und die Verwendungsmöglichkeiten der Daten gemeinsam mit späteren Anwender:innen entwickelt und evaluiert werden. Die bloße Bereitstellung von Daten genügt dafür nicht. Die enge Zusammenarbeit der Verbundpartner aus Wissenschaft und Praxis sowie Fachworkshops und Befragungen haben die Inhalte des Klimaatlas an die Anforderungen der Regional-, Stadt- und Bauleitplanung herangeführt und zugleich offengelegt, wo Verständlichkeit, Auflösung oder Schnittstellen noch nicht ausreichen. Diese Rückkopplung zwischen Forschung und Anwendung hat sich als entscheidender Erfolgsfaktor erwiesen.

Aus den Projektergebnissen lassen sich Impulse ableiten, die über die Region Stuttgart hinaus relevant sind. Sie betreffen die Konzeption und Weiterentwicklung digitaler Klimainformationsdienste ebenso wie deren Nutzung in der Planungs- und Verwaltungspraxis. Damit richten sie sich sowohl an Anbieter solcher Systeme, wie den KlimafolgenHub der RegIKlim-Fördermaßnahme, als auch an die anwendenden kommunalen und regionalen Fachverwaltungen.

Belastbare Klimadaten als Fundament. Grundlage jedes Klimainformationsdienstes sind Klimadaten, die räumlich und inhaltlich zur Planungsaufgabe passen. Die Projektergebnisse zeigen, dass sich unter Verwendung der Global Warming Levels und mithilfe der neuartigen, hoch aufgelösten Klimasimulationen auf der Kilometer-Skala die Auswirkungen des Klimawandels beschreiben lassen und damit eine robuste Grundlage für die Anpassungsplanung entsteht. Mit mikroskaligen Stadtklimamodellen wie PALM-4U lassen sich diese Klimaprojektionsdaten anschließend auf feine räumliche Auflösungen und die lokalen topographischen Gegebenheiten übertragen. Diese Kette aus regionaler Projektion und lokaler Verfeinerung unterstützt die

Ausweisung differenzierter Anpassungsmaßnahmen unter Berücksichtigung lokaler Gegebenheiten.

Einheitliche Kartengrundlagen für die interkommunale Vorsorge. Klimarisiken enden nicht an Gemeindegrenzen. Für eine interkommunal wirksame Starkregenvorsorge braucht es daher eine einheitliche regionale Kartengrundlage, die in regionale und kommunale Arbeits- und Planungsprozesse eingebunden wird. So lassen sich Gefährdungen vergleichbar bewerten, Prioritäten festlegen und geeignete Maßnahmen umsetzen. Die regionale Starkregengefahrenkarte und die darauf aufbauende Fokuskarte Starkregen zeigen, wie sich komplexe Modellergebnisse in Aufmerksamkeitsräume übersetzen lassen, die Kommunikation und Priorisierung erleichtern.

Risiken ganzheitlich betrachten. Klimagefahren allein beschreiben für sich genommen noch kein Risiko. Digitale Klimainformationsdienste sollten deshalb zusätzlich zu Klimainformationen auch Expositions- und Vulnerabilitätsdaten bereitstellen, um so eine ganzheitliche Risikobetrachtung zu ermöglichen. Die im Projekt entwickelten Vulnerabilitätskarten zeigen, dass soziale Faktoren wie Alter, Einkommen oder Wohnverhältnisse die Betroffenheit und die Anpassungskapazitäten erheblich beeinflussen. Die Infrastrukturkarte zeigt wiederum, wo sich kritische, aber auch sensible Infrastruktur räumlich verorten und clustern. Werden diese Informationen mit Klimagefahren überlagert, lassen sich prioritäre Maßnahmenräume identifizieren und Anpassungsstrategien gezielter ausrichten.

Ökonomische Wirkungen sichtbar machen. Anpassungsmaßnahmen konkurrieren in kommunalen Haushalten mit anderen Aufgaben. Ökonomische Bewertungen auf Grundlage des Ökosystemleistungsansatzes machen deutlich, welchen gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Nutzen Maßnahmen etwa für Resilienz, Daseinsvorsorge, Stadtbild und regionale Wertschöpfung entfalten. Solche Informationen stärken die Argumentationsgrundlage für Investitionen in die Klimaanpassung und sollten fester Bestandteil künftiger Klimainformationsdienste werden.

Anschluss an die Planungsinstrumente sichern. Klimainformationen wirken, sobald sie in formelle und informelle Planungsverfahren einfließen und dort aktiv genutzt werden. Die Erfahrungen aus der Planungspraxis zeigen, dass die Anpassung an die Folgen des Klimawandels auch auf einer konzeptionellen Ebene erfolgen sollte, für die sich das informelle Instrument des städtebaulichen Rahmenplans der Landeshauptstadt Stuttgart bewährt hat. Mikroskalige Stadtklimamodellierungen für das Rahmenplangebiet sollten bei der Entwicklung von Zielsetzungen in der konzeptionellen Planung eine wichtige Rolle spielen, da sie die Interpretation der Klimainformationen und die konkrete Verortung von Maßnahmen unterstützen.

Wissenstransfer zwischen den Planungsebenen organisieren. Digitale Klimainformationssysteme entfalten ihren Mehrwert dann, wenn sie konsequent als Wissenstransfer- und Planungsinstrument zwischen allen Planungsebenen konzipiert werden, mit zielgruppengerechten Inhalten für regionale und kommunale Nutzende. Der in der Region Stuttgart verfolgte Mehr-Ebenen-Ansatz verdeutlicht, wie die regionale Koordination mit kommunaler Beratung und Umsetzung verknüpft werden kann. Gerade kleinere Gemeinden ohne eigene Fachverwaltung profitieren davon, wenn die Datenbereitstellung mit Beratungs- und Vernetzungsangeboten verbunden wird.

Nutzerzentriert weiterentwickeln. Die Evaluierung des Klimaatlas bestätigt den Mehrwert digital bereitgestellter Klimainformationen zum Anpassungs-handeln und benennt zugleich die Bedingungen für seinen dauerhaften Erfolg. Eine stetige nutzerzentrierte Weiterentwicklung sichert die langfristige Nutzung digitaler Klimainformationssysteme. Dazu gehört, die Inhalte nach Zielgruppen und Planungsebenen zu differenzieren, technische Verbesserungen einzubinden sowie Datenunsicherheiten und das Verhältnis zu bestehenden Datenangeboten transparent zu kommunizieren.

Aktuelle Datengrundlagen als Voraussetzung und ihre Grenzen. Eine zentrale Erkenntnis aus der Anwendung des Klimaatlas ist die Bedeutung aktueller Klima- und Risikodaten sowie deren nutzerfreundliche Bereitstellung für die Praxis. Nur wenn Planungsverantwortliche auf verlässliche, regelmäßig aktualisierte Informationen zu klimatischen Veränderungen und deren Auswirkungen einfach und gut interpretierbar zugreifen können, lassen sich fundierte und zukunftsorientierte Entscheidungen treffen. Klimatools übernehmen dabei eine wichtige Übersetzungsfunktion zwischen wissenschaftlichen Erkenntnissen und praktischer Planung. Die langfristige Bereitstellung und Aktualisierung der zugrunde liegenden Daten stellen jedoch eine dauerhafte Aufgabe dar, die über das ISAP-Projekt hinausreicht. Bund, Länder und wissenschaftliche Einrichtungen können hierzu beitragen, indem sie hochwertige Datengrundlagen bereitstellen, einheitliche Standards fördern und den Wissenstransfer zwischen Forschung und Praxis unterstützen. Beispiel hierfür ist der KlimafolgenHub, der ebenfalls aus der RegIKlim-Fördermaßnahme entwickelt wird. Die Erfahrungen zeigen, dass die erfolgreiche Integration von Klimaanpassung in Planungsprozesse maßgeblich von der Verfügbarkeit aktueller und anwenderfreundlich aufbereiteter Informationen abhängt. Damit Klimatools ihre unterstützende Wirkung dauerhaft entfalten können, bedarf es einer verlässlichen und gleichzeitig aktuellen Datenbasis.

Ein gut aufgebautes Klimainformationssystem stellt eine wichtige Unterstützungshilfe für die kommunale und regionale Klimaanpassung dar. Für Kommunen ohne eigene verlässliche Klimadaten und Analyseinstrumente, häufig kleinere Kommunen ohne spezialisiertes Fachpersonal, können Klimainformationssysteme wie der Digitale Klimaatlas eine wichtige Lücke schließen. Auch Kommunen, die bei der Klimaanpassung bereits weiter fortgeschritten sind, können von den neuen Informations- und Analyseinstrumente profitieren, etwa indem sie zusätzliche Risikoabschätzungen vornehmen, Anpassungsbedarfe besser identifizieren und Klimaanpassungsbelange fundierter abwägen und stärker priorisieren können.

Mit dieser Basis richtet sich der Fokus nun auf ihre Integration in das politisch-administrative Handeln, also auf die Frage, an welchen Stellen und in welchen Verfahren, etwa bei der Erstellung und Fortschreibung von Klimaanpassungskonzepten oder in Stellungnahmen zur Bauleitplanung, die Daten und Analysen regelhaft Anwendung finden. Dieser Schritt geht über die Laufzeit des Forschungsprojekts hinaus. Er setzt Koordinationsstrukturen innerhalb der Verwaltungen, wie beispielsweise ein bestehendes Klimaanpassungsmanagement, voraus. Ebenso sind ausreichende personelle und finanzielle Ressourcen sowie der politische Wille erforderlich, um Klimaanpassung dauerhaft zu priorisieren.

In der Region Stuttgart sind die Voraussetzungen für diesen Schritt günstig. Der Digitale Klimaatlas bleibt über das Projektende hinaus verfügbar und wird in der kommunalen und regionalen Planungspraxis bereits genutzt. Die

Erfahrungen aus ISAP II liefern zudem übertragbare Hinweise für andere Regionen und Anbieter, die vergleichbare Klimainformationsdienste aufbauen und weiterentwickeln möchten.

Literatur

- Albert, C., Hansen, R., Dehnhardt, A., Depisch, S., Fürst, C., Geißler, G., Gerner, N., Marzelli, S., Poßer, C., Rathmann, J., Schrapp, L., Schröter-Schlaack, C., & Warner, B. (2022). Das Ökosystemleistungskonzept in der räumlichen Planung – zehn Thesen. *Raumforschung und Raumordnung / Spatial Research and Planning*, 80(1), 7–21. <https://doi.org/10.14512/rur.76>
- Birkmann, J., Klopries, E.-M., Schüttrumpf, H., Trüdinger, A., & Stenger-Wolf, S. (2026). *Die Flutkatastrophe 2021*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-48688-4>
- Bundesamt für Kartographie und Geodäsie. (2021, Oktober). *Allgemeine Informationen und Nutzungshinweise zur Hinweiskarte Starkregengefahren des BKG*. https://sg.geodatenzentrum.de/web_public/gdz/dokumentation/deu/Starkregengefahrenhinweiskarte_Hinweise.pdf
- Bundesrepublik Deutschland. (2020). Bau-gesetzbuch (BauGB) i.d.F. der Bekannt-machung vom 3.11.2017 (BGBl. I Nr. 72 vom 10.11.2017 S. 3634; 27.03.2020 S. 587 20; 08.08.2020 S. 1728 20a).
- Bundesrepublik Deutschland. (2024). Bundes-Klimaanpassungsgesetz (KAnG) vom 20. Dezember 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 393).
- Copernicus Land Monitoring Service. (2020). *Imperviousness density 2018 (raster 10 m and 100 m), Europe, 3-yearly*. European Environment Agency. <https://doi.org/10.2909/3bf542bd-eebd-4d73-b53c-a0243f2ed862>
- Depisch, S., Geißler, G., Poßer, C., & Schrapp, L. (2022). Ansätze zur Integration von Ökosystemleistungen in die formelle räumliche Planung. *Raumforschung und Raumordnung / Spatial Research and Planning*, 80(1), 80–96. <https://doi.org/10.14512/rur.66>
- Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall. (2016). Merkblatt DWA-M 119. *Risikomanagement in der kommunalen Überflutungsvorsorge für Entwässerungssysteme bei Starkregen*.
- Deutscher Wetterdienst. (2026). *Klimastatusbericht Deutschland Jahr 2025*. <https://www.dwd.de/klimatrends>
- Deutsches Institut für Urbanistik. (2026). *OB-Barometer 2026. Difu-Umfrage: Finanznot und Wirtschaftssorgen dominieren kommunale Agenda*. <https://repository.difu.de/handle/difu/432>
- Farinós-Dasí, J., Pinazo-Dallenbach, P., Peiró Sánchez-Manjavacas, E., & Rodríguez-Bernal, D. C. (2025). Disaster risk management, climate change adaptation and the role of spatial and urban planning: Evidence from European case studies. *Natural Hazards*, 121(19), 23479–23512. <https://doi.org/10.1007/s11069-024-06448-w>
- Früh, B., Becker, P., Deutschländer, T., Hessel, J.-D., Kossmann, W., Mieskes, I., Namyslo, J., Roos, M., Sievers, U., Steigerwald, T., Turau, H., & Wienert, U. (2011). Estimation of climate-change impacts on the urban heat load using an urban climate model and regional climate projections. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 50(1), 167–184. <https://doi.org/10.1175/2010JAMC2377.1>
- Gräfe, P., Blanco-Vogt, A., & Behr, F.-J. (2025). Bayesian networks and GIS-based analysis for flood risk assessment in agriculture during heavy rainfall events. *International Journal of Disaster Studies and Climate Resilience*, 1(1), 8. <https://doi.org/10.64866/ijdsr.2025.10002>
- Hawchar, L., Naughton, O., Nolan, P., Stewart, M. G., & Ryan, P. C. (2020). A GIS-based framework for high-level climate change risk assessment of critical infrastructure. *Climate Risk Management*, 29, Artikel-Nr.: 100235. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2020.100235>
- Hundhausen, M., Feldmann, H., Kohlhepp, R., & Pinto, J. G. (2024). Climate change signals of extreme precipitation return levels for Germany in a transient convection-permitting simulation ensemble. *International Journal of Climatology*, 44(5), 1454–1471. <https://doi.org/10.1002/joc.8393>
- Hundhausen, M., Fowler, H. J., Feldmann, H., & Pinto, J. G. (2025). Sub-hourly precipitation and storm event profiles in a convection permitting multi-GCM ensemble. *Weather and Climate Extremes*, 48, Artikel-Nr.: 100764. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2025.100764>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2014). Summary for policymakers. In C. B. Field, V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea & L. L. White (Hrsg.), *Climate change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: Global and sectoral aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (S. 1–32). Cambridge University Press.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022). *Climate change 2022: Impacts, adaptation, and vulnerability. Contribution of Working Group II to the*

- Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844>
- Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg. (2016). *Leitfaden Kommunales Starkregenrisikomanagement in Baden-Württemberg*. Karlsruhe. <https://pudi.lubw.de/detailseite/-/publication/47871>
- Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg. (2016). *Klimawandel in Baden-Württemberg*. <https://pudi.lubw.de/detailseite/-/publication/83026>
- Landeshauptstadt Stuttgart. (2008). *Rahmenplan Halbhöhenlagen* i.d.F. vom 01.02.2008. <https://www.stuttgart.de/stadtplanung/rahmenplaene>
- Landeshauptstadt Stuttgart, Amt für Umweltschutz. (2013). *Klimawandel – Anpassungskonzept Stuttgart KLIMAKS*. Schriftenreihe des Amtes für Umweltschutz, 1/2013. https://www.stadtklima-stuttgart.de/stadtklima_filestorage/download/kliks/KLIMAKS-Broschuere-2013.pdf
- Landeshauptstadt Stuttgart, Amt für Stadtplanung und Wohnen. (2017). *Arbeitspapiere zur Stadtentwicklungsplanung: Stufen der räumlichen Planung*. https://www.stuttgart.de/m Medien/ibs/Stufen-der-raeumlichen-Planung_2017_DE_webopt.pdf
- Landeshauptstadt Stuttgart. (2018). *Rahmenplan Talgrund West* i.d.F. vom 31.01.2020. <https://www.stuttgart.de/stadtplanung/rahmenplaene>
- Laux, P., Feldmann D., Marra, F., Feldmann, H., Kunstmann, H. Trachte, K., & Peleg, N. (2025). Future precipitation extremes and urban flood risk assessment using a non-stationary and convection-permitting climate-hydrodynamic modeling framework. *Journal of Hydrology*, 661 B, Artikel-Nr.: 133607. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2025.133607>
- Ludwig, P., Ehmele, F., Franca, M. J., Mohr, S., Caldas-Alvarez, A., Daniell, J. E., Ehret, U., Feldmann, H., Hundhausen, M., Knippertz, P., Küpfer, K., Kunz, M., Mühr, B., Pinto, J. G., Quinting, J., Schäfer, A. M., Seidel, F., & Wisotzky, C. (2023). A multi-disciplinary analysis of the exceptional flood event of July 2021 in central Europe – Part 2: Historical context and relation to climate change, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 23, 1287–1311. <https://doi.org/10.5194/nhess-23-1287-2023>
- Hundhausen, M., Feldmann, H., Laube, N., & Pinto, J. G. (2023). Future heat extremes and impacts in a convection-permitting climate ensemble over Germany. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 23(8), 2873–2893. <https://doi.org/10.5194/nhess-23-2873-2023>
- McMillan, J. M., Götsche, F., Birkmann, J., Kapp, R., Schmidt, C., Weisser, B., & Jamshed, A. (2025). Mapping vulnerability to climate change for spatial planning in the region of Stuttgart. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 25(4), 1573–1596. <https://doi.org/10.5194/nhess-25-1573-2025>
- Ministerium für Landesentwicklung und Wohnen Baden-Württemberg. (2023). *Raum für morgen. Eckpunkte für den neuen Landesentwicklungsplan Baden-Württemberg*. https://mlw.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mlw/intern/Dateien/02_Landesentwicklung/Landesentwicklungsplan/Eckpunkte_barrierefrei.pdf
- Mohr, S., Ehret, U., Kunz, M., Ludwig, P., Caldas-Alvarez, A., Daniell, J. E., Ehmele, F., Feldmann, H., Franca, M. J., Gattke, C., Hundhausen, M., Knippertz, P., Küpfer, K., Mühr, B., Pinto, J. G., Quinting, J., Schäfer, A. M., Scheibel, M., Seidel, F., & Wisotzky, C. (2023). A multi-disciplinary analysis of the exceptional flood event of July 2021 in central Europe. Part 1: Event description and analysis. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 23(2), 525–551. <https://doi.org/10.5194/nhess-23-525-2023>
- Mudersbach, C., Buchholz, O., Hoppe, H., Brendt, T., Burrichter, B., Grüning, H., Demand, D., Illgen, M., Krieger, K., Leandro, J., Piroth, K., Quirmbach, M., Schneider, S., Schneider, T., Graef, J., Hermann, J., Janssen, H., Kopietz, I., Krüger, M., & Kruse, J.-H. (2023). Integrierte Starkregen- und Hochwassergefahrenkarten. Arbeitsbericht der DWA-Arbeitsgruppe ES-2.8. *Korrespondenz Abwasser, Abfall*, 10. <https://doi.org/10.3242/kae2023.10.001>
- Nachbarschaftsverbands Stuttgart. (1992). *Klimauntersuchung für das Gebiet des Nachbarschaftsverbands Stuttgart und angrenzende Teile der Region Stuttgart*. Klimaatlas.
- Kowarik, I., Bartz, R., Brenck, M. (Hrsg.) (2016). *Naturkapital Deutschland – TEEB DE: Ökosystemleistungen in der Stadt - Gesundheit schützen und Lebensqualität erhöhen*. Technische Universität Berlin; Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung
- Overath, M., & Frese, M. (2025, unveröffentlicht). *Umfrage zur Praktikabilität und Nutzbarkeit des neuen digitalen Klimaatlas für die Region Stuttgart: Auswertung*. Deutsches Institut für Urbanistik.
- Pinto, J. G., Hundhausen, M., Weber, A., Kohlhepp, R., Mihalyi-Dean, C.,

- Schipper, J. W., & Feldmann, H. (2026). User-relevant climate indices and associated uncertainties from transient convection-permitting climate model projections. *International Journal of Climatology*, 46(6), e70304. <https://doi.org/10.1002/joc.70304>
- Rousi, E., Fink, A. H., Andersen, L. S., Becker, F. N., Beobide-Arsuaga, G., Breil, M., Cozzi, G., Heinke, J., Jach, L., Niermann, D., Petrovic, D., Richling, A., Riebold, J., Steidl, S., Suarez-Gutierrez, L., Tradowsky, J. S., Coumou, D., Dusterhus, A., Ellsäßer, F., ... Xoplaki, E. (2023). The extremely hot and dry 2018 summer in central and northern Europe from a multi-faceted weather and climate perspective. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 23(5), 1699–1718. <https://doi.org/10.5194/nhess-23-1699-2023>
- Schneider, T., & Oberauer, M. (2024). Stark unterschiedliche Starkregengefahrenkarten nach den Leitfäden der Länder. *Wasser und Abfall*, 26(11), 24–31.
- Sieck, K., Pinto, J. G., Geyer, B., Keuler, K., Beier, C., Braun, C., Ehmele, F., Feldmann, H., Frisius, T., Heinrich, P., Hundhausen, M., Petrik, R., & Trachte, K. (2026). *NUKLEUS – A first kilometre scale multi-model climate ensemble for Germany: Evaluation*. EGU sphere [preprint]. <https://doi.org/10.5194/egusphere-2026-1024>
- Szymczak, S., Backendorf, F., Bott, F., Fricke, K., Junghänel, T., & Walawender, E. (2022). Impacts of heavy and persistent precipitation on railroad infrastructure in July 2021: A case study from the Ahr Valley, Rhineland-Palatinate, Germany. *Atmosphere*, 13(7), 1118. <https://doi.org/10.3390/atmos13071118>
- Verband Region Stuttgart (2008). *Klimaatlas Region Stuttgart 2008*.
- Verband Region Stuttgart (2022). *KlimaBB*. <https://www.region-stuttgart.org/de/bereiche-aufgaben/regionalplanung/klima/klimabb/>
- Verband Region Stuttgart (2025). *Digitaler Klimaatlas Region Stuttgart* [Online Tool]. <https://klimaatlas.region-stuttgart.org>
- Verein Deutscher Ingenieure. (2015). VDI 3787 Blatt 1: *Umweltmeteorologie. Klima- und Lufthygienekarten für Städte und Regionen*.
- Verein Deutscher Ingenieure. (2017a). VDI 3783 Blatt 7: *Umweltmeteorologie. Prognostische mesoskalige Windfeldmodelle. Evaluierung für dynamisch und thermisch bedingte Strömungsfelder*.
- Verein Deutscher Ingenieure. (2017b). VDI 3783 Blatt 9: *Umweltmeteorologie - Prognostische mikroskalige Windfeldmodelle - Evaluierung für Gebäude- und Hindernisströmung*.
- Verwaltungsgerichtshof Baden-Württemberg. (2014). Normkontrollsache „Oberer Hasenberg/Nordhang (Stgt. 230)“, Aktenzeichen 8 S 1400/12. <https://dejure.org/2014,40472>
- Xoplaki, E., Ellsäßer, F., Grieger, J., Nissen, K. M., Pinto, J., Augenstein, M., Chen, T.-C., Feldmann, H., Friederichs, P., Glicksman, D., Goulier, L., Haustein, K., Heinke, J., Jach, L., Knutzen, F., Kollet, S., Luterbacher, J., Luther, N., Mohr, S., ... Wolf, F. (2023). *Compound events in Germany in 2018: drivers and case studies*. EGU sphere [preprint]. <https://doi:10.5194/egusphere-2023-1460>

Autor:innen

Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH (Difu)

Moritz Frese, M.Sc.

ist seit März 2025 im Deutschen Institut für Urbanistik (Difu) als wissenschaftlicher Mitarbeiter im Team „Klimaanpassung und Stadtökologie“ am Difu-Standort Köln tätig. Dabei arbeitet er integriert an der Schnittstelle von Stadtplanung und grünen Maßnahmen. In diesem Rahmen unterstützt und berät er Kommunen praxisorientiert bei der Integration von Klimaanpassung in kommunales Verwaltungshandeln. Er studierte Geographie mit dem Schwerpunkt Governance und Raum (M.Sc.).

E-Mail: frese@difu.de

Mascha Overath, M.Sc.

arbeitet seit April 2022 im Deutschen Institut für Urbanistik (Difu) als wissenschaftliche Mitarbeiterin im Team „Klimaanpassung und Stadtökologie“ am Difu-Standort Köln. Ihre Arbeitsschwerpunkte liegen in der kommunalen Klimaanpassung an der Schnittstelle von Forschung und Praxis sowie in einer wasserbewussten Stadtentwicklung. Sie berät kommunale Akteure und verantwortet praxisorientierte Beratungsangebote. Sie studierte Wirtschaftsingenieurwesen mit Fachrichtung Bauingenieurwesen (M.Sc.).

E-Mail: overath@difu.de

Dr. Pecher GmbH

Carolin Dahlem, M.Eng.

studierte Umweltschutz an der Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen. Seit 2024 ist sie bei der Dr. Pecher GmbH in der Niederlassung Mainz im Team Urbanhydrologie & Gewässerentwicklung tätig. Ihre Arbeitsschwerpunkte umfassen die Hochwasser- und Starkregenvorsorge, die Klimafolgenanpassung und -maßnahmenentwicklung sowie das Arbeiten mit Geoinformationssystemen.

E-Mail: carolin.dahlem@pecher.de

Prof. Dr.-Ing. Holger Hoppe

leitet als Prokurist bei der Dr. Pecher GmbH den Fachbereich Konzeption & Modellierung. Er wirkt an zahlreichen Forschungs- und Praxisprojekten in den Bereichen Entwässerungsplanung, Überflutungsvorsorge und Klimafolgenanpassung mit. Er ist Honorarprofessor an der Bergischen Universität Wuppertal und Lehrbeauftragter an der Westfälischen Hochschule Gelsenkirchen. Darüber hinaus engagiert er sich seit vielen Jahren in der DWA, unter anderem in leitender Funktion in Arbeitsgruppen zu Messdaten in

Entwässerungssystemen und zur wasserbewussten Stadtentwicklung.

E-Mail: holger.hoppe@pecher.de

Hendrik Janssen, M.Eng.

studierte berufsbegleitend Technisches Management mit der Vertiefungsrichtung Umwelttechnik an der FH Münster und ist seit 2017 bei der Dr. Pecher GmbH tätig. In der Niederlassung Gelsenkirchen ist er Teamleiter im Team Integrales Regenwassermanagement verantwortlich für die Themen 2D-Modellierung und Starkregenrisikomanagement. Seine Arbeitsschwerpunkte umfassen darüber hinaus die Entwicklung von Entwässerungskonzepten sowie das urbane Regenwassermanagement, ergänzt durch die Anwendung von Geoinformationssystemen in diversen Planungsprozessen.

E-Mail: hendrik.janssen@pecher.de

Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW)

Dr. Jesko Hirschfeld

ist seit 2002 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) im Forschungsfeld Umweltökonomie und Umweltpolitik. Einer seiner Schwerpunkte ist die ökologisch-ökonomische Bewertung von naturbasierten Klimaanpassungsmaßnahmen. Von 2017 bis 2020 war er Gastprofessor am Fachgebiet Landschaftsökonomie der Technischen Universität Berlin. Von 2022 bis 2024 war er Gastprofessor für Umweltökonomie an der Humboldt-Universität zu Berlin.

E-Mail: jesko.hirschfeld@ioew.de

Tarin Karzai, MPA

ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) im Forschungsfeld Umweltökonomie und Umweltpolitik. Er hat einen Master of Public Administration in Economic Policy an der London School of Economics erworben. Seit 2021 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter am IÖW in Projekten zur umweltökonomischen Bewertung der Nutzen von und Schäden an Ökosystemen und Biodiversität sowie den Kosten und Nutzen naturbasierter Klimaanpassung.

E-Mail: tarin.karzai@ioew.de

Tobias Möllney, M.Sc.

ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) im Forschungsfeld Umweltökonomie und Umweltpolitik. Er hat einen Master in Environmental and Resource Economics and der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel erworben. Seit 2022 ist er

wissenschaftlicher Mitarbeiter am IÖW mit einem Schwerpunkt auf der umweltökonomischen Analyse regulierender Ökosystemleistungen naturbasierter Klimaanpassungsmaßnahmen in urbanen Räumen.
E-Mail: tobias.moellney@ioew.de

Institut für Raumordnung und Entwicklungsplanung (IREUS) der Universität Stuttgart

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jörn Birkmann ist seit Oktober 2014 Institutsleiter am Institut für Raumordnung und Entwicklungsplanung der Universität Stuttgart (IREUS). Er ist koordinierender Leitautor des sechsten Sachstandsberichts des Weltklimarats (IPCC) und beschäftigt sich in Forschung und Lehre mit Klimawandelanpassung, Vulnerabilitäts- und Risikoforschung sowie der Resilienz von Städten und Regionen gegenüber Naturgefahren und Extremereignissen.
E-Mail: joern.birkmann@ireus.uni-stuttgart.de

Friedrich Hampel, M.Sc. arbeitet seit Oktober 2024 am Institut für Raumordnung und Entwicklungsplanung der Universität Stuttgart (IREUS) als Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Themenfeld Klimaanpassung und Raumplanung. Seine Forschungsthemen sind neben Fragen der risikoorientierten Raumplanung auch Starkregenvorsorge im Bauplanungsrecht sowie Erfassung und Schutz kritischer und sensibler Infrastrukturen.
E-Mail: friedrich.hampel@ireus.uni-stuttgart.de

Joanna McMillan, M.Eng. arbeitet seit 2018 am Institut für Raumordnung und Entwicklungsplanung der Universität Stuttgart (IREUS) als Wissenschaftlicher Mitarbeiterin im Themenfeld Klimarisiken und Klimaanpassung in der Raum- und Stadtplanung. Sie ist Mitautorin des sechsten Sachstandsberichts des Weltklimarats (IPCC) und beschäftigt sich in Lehre und Forschung mit der Anwendung raumbezogener, GIS-basierter Analysen.
E-Mail: joanna.mcmillan@ireus.uni-stuttgart.de

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Dipl.-Geophys. Hendrik Feldmann arbeitet seit 2007 am Institut für Meteorologie und Klimaforschung (IMKTRO) des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) in der Arbeitsgruppe „Regionales Klima und Wettergefahren“. Seine Schwerpunkte sind regionale Klimamodellierung, Extremwetterereignisse und dekadische Vorhersagen. Er leitet die Arbeitsgruppe

„Climate Projections“ der CLM-Community und ist PI in verschiedenen Forschungsprojekten, unter anderem in den Projekten NUKLEUS und ISAP im Forschungsprogramm RegIKlim.
E-Mail: hendrik.feldmann@kit.edu

Dr. Marie Hundhausen hat im Jahre 2025 am KIT promoviert. Sie war Projektmitarbeiterin in den Projekten ISAP 1 und ISAP 2 mit einem Fokus auf Extremniederschläge im Klimawandel, hochaufgelöste Klimamodellierung und die Nutzung von Klimainformationen in der Klimaanpassung.
E-Mail: marie.hundhausen@kit.edu

Prof. Dr. Joaquim G. Pinto ist seit 2016 Professor am Institut für Meteorologie und Klimaforschung (IMKTRO) des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT). Er leitet dort den Bereich Klima. Seine Schwerpunkte sind Klimavariabilität und die Verbindung zwischen Wetter und Klima, Extremwetterereignisse und regionale Klimamodellierung. Er ist PI in einer Vielzahl nationaler und internationaler Forschungsprojekte.
E-Mail: joaquim.pinto@kit.edu

Landeshauptstadt Stuttgart (LHS)

Dr. Marselina Arkouli arbeitet seit Januar 2020 in der Abteilung Stadtklimatologie im Amt für Umweltschutz der Landeshauptstadt Stuttgart. Ihre Arbeitsschwerpunkte liegen in den Bereichen Stadtklima, Klimaanpassung und Luftreinhaltung. Dabei befasst sie sich unter anderem mit der Anwendung mikroskaliger Stadtklimamodellierungen zur stadtklimatischen Bewertung von Klimaanpassungsmaßnahmen, insbesondere im Hinblick auf Hitzebelastung und klimangepasster Stadtentwicklung.
E-Mail: Marselina.Arkouli@stuttgart.de

Dipl.-Ing. Silke Drautz ist Sachgebietsleitung „Stadtklima, Klimaanpassung und Luftreinhaltung“ in der Abteilung Stadtklimatologie im Amt für Umweltschutz der Landeshauptstadt Stuttgart. Sie verantwortet seit über 15 Jahren stadtklimatische und lufthygienische Fragestellungen im Bereich der räumlichen Planung sowie erforderliche Schritte zum Umgang mit den unvermeidbaren Folgen des Klimawandels.
E-Mail: Silke.Drautz@stuttgart.de

Dipl.-Ing. Rainer Kapp ist Leiter der Abteilung Stadtklimatologie im Amt für Umweltschutz der Landeshauptstadt Stuttgart. Er beschäftigt sich seit über 15 Jahren mit Fragen der Klimaanpassung, insbesondere auch im Rahmen der Einbringung stadtklimatischer Belange in die Bauleitplanung, und der

Erarbeitung/Umsetzung/Fortschreibung
des Klimawandel-Anpassungskonzepts
Stuttgart (KLIMAKS).
E-Mail: Rainer.Kapp@stuttgart.de

Lohmeyer GmbH

Dipl.-Geogr. Torsten Nagel
ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Büro
Lohmeyer GmbH für die Themenschwer-
punkte Klimagutachten und verkehrsbe-
dingte Luftschadstoffe. Er wurde in den
VDI-Ausschuss „Klima“, Kommission
Reinhaltung der Luft, berufen.
E-Mail: T.Nagel@Lohmeyer.de

Verband Region Stuttgart (VRS)

Dr. Christoph Hemberger
ist seit 2016 Referent für Regionalplanung
und Regionalentwicklung beim Verband
Region Stuttgart und koordiniert dort den
Fachbereich „Strategische Planungs-
impulse“. Zuvor war er wissenschaftlicher
Mitarbeiter an der Universität Stuttgart so-
wie als selbständiger Berater für komplexe
raumbezogene Planungsaufgaben tätig.
Seine Schwerpunkte liegen in der

Regionalplanung, der strategischen Kom-
munenberatung sowie in Grundsatzfragen
der räumlichen Entwicklung.
E-Mail: hemberger@region-stuttgart.org

Dipl.-Ing. Thomas Kiwitt
ist Leitender Technischer Direktor des
Verbands Region Stuttgart und Lehrbe-
auftragter an der Hochschule für Technik
in Stuttgart sowie Mitglied der Akademie
für Raumentwicklung in der Leibniz-Ge-
meinschaft. Er studierte Raum- und Um-
weltplanung in Kaiserslautern.
E-Mail: kiwitt@region-stuttgart.org

Max Rodenbüsch, M.Sc.
ist Referent für Regionalplanung und -ent-
wicklung beim Verband Region Stuttgart
im Fachbereich „Strategische Planungs-
impulse“. Seine Schwerpunkte liegen in
der klimaangepassten Regionalentwick-
lung, der Verzahnung von Klimainformati-
onen mit formalen Planungsprozessen so-
wie der kommunalen Beratung zu Fragen
der Klimaanpassung.
E-Mail: rodenbuesch@region-stuttgart.org