



Bestandsaufnahme zur Anpassungsforschung und -praxis in Deutschland

Autoren:

Kevin Laranjeira

Jan-Albrecht Harrs

Laura Dalitz

Valentin Meilinger

Andreas Huck

GEFÖRDERT VOM

Bestandsaufnahme zur Anpassungsforschung und -praxis in Deutschland

Projektinformation:

Diese Publikation ist im Rahmen des Verbundprojektes **WIRKsam - Wissenschaftliche Koordination zur Entwicklung eines regionalen Klimakatasters**- entstanden.

WIRKsam ist Teil der BMBF Fördermaßnahme **Regionale Informationen zum Klimahandeln (RegiKlim)**. Die Fördermaßnahme **RegiKlim** ist Teil des BMBF Forschungsrahmenprogramms **Forschung für nachhaltige Entwicklung (FONA)**.

Autoren:

Kevin Laranjeira - Institut für Raumordnung und Entwicklungsplanung (IREUS), Universität Stuttgart

Jan-Albrecht Harrs - Climate Service Center Germany (GERICS), Helmholtz-Zentrum hereon GmbH

Laura Dalitz - Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung (KomPass), Umweltbundesamt

Valentin Meilinger - Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung (KomPass), Umweltbundesamt

Dr. Andreas Huck - Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung (KomPass), Umweltbundesamt

Online verfügbar unter: <https://www.regiklim.de/>

Stand November 2021

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

FONA
Forschung für Nachhaltigkeit

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|------------------|
| Zusammenfassung der Befunde und Anknüpfungspunkte für RegiKlim | 5 |
| 1. Einleitung..... | 12 |
| 2. Internationale und nationale Strategien und Agendaprozesse zur Klimaanpassung..... | 16 |
| Internationale Rahmenwerke der Klimaanpassung..... | 16 |
| Die Europäische Anpassungsstrategie | 18 |
| Die Deutsche Anpassungsstrategie | 21 |
| Produkte der DAS..... | 24 |
| Nationale Wasserstrategie als Beispiel integrierter Klimaanpassungsplanung | 31 |
| 3. Regionale strategische Vorarbeiten und Rahmenbedingungen in den Bundesländern | 32 |
| Rechtliche Rahmenbedingungen | 32 |
| Strategische Rahmenbedingungen | 34 |
| Externe und interne Kommunikation | 36 |
| Information, Förderung und Beratung von Kommunen..... | 38 |
| 4. Forschungsprojekte: Wichtige Forschungslücken und Umsetzungsherausforderungen | 41 |
| <i>Baustein A: Verwaltung, Planung, Schnittstelle Forschung-Praxis</i> | <i>41</i> |
| Mainstreaming von Klimaanpassung (A1)..... | 41 |
| Querschnittsthema Raumplanung in der Anpassungspraxis (A2) | 44 |
| Auflösung von Landnutzungskonflikten durch Partizipationsformate (A3)..... | 45 |
| Kompetenzaufbau (A4)..... | 46 |
| Förderung der verstetigten Nutzung von Klimawissen durch transdisziplinäre Ko-Kreation (A5) | 47 |
| Monitoring und nachhaltige Finanzierung (A6)..... | 49 |
| Transfer von Klimadiensten und Anpassungswissen (A7)..... | 50 |
| <i>Baustein B: Regionale Anpassungskapazität und Anpassungsnotwendigkeit</i> | <i>53</i> |
| Konzeptualisierung von Anpassungskapazität (B1)..... | 53 |
| Anpassungskapazitäten bei Kommunen (B1a) | 55 |
| Erfassung von Anpassungsbedarfen und -kapazitäten bei Industrie und Gewerbe (B1b) | 57 |
| Kleinskalige Anpassungskapazitäten und -bedarfe (B1c)..... | 59 |
| Anpassungskapazitäten und -notwendigkeiten in integrierten Wirkmodellen (B2) | 60 |
| <i>Baustein C: Integrierte Bewertung auf regionaler und kommunaler Ebene</i> | <i>62</i> |
| Integrierte Bewertung von Klimaschäden und Anpassungsmaßnahmen (C1) | 62 |
| Entwicklung regionaler integrierter Bewertungsmodelle (C1a) | 63 |

| | |
|--|-----------|
| Bewertung der Kosten und Nutzen von naturbasierten Lösungen (C1b) | 64 |
| Wechselwirkungen und Auflösungen von Zielkonflikten (C2) | 64 |
| Baustein D: Daten und Modelle..... | 66 |
| Bedarf an aktuellen Klimadaten und Handlungswissen-Verschnitt von Klima- und Wirkmodellen (D1) | 66 |
| Anwenderfreundliche Darstellung und Kommunikation-Klima- und Maßnahmeninformationen (D2)... | 67 |
| Unterstützung von politischem Handeln durch Klimainformationen (D3)..... | 67 |
| 5. Praxisnahe Klimadienste | 69 |
| Was zeichnet praxisnahe Klimadienste aus? | 69 |
| Nutzungshemmnisse von Klimadiensten | 69 |
| Nutzerfreundlichkeit von Klimadiensten erhöhen | 71 |
| 6. Schlussfolgerungen und Ausblick | 74 |
| Literaturverzeichnis | 77 |

Zusammenfassung der Befunde und Anknüpfungspunkte für ReglKlim

Dieser Bericht stellt eine Bestandsaufnahme zu bisherigen Aktivitäten der Anpassungspolitik, -forschung und -praxis in Deutschland dar und ist als Überblickswerk zu verstehen. Ziel dieser Bestandsaufnahme ist es, innerhalb von ReglKlim eine gemeinsame Informationsbasis zu schaffen, die alle Verbundprojekte dahingehend unterstützen soll, aktuelle Forschungslücken und Umsetzungsherausforderungen der Klimaanpassung gezielt zu bearbeiten. Auf der Basis einer breiten Auswertung von wissenschaftlicher Literatur, Politik- und Planungsdokumenten sowie Berichten zu Forschungsvorhaben in der Klimaanpassung werden potentielle Anknüpfungspunkte für die Fördermaßnahme ReglKlim erarbeitet. Dieser Abschnitt fasst die zentralen Befunde dieses Berichtes entlang der thematischen ReglKlim Bausteine A-D zusammen.

- Baustein A: Verwaltung, Planung, Schnittstelle Forschung-Praxis
- Baustein B: Regionale Anpassungskapazität und Anpassungsnotwendigkeit
- Baustein C: Integrierte Bewertung auf regionaler und kommunaler Ebene
- Baustein D: Daten und Modelle

Anhand der durchgeführten Analysen, lassen sich die folgenden zentralen Herausforderungen der deutschen Anpassungspraxis und Hinweise für die künftige Forschung im Bereich der Klimaanpassung für ReglKlim ableiten:

Befund 1 (A): Auf europäischer Ebene und auf Bundesebene ist die Klimaanpassung mittlerweile politisch und programmatisch durch die europäische und deutsche Anpassungsstrategie etabliert. Zur erfolgreichen Umsetzung auf lokaler Ebene muss Klimaanpassung als Querschnittsthema gedacht werden, das heißt ressortübergreifend und strategisch in der Verwaltung verankert werden. Dafür müssen ausreichende Kapazitäten und umfangreiches Handlungswissen aufgebaut werden.

RegiKlim kann durch die enge transdisziplinäre Arbeit mit den Praxispartnern und den durchgeführten Befragungen und Netzwerkanalysen die genauen Bedarfe nach Klimainformationen¹ erheben und weiterhin evaluieren, wie das Wissen zu deren Interpretation und Anwendung (Klimawissen) die Umsetzung von Anpassung und die institutionelle Verankerung von Anpassungsbelangen befördern kann.

Zentrale Befunde, die in RegiKlim thematisiert werden können:

- Es sollten geeignete lokale Governance-Formen zur Institutionalisierung und Steuerung von Klimaanpassung gefunden werden, damit Klimawissen in kommunale Verwaltungsprozesse integriert wird und zur Anwendung kommt. Weiterhin sollte in den Blick genommen werden, wie die Schaffung integrierter Klimainformationen (in RegiKlim) das Mainstreaming von Klimaanpassung befördern kann. (S.41)
 - Insbesondere braucht es Lösungen für die Zusammenarbeit verschiedener Fachressorts und deren übergeordnete Koordination.
 - Zudem wird eine klare Festlegung von Verantwortlichkeiten im Hinblick auf Klimaanpassung – inklusive Finanzierungsfragen – benötigt, da hier in der Praxis noch gewisse Unklarheiten bestehen.
- Es braucht konkrete Vorschläge dazu, wie Anpassungsbelange besser in formellen Planungsdokumenten und auf verschiedenen Planungsebenen verankert werden können, um in Entscheidungsprozessen mehr Berücksichtigung zu finden. (S.45)
 - Perspektivisch sollte in diesem Zusammenhang die rechtlich-institutionelle Verankerung von Klimaanpassung intensiviert werden.
- Um den Fortschritt von regionaler und lokaler Klimaanpassung zu beurteilen, wäre ein Monitoringsystem für Anpassungsmaßnahmen mit entsprechenden Indikatoren hilfreich. (S.49)

¹ Klimainformationen sind für Anwender analysierte Klimaprojektionsdaten zu enthaltenen Klimaparametern

Befund 2 (A): Klimaanpassung muss in die Umsetzung gebracht und konkrete Anpassungsmaßnahmen müssen verstetigt werden. Hierfür muss die Zusammenarbeit von Wissenschaft, kommunalen Verwaltungen und privaten Akteuren aus Zivilgesellschaft aber auch aus der Wirtschaft gestärkt werden.

Die Modellregionen in RegIKlim können im Rahmen ihrer Transferpläne den Aufbau lokaler und regionaler Anpassungsnetzwerke befördern, um wichtige Akteure und die breite Bevölkerung über Anpassung zu informieren, Akzeptanz zu generieren und Kooperation für die Umsetzung zu entwickeln. Transdisziplinäre Forschungsprojekte können durch den Forschungsprozess und neues Klimawissen den Aufbau von Netzwerken informativ und organisatorisch befördern.

Zentrale Befunde, die in RegIKlim thematisiert werden können:

- Zur Entwicklung von Anpassungsstrategien und zur Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen sollten regionale, sektorale Stakeholder-Netzwerke der Klimaanpassung gebildet sowie spezifische Formen für die Zusammenarbeit innerhalb dieser Netzwerke gefunden werden. (S.45)
- Zivilgesellschaftliche und wirtschaftliche Akteure sollten durch transparente partizipative Verfahren und öffentlich zugängliche Informationsquellen aktiv in Anpassungsprozesse eingebunden werden. (S.45)

Befund 3 (B): Welche Ressourcen, Strategien oder Eigenschaften regional als Anpassungskapazitäten gelten ist derzeit nicht eindeutig und einheitlich definiert. Aufbauend auf einer einheitlichen Konzeptualisierung von Anpassungskapazitäten, sollten nach Handlungssektoren differenzierte Kernindikatoren erarbeitet werden, welche den Begriff operationalisieren. Hierdurch kann auch ein regionen-übergreifender Vergleich ermöglicht werden.

RegIKlim kann eine gemeinsame Konzeptualisierung von Anpassungskapazitäten und -notwendigkeiten vorantreiben, um darauf aufbauend praxisnahe Indikatorenkataloge

zu entwickeln und deren Integration in die Planungspraxis, im Austausch mit den Praxispartnern, zu fördern. Gleichzeitig kann die Herausforderung der Integration von Anpassungskapazitäten in lokale Wirkmodelle gemeinsam mit verschiedenen Fachdisziplinen und den Praxispartnern in RegiKlim adressiert werden.

Zentrale Befunde, die in RegiKlim thematisiert werden können:

- Für ein besseres Verständnis komplexer Sachverhalte müssen klare und einheitliche Begriffsdefinitionen geschaffen und konsequent angewandt werden. (S.53)
 - Insbesondere in Strategiepapieren und Handreichungen sollten Begriffe klar definiert werden, um unterschiedliche Interpretationen durch Anwender in der Praxis zu vermeiden. (S.34)
- Es werden Strategien benötigt, wie bestehende Anpassungskapazitäten bei Kommunen, Unternehmen und privaten Haushalten identifiziert und genutzt werden können. In diesem Zusammenhang steht vor allem die Förderung der Wahrnehmung und thematischen Zuordnung bestehender Anpassungskapazitäten im Vordergrund. (S.55)
- Es sollte geklärt werden, an welchen potentiellen technischen und organisatorischen Kompetenzen von Kommunen und Unternehmen Schulungen zum Thema Klimaanpassung ansetzen können, um die Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen zielgerichtet zu fördern. (S.46)
- Es braucht konkrete Lösungen der Integration von Anpassungskapazitäten und -notwendigkeiten sowie Klimaprojektionsdaten in lokale Wirkmodelle, welche entscheidungsrelevante Informationen zu verschiedenen Sektoren, kaskadierenden Extremereignissen und Wechselwirkungen zwischen Maßnahmen verständlich darstellen. Die Anschlussfähigkeit dieser Modelle an integrierte Bewertungsmethoden für Anpassungsoptionen stellt einen zusätzlichen Nutzen dar. (S.60)

Befund 4 (C): Die Entwicklung integrierter Bewertungsmethoden auf regionaler und kommunaler Ebene, die neben den Kosten und Nutzen der Klimaanpassung auch das Auflösen von regionalen Zielkonflikten berücksichtigen, ist für die Priorisierung und somit für eine erfolgreiche Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen zentral. Bei der Entwicklung solcher Methoden (z.B. Multikriterienanalysen oder erweiterter ökonomischer Kosten-Nutzen-Analysen) ist auf deren praktische Anwendbarkeit im kommunalen Kontext zu achten.

RegiKlim kann auf Basis von lokalen Wirkmodellen integrierte Bewertungssysteme entwickeln, die durch moderne Datenschnittstellen verschiedene Arten von Daten integrieren und eine praxisnahe Nutzerschnittstelle bieten. So kann mit den Praxispartnern darauf geachtet werden, dass die Genese der Daten durch pragmatische Methoden erfolgt und die Entscheidungsunterstützung bezüglich bewerteter Maßnahmen auf Zielvorgaben und -konflikte sowie deren Akzeptanz eingeht.

Zentrale Befunde, die in RegiKlim thematisiert werden können:

- Um Anpassungsmaßnahmen effektiv priorisieren zu können, muss geklärt werden, für welche anpassungsrelevanten Themenbereiche Ziele, Indikatoren und standardisierte Methoden zur Bewertung von Anpassungsmaßnahmen erarbeitet werden sollten. (S.62)
- Zur Erarbeitung robuster Bewertungsindikatoren und zu deren Standardisierung, braucht es geeignete partizipative Prozesse. (S.64)
- Zur Entwicklung regional zugeschnittener Bewertungsmodelle sollten zweckorientierte Formen der Integration von qualitativen und quantitativen Daten gefunden werden. (S.63)
- Um naturbasierte Lösungen zur Klimaanpassung vermehrt in die Anwendung zu bringen, sollten deren verschiedene Vorteile sowie positive und negative Nebeneffekte besser quantifiziert werden. (S.64)

- Gleichzeitig muss geprüft werden, welche Methoden für die Erhebung von Kosten und Nutzen der Anpassung sowie für die Analyse der Wechselbeziehungen (und trade-offs) zwischen den unterschiedlichen Vorteilen naturbasierter Lösungen geeignet sind. (S.64)

Befund 5 (D): Es werden hochauflösende und an die Bedarfe von Entscheidern angepasste Informationen zu den Klimaänderungssignalen auf lokaler Ebene benötigt. Solche Klimainformationen können die Planung und Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen erleichtern und objektivieren. So können sie als Entscheidungsgrundlage für regionale Flächennutzungen dienen. Dieses Klimawissen kann hierbei leichter zur Auswahl und Umsetzung von Maßnahmen herangezogen werden, wenn der institutionelle und politische Handlungskontext der Praxisanwender² bei der transdisziplinären Entwicklung von Informations- und Planungstools berücksichtigt wird.

ReglKlim kann durch die Entwicklung hochaufgelöster Klimaprojektionsdaten und die enge Absprache mit Kommunen zu gewünschten Parametern, Aufbereitungen und Visualisierungen dazu beitragen, dass die Nützlichkeit von Klimainformationen- und Diensten für die Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen zielgenau gesteigert wird. Darüber hinaus kann der Ko-Kreationsprozess von Klimainformationen gewährleisten, dass dieses an den Bedarfen kommunaler Prozesse und Aufgaben ausgerichtet sind.

Zentrale Befunde, die in ReglKlim thematisiert werden können:

- Es sollten innovative Wege der transdisziplinären Entwicklung von Klimadiensten gefunden werden, um gängige Nutzungshemmnisse zu überbrücken und eine hohe Nutzbarkeit der Dienste zu garantieren. (S.69)
- Klimadienste könnten derart flexibel gestaltet werden, dass diese in andere Regionen transferierbar sind. Möglichkeiten der Transferbeförderung sollten weiter erforscht werden. (S.50)

² Eine nähere Beschreibung dieses Kontexts findet in Kapitel 4, Baustein A statt.

- Methodische Lösungen, wie die Outputs neuartiger Klimaprojektionen in lokale Wirkmodelle eingespeist werden können, sollten weiter erforscht und verfeinert werden. (S.66)
- Es sollte geklärt werden, wie die Output-Daten dieser Wirkmodelle ausgegeben und dargestellt werden können, damit sich diese Informationen in der kommunalen Praxis einfach und zielführend verwenden lassen. (S.65)
- Es braucht Antworten darauf, wie auf Basis von Klimaprojektionsdaten Schwellenwerte zur Initiation und Zielwerte für Anpassungsmaßnahmen entwickelt werden können. (S.67)

1. Einleitung

Der Klimawandel und dessen Folgen, wie extreme Hitze- und Starkregenereignisse, sind in Deutschland bereits spürbar und die Häufigkeit solcher Extremereignisse wird in den kommenden Jahren weiter zunehmen. Auch der kürzlich veröffentlichte Sechste Sachstandsbericht des Weltklimarates lässt an diesen Prognosen keinen Zweifel (IPCC, 2021). Die katastrophalen Starkregenereignisse in den Bundesländern Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Bayern und Sachsen im Juli 2021 verdeutlichen die Aktualität der Problematik und vergegenwärtigen den dringenden Handlungsbedarf im Hinblick auf die Anpassung an sich verändernde klimatische Bedingungen. In diesem Zusammenhang betonen Experten aus Wissenschaft und Forschung die Notwendigkeit das Risikomanagement von Wetterextremen sowie die strategische Planung in Kommunen und Städten weiter zu stärken, um die Klimasicherheit von Siedlungsräumen zu erhöhen (Kuhlicke et al., 2021).

Die Auswirkungen des Klimawandels sind regional unterschiedlich stark ausgeprägt. Somit stehen politische Entscheidungsträger:innen, Planer:innen, Unternehmen und zivilgesellschaftliche Akteure verschiedenen Anpassungsbedarfen gegenüber. Der Aufbau von Anpassungskapazitäten wurde daher in politischen Agenden und Strategieprozessen verankert und findet auch bereits in einigen Regionalplänen Berücksichtigung. Forschungsprojekte zeigen sektorale sowie regionale Betroffenheiten auf und formulieren Handlungserfordernisse. Insbesondere seit der Veröffentlichung der Deutschen Anpassungsstrategie (DAS) im Jahr 2008, den Aktionsplänen Anpassung und dem Rahmenprogramm Forschung für nachhaltige Entwicklung (FONA) des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF), haben vielfältige Forschungsvorhaben regional und national relevante Resultate für die Entwicklung und Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen hervorgebracht. Debatten in Politik und Forschung heben dabei Regionen und Kommunen als zentrale Umsetzungsebene von Klimaanpassung hervor. Nachdem Klimaanpassung mittlerweile als inter- und transdisziplinäres Forschungsfeld etabliert ist sowie als öffentlicher Auftrag auf der Ebene des Bundes und der Länder institutionalisiert ist, rückt insbesondere die Umsetzung von Klimaanpassung in Kommunen und Regionen in den Vordergrund. Hierfür ist die Entwicklung

von regional und lokal aufgelösten Klimainformationen und von Entscheidungsunterstützungstools von großer Bedeutung. Ziel der BMBF-Fördermaßnahme „Regionale Informationen zum Klimahandeln (RegiKlim)“ ist es daher, entscheidungsrelevantes Wissen für lokale und regionale Akteure zur Anpassung an den Klimawandel aufzubauen und den Bedarfen entsprechende und verlässliche Klimadienste zu entwickeln. Dazu werden in sechs Modellvorhaben regionale Lösungsansätze zur Klimaanpassung entwickelt, Informationen zum Klimahandeln generiert und der Aufbau von entscheidungsunterstützenden Klimadiensten vorangetrieben. Die Modellvorhaben werden von zwei Querschnittsvorhaben begleitet, die die wissenschaftliche Koordination übernehmen und den inhaltlichen Austausch der Modellvorhaben fördern (WIRKsam) sowie projektübergreifend nutzbare lokale Klimainformationen bereitstellen (NUKLEUS). RegiKlim soll aufzeigen, wie praxisnahe Klimainformationen und integrierte Bewertungsmethoden von Klimarisiken und -anpassungsmaßnahmen ressortübergreifendes Klimahandeln auf lokaler und regionaler Ebene befördern.

Verwaltungen auf der lokalen und regionalen Ebene besitzen eine Schlüsselrolle in der Umsetzung von Klimaanpassung durch direkte Umsetzungsmöglichkeiten in der lokalen Daseinsvorsorge, den direkten Austausch mit verschiedenen Akteuren sowie bei der Verankerung von Klimaanpassung in Planungs- und Verwaltungsprozessen. Obwohl das Bewusstsein für Klimaanpassung in den Kommunen gewachsen ist, bestehen noch Hürden und Hemmnisse bei der Umsetzung. Um diese Umsetzung zu befördern, existiert bereits eine breite Landschaft an Klimainformationen. Die Übersetzung dieser Informationen in kommunales Handeln stellt eine komplexe Aufgabe dar. In diesem Zusammenhang werden vorhandene Potentiale noch nicht vollends ausgeschöpft. Diesbezüglich gilt es, auch ökonomische Bewertungsmethoden von Anpassungsmaßnahmen praxisnah einzubinden und schlussendlich die ressortübergreifende, synergetische Implementierung von Maßnahmen zu befördern.

Eine wichtige Rolle, um Umsetzungshürden der Klimaanpassung zu adressieren, wird der transdisziplinären und kollaborativen Entwicklung von bedarfsgerechten und anwenderfreundlichen Klimadiensten zugesprochen. Bestehende Klimadienste können hierbei als Bezugspunkte für die Zielprodukte in den Modellregionen dienen, um die

Ziel dieser Bestandsaufnahme ist es, innerhalb von RegiKlim eine gemeinsame Informationsbasis zu schaffen, die alle Verbundprojekte dahingehend unterstützt, aktuelle Forschungslücken und Umsetzungsherausforderungen zu identifizieren und gezielt zu bearbeiten. Die Bestandsaufnahme dient so auch als Grundlage für die interne thematische Vernetzung und Zusammenarbeit. Für die gemeinsam zu erarbeitenden Leitfäden und Handbücher kann diese Bestandsaufnahme durch das Aufzeigen derzeitiger Forschungslücken eine Diskussionsbasis bilden und die Zusammenführung der verschiedenen Ansätze unterstützen. Die Aufarbeitung der politischen Agenda- und Strategieprozesse dient zudem als Bezugsrahmen für die externe Vernetzung und die Anschlussfähigkeit des RegiKlim-Vorhabens nach „außen“. Hinsichtlich der Adressierung von inhaltlichen Forschungslücken sowie von praktischen Umsetzungslücken in der Schnittstelle Forschung-Praxis kann die Bestandsaufnahme daher die Kohärenz der RegiKlim-Resultate sowie die Umsetzbarkeit und Wirksamkeit der daraus abgeleiteten Handlungsempfehlungen befördern. Durch die Bezugnahme auf Forschungs- und Umsetzungslücken und zentrale politische Agenden kann zudem der Transfer der Resultate aus den Modellprojekten erleichtert werden.

Zu Beginn ordnet die Bestandsaufnahme regionale Klimaanpassungsaktivitäten in nationale und internationale Strategie- und Agendaprozesse der Klimaanpassung ein (Kapitel 2). Anschließend werden regionale Rahmenbedingungen der Klimaanpassung in Deutschland konkretisiert (Kapitel 3). Kapitel 4 fasst den Stand abgeschlossener und aktueller Forschungsprojekte zusammen und benennt daraus abgeleitete Forschungslücken und Umsetzungsherausforderungen. Darauf aufbauend gibt Kapitel 5 eine Übersicht zu Klimadiensten- und Plattformen und gibt Empfehlungen für deren nutzerfreundliche Entwicklung. Abschließend werden in einem Ausblick Schlussfolgerungen für die zukünftige Klimaanpassungsforschung und -praxis gezogen.

2. Internationale und nationale Strategien und Agendaprozesse zur Klimaanpassung

Internationale Rahmenwerke der Klimaanpassung

Im letzten Jahrzehnt haben sich internationale Anstrengungen in der Klimaanpassung deutlich beschleunigt und verbreitert. Spätestens mit dem Dritten Sachstandsbericht des IPCC (IPCC, 2001) hat das Thema stärkere wissenschaftliche und politische Aufmerksamkeit erfahren. In Folge dessen wandelte sich die Frage von „ob“ neben Klimaschutz Anpassung geschehen soll dazu, „wie“ dies international geleistet werden kann (UNFCCC, 2019: 13). Wissenschaftlich liefert die 2001 gegründete IPCC Arbeitsgruppe II „Impacts Adaptation, and Vulnerability“ in regelmäßigen Anpassungsberichten eine wichtige Grundlage für die Beantwortung dieser Frage. Im selben Jahr wurden auf dem UN-Gipfel in Marrakesch erstmals Leitlinien zur Erarbeitung Nationaler Aktionsprogramme zur Anpassung (NAPAs) verabschiedet. Nach einer vorhergegangenen Priorisierung von Klimaschutz gegenüber der Klimaanpassung, insbesondere in Industrieländern, wurde letzterer seitdem eine bedeutendere Rolle neben dem Klimaschutz eingeräumt. Damit wurde auch das vorher oft diskutierte Mantra „mitigation is global, adaptation is local“ (Burton, 2011: 481) überholt und eine stärkere internationale Koordination von Klimaanpassung eingeleitet (Persson & Dzebo, 2019).

Mit dem Pariser Klimaabkommen von 2015 wurde Klimaanpassung fest im UNFCCC verankert. Der Artikel 7.1 des Abkommens definiert als globales Ziel die Erhöhung von Anpassungskapazitäten, die Stärkung von Resilienz und die Verringerung der Vulnerabilität gegenüber dem Klimawandel. Allerdings umfasst das Abkommen keine Details zur verpflichtenden Implementierung dieser Ziele sowie keine Berichtspflichten oder Indikatoren. Die Struktur des Pariser Abkommens muss daher auf internationaler, nationaler und lokaler Ebene inhaltlich und organisatorisch mit konkreten Funktionen und Aufgaben ausgefüllt werden (Persson und Dzebo, 2019). Dennoch wurde mit dem Pariser Klimaabkommen eine klare inhaltliche Richtung festgelegt, die eine Integration von Klimaanpassung mit Katastrophenvorsorge und nachhaltiger Entwicklung vorsieht.

Neben dem Pariser Klimaabkommen bilden die Nachhaltigkeitsziele (SDGs) und das Sendai Rahmenwerk für Katastrophenvorsorge die wichtigsten internationalen Übereinkünfte für die Integration von Klimaanpassung. Da die Bereiche der Klimaanpassung und Katastrophenvorsorge sowohl national als auch auf Ebene der UN institutionell getrennt liegen, entstehen Überlappungen und Handlungslücken. Zentrale Bereiche, in denen die Koordination zwischen Anpassung und Katastrophenvorsorge insbesondere auf lokaler Ebene verbessert werden kann sind unter anderem „Governance und Policy“ sowie „Daten und Information“ (OECD, 2020). Lokale Behörden, die im direkten Austausch mit einer Vielzahl lokaler Akteure stehen, eignen sich gut dafür, die Kohärenz zwischen Anpassung und Katastrophenvorsorge zu erhöhen. Dafür bedarf es allerdings ausreichend finanzieller und institutioneller Kapazitäten sowie gut integrierter lokaler Daten zu Klimarisiken und Katastrophen. Das Sendai Rahmenwerk betont hinsichtlich der lokalen Spezifität von Risiken benutzerfreundliche Informationen für lokale Akteure zu schaffen (UN, 2015: Artikel 19i, 25e). Durch die Auswirkungen von Katastrophen über Sektorengrenzen hinweg sollen Verantwortlichkeiten zwischen öffentlichen und privaten Akteuren klar benannt und abgestimmt werden (Artikel 19e). Auch die globalen Nachhaltigkeitsziele überlappen mit Zielen der Klimaanpassung. Das wird besonders an dem Ziel 11 („Nachhaltige Städte und Gemeinden“) sichtbar, während auch andere Nachhaltigkeitsziele direkt mit Klimaanpassung zusammenhängen (z.B. die Ziele 2, 3,4 und 9). Dennoch sind die Nachhaltigkeitsziele der Vereinten Nationen institutionell von der Klimaanpassung getrennt. Nationale Anpassungspläne (NAPAs) sollen daher dazu dienen, eine Integration der beiden Bereiche zu bewerkstelligen. Zudem können die Nachhaltigkeitsziele die Anerkennung der sozialen, kulturellen, ökonomischen, politischen, institutionellen und normativen Elemente von Klimaanpassung befördern und die Klimaanpassung damit als breitere Entwicklungsaufgabe stärken (Rodriguez et al., 2018).

Auf der internationalen Wissenschaftsebene reflektieren die Berichte des IPCC diese politischen Beschlüsse hin zu einer stärkeren Integration von Klimaanpassung, nachhaltiger Entwicklung und Katastrophenvorsorge. Es wird betont, dass während international und national politische Rahmenwerke und allgemeine Ziele der Klimaanpassung vereinbart sind, die schnelle Annahme und Verbreitung von Anpassungsmaßnahmen besonders von internen Faktoren auf nationaler und sub-nationaler Ebene

abhängt (Massey et al., 2014). Durch den direkten Austausch mit einer Vielzahl von Akteuren sind lokale Regierungen prädestiniert dazu, Klimaanpassung integriert umzusetzen. Dennoch können fest verankerte Interessen und politische Konflikte lokale Anpassungsmaßnahmen erschweren, weshalb Führungskraft und Führungskapazitäten unbedingt notwendig sind (IPCC, 2018). Um lokale Anpassungsmaßnahmen an internationale Prozesse anzuknüpfen und lokalen Erfahrungen und Interessen international Gehör zu verschaffen, ist schließlich deren Einbettung in nationale Anpassungspläne wichtig sowie auch der Anschluss an internationale Städtenetzwerke (z.B. ICLEI, C-40). Anders als beim Klimaschutz, bei dem Treibhausgase zentral gemessen werden können, fehlt in der Klimaanpassung ein zentraler Indikator zur Bewertung des Fortschritts von Anpassungsmaßnahmen. Darüber hinaus ist global die Datenverfügbarkeit zu Anpassung gering und es mangelt an einem übergeordneten konzeptionellen Rahmenwerk, das skizziert, welche Prozesse gemessen werden sollen (Berrang-Ford et al., 2019). Um Anstrengungen in der Klimaanpassung auf globaler Ebene zu bewerten, sind neben einer schärferen Konzeptualisierung von Anpassung aussagekräftige Indikatoren notwendig (Ford & Berrang-Ford, 2016). Leiter et al. (2019) betonen, dass Indikatoren möglichst lokale räumliche und sozio-politische Kontexte berücksichtigen sollten (siehe auch Kapitel 4). Auch wenn global eine vergleichbare Bewertung von Fortschritten in der Klimaanpassung notwendig ist, müssen auf sub-nationaler und lokaler Ebene besonders robuste Bewertungsindikatoren sowie dahinterliegende Konzepte von Anpassung entwickelt werden. Um anschließend eine Standardisierung und Übertragbarkeit der Bewertung zu gewährleisten, müssen diese Prozesse der kontextspezifischen Entwicklung von Indikatoren möglichst transparent und reflexiv gestaltet werden.

Die Europäische Anpassungsstrategie

Auch auf europäischer Ebene haben internationale Politik- und Forschungsprozesse zur Klimaanpassung Einzug in strategische Rahmenwerke gefunden und sind dort vorangetrieben worden. Nachdem 2009 ein erster europäischer Anpassungsrahmen in einem Weißbuch festgelegt wurde, hat die Europäische Kommission 2013 erstmals die EU-Anpassungsstrategie eingeführt. Diese bietet einen Rahmen zur Vorbereitung der EU auf die Auswirkungen des Klimawandels und legt drei übergeordnete Ziele zur

Verbesserung der Anpassungsfähigkeit fest: 1. Die Förderung von Maßnahmen in den Mitgliedsstaaten, 2. besser informierte Entscheidungsfindung und 3. „Climate-proofing EU action“ durch die Förderung von Anpassung in besonders vulnerablen Sektoren. Eine Evaluation der ersten EU-Anpassungsstrategie bewertet das 2013 eingeführte Informationstool Climate-ADAPT, das als maßgebliche europäische Plattform für Klimaanpassung mit Klimainformationen sowie Best Practice Beispielen konzipiert wurde, grundsätzlich als Erfolg (Europäische Kommission, 2018). Die Plattform hat die Wissensgenerierung zum Thema Klimaanpassung befördert und auch die Nutzung dieses Wissens erleichtert. Gleichzeitig konnte die Plattform die Koordination zwischen unterschiedlichen Sektoren und institutionellen Ebenen verbessern. Dennoch wurden weiterhin Defizite festgestellt. Wissenslücken bei regionalen und lokalen Analysen zur Risikobewertung, bei Modellen und Tools zur Verbesserung von Entscheidungswissen sowie beim Monitoring und bei der Evaluierung von Anpassungsmaßnahmen bestehen fort. Darüber hinaus wird Anpassung stark als „science-led“ betrieben und es braucht eine stärkere transdisziplinäre Zusammenarbeit von Wissenschaft und Praxis, insbesondere durch die Einbindung lokaler Praxisakteure. Dies wird auch durch das Mission Board für Klimaanpassung und soziale Transformation verdeutlicht, welches vorschlägt, dass angewandte Forschung, engagierte Lokalregierungen und Politikreformen gemeinsam die Klimaresilienz Europas vorantreiben sollten (Europäische Kommission, 2021a). RegIKlim kann hierbei mit transdisziplinär entwickelten Entscheidungsunterstützungstools und der Generierung von praxisnahem Handlungswissen einen Beitrag leisten.

Die in 2021 veröffentlichte neue EU-Anpassungsstrategie hat einen transformativen Ansatz und koppelt Klimaanpassung eng an gesellschaftliche Wandlungsprozesse (Europäische Kommission, 2021b). Klimaanpassung wird als eine der wichtigsten Prioritäten des EU Green Deal betrachtet. Neben dem Ziel, die Wissensbasis zum Thema Klimawandel und Anpassung zu verbessern, skizziert die EU-Anpassungsstrategie Wege einer systematischeren Einbindung von Anpassung in Politikprozesse über Skalen- und Sektorengrenzen hinweg und stellt Ressourcen zur schnelleren Umsetzung von Klimaanpassung bereit. Gleichzeitig betont die Strategie die Dringlichkeit von Anpassung und nimmt eine Erderwärmung zwischen 3-4°C als Grundlage für die Bewer-

tung von Anpassungsnotwendigkeit an. Trotz der Erstellung nationaler Anpassungspläne in allen Mitgliedsstaaten seit der EU-Anpassungsstrategie von 2012 und umfassender Forschungsanstrengungen weist das Dokument explizit auf eine lückenhafte Wissensbasis hinsichtlich klimabedingter Risiken und Verluste sowie der Bewertung der Wirksamkeit von Anpassungsmaßnahmen hin. Gleichzeitig bestehen Umsetzungslücken in der physischen Anpassung. Trotz des übergeordneten Rahmens der EU sowie nationaler Anpassungsstrategien, wird die lokale Ebene explizit als zentrale Ebene der Klimaanpassung hervorgehoben. Mit Unterstützung der EU soll die lokale Nutzung von Daten und digitalen Lösungen verbessert werden, damit kontext-spezifische Informationstools letztlich auch eine schnelle physische Anpassung befördern. Das europäische Erdbeobachtungsprogramm Copernicus liefert öffentliche und frei zugängliche Grundlagendaten, auf deren Basis lokale Klimainformationen generiert werden können. Generell befassen sich mehrere sektorale Politiken auf EU-Ebene direkt oder indirekt mit der Anpassung an Klimaauswirkungen. Dazu gehören die Wasserrahmenrichtlinie, die Hochwasserrichtlinie, aber auch die Urbane Agenda für die EU. Zudem können hier die gemeinsame Agrarpolitik, die EU-Forststrategie und die Biodiversitätsstrategie genannt werden. Bisher werden jedoch die Synergien dieser verschiedenen Politikfelder nicht ausreichend identifiziert und ausgeschöpft. Es kann sogar dazu kommen, dass Anpassungsmaßnahmen in einem Sektor die Anpassungskapazität in einem anderen Sektor verringert (*maladaptation*) (BMU, 2020). Das kürzlich vorgeschlagene EU-Klimagesetz verlangt von den Mitgliedsstaaten, Anpassungsstrategien zur Stärkung der Klimaresilienz zu entwickeln und umzusetzen. Dadurch wird eine rechtliche Grundlage für weitere Maßnahmen geschaffen.

Während der deutschen Ratspräsidentschaft 2020 wurde die zentrale Rolle von Wasser für die neue EU-Anpassungsstrategie herausgestellt (BMU, 2020). Das Thema Wasser zeigt deutlich, dass eine transformative Anpassung an den Klimawandel sektorenübergreifend geschehen muss. Das BMU betont dahingehend, dass zur Klimaanpassung im Bereich Wasser langfristig eine Umgestaltung von Land- und Wassernutzung, Konsummuster, Landwirtschaft sowie Raum- und Stadtplanung nötig ist. Dieser sektorenübergreifende Ansatz spiegelt zentrale Punkte des RegIKlim Vorhabens wieder, das auf lokaler und regionaler Ebene integrierte Informationen zum Kli-

mahandeln schaffen soll und damit die Kopplung unterschiedlicher Sektoren vorantreibt. ReglKlim kann dazu beitragen, den vom BMU festgestellten Aufholbedarf in der Verfügbarkeit von wasserrelevanten Daten und Klimaservices zu verringern.

Die Deutsche Anpassungsstrategie

Bereits im Jahr 2008 beschloss die Bundesregierung die Deutsche Anpassungsstrategie (DAS), die die Grundlage und den politischen Rahmen für einen mittel- bis langfristigen Prozess zur Anpassung an den Klimawandel in Deutschland setzt. Das übergreifende Ziel der DAS ist „die Verwundbarkeit gegenüber den Folgen des Klimawandels zu mindern bzw. die Anpassungsfähigkeit natürlicher, gesellschaftlicher und ökonomischer Systeme zu erhalten oder zu steigern und mögliche Chancen zu nutzen“ (Bundesregierung, 2008: 4). Für ein vorsorgeorientiertes Planen und Handeln sind Wissensaufbau, das Aufzeigen von Handlungsoptionen, Beteiligungsprozesse, Bewusstseinsbildung und Strategieentwicklung zum Umgang mit Unsicherheiten erforderlich. Die DAS benennt Handlungsoptionen sowie zentrale Akteure aus 15 Handlungsfeldern: Bauwesen, Biologische Vielfalt, Boden, Energiewirtschaft, Finanz- und Versicherungswirtschaft, Fischerei, Forstwirtschaft, Industrie und Gewerbe, Landwirtschaft, menschliche Gesundheit, Tourismus, Verkehr und Verkehrsinfrastruktur, Wasser, Hochwasser- und Küstenschutz sowie die Querschnitt-Handlungsfelder Bevölkerungs- und Katastrophenschutz und Raum-, Regional- und Bauleitplanung. Klimaanpassung soll durch *mainstreaming* erreicht werden, indem Anpassung als „integraler Bestandteil von Planungs- und Entscheidungsprozessen in allen relevanten Handlungsfeldern“ (Bundesregierung, 2008: 59) etabliert wird. Es soll erreicht werden, Klimaanpassung in die Breite zu tragen und nicht als ein eigenständiges Programm zu verstehen. Die DAS bildet hierfür den politischen sowie strategischen Rahmen des Bundes für die Anpassungspolitik an den Klimawandel, der sowohl eine sektorenübergreifende Zusammenarbeit ermöglichen als auch einen Planungs- und Umsetzungsrahmen für die Landes-, Regional- und Kommunalebene liefern soll.

Die *Interministerielle Arbeitsgruppe Anpassung an die Folgen des Klimawandels* (IMAA), unter Federführung des Bundesumweltministeriums, begleitet die DAS und deren Weiterentwicklung (Bundesregierung, 2020). Damit wird die horizontale Integra-

tion von Klimaanpassung in unterschiedliche Politikbereiche institutionalisiert. Die Bundesministerien arbeiten in der IMAA auf freiwilliger Basis zusammen (*network mode of governance*) und treffen Entscheidungen konsensual (Vetter et al., 2017). Die vertikale Integration von Klimaanpassung über die Bund-Länder-Ebene ist durch den *Ständigen Ausschuss Anpassung an die Folgen des Klimawandels* (StA AFK) der Umweltministerkonferenz (UMK) etabliert. Alle Bundesländer sind in der Anpassungspolitik aktiv geworden (siehe auch Kapitel 3) und erarbeiteten Konzepte und/oder Maßnahmenpläne zur Anpassung an den Klimawandel (Vetter et al., 2017). Auf der 90. UMK wurde der Beschluss zur Einrichtung eines Ständigen Ausschusses „Klimawandel“ in der Bund-Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA-AK) gefasst. Der LAWA-AK befasst sich mit den Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft und erarbeitet länderübergreifend Handlungsoptionen im Bereich Wasser. Insgesamt zeigt sich, dass die strategische Zusammenarbeit zwischen Bund und Ländern über die letzten Jahren verstärkt wurde (Bundesregierung, 2020).

Das Thema Klimaanpassung wird seit 2015 auch verstärkt auf kommunaler Ebene platziert (Bundesregierung, 2020). Die Ergebnisse einer nicht-repräsentativen Online-Umfrage aus dem Jahr 2018³ zeigen, dass Kommunen insbesondere dann handelten, wenn sie eigene Erfahrungen mit extremen Wetterereignissen erlebten. Den Angaben nach erarbeiten mehr als ein Drittel der befragten Kommunen Anpassungsstrategien und -konzepte, ebenso hat fast die Hälfte eine verwaltungsinterne Bestandsaufnahme zur Klimaanpassung durchgeführt oder arbeitet daran. Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel werden von Kommunen entwickelt und umgesetzt, vor allem im Bereich der Wärmedämmung von Gebäuden, bei der Auswahl von klimaangepassten Baumarten und Pflanzen sowie beim ökologischen Hochwasserschutz. Dennoch ist aus der Umfrage festzuhalten, dass ein Drittel der befragten Kommunen Klimaanpassung nicht berücksichtigen und strategisch bearbeiten (können), häufig aufgrund mangelnder personeller Ressourcen. Ebenso verzögert eine unzureichende Datengrundlage, fehlende Erfahrung im Bereich Klimaanpassung oder eine geringe Akzeptanz in der Bevölkerung, bei der lokalen Politik oder in der Verwaltung politische Beschlüsse,

³ UBA (2019): „Umfrage Wirkung der Deutschen Anpassungsstrategie (DAS) für die Kommunen“, Climate Change 01/2019. Dessau: Umweltbundesamt. Online unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/umfrage-wirkung-der-deutschen-anpassungsstrategie>
Die i.e.S. statistisch nicht repräsentative Umfrage wurde im Auftrag des Umweltbundesamtes vom Deutschen Institut für Urbanistik (Difu) durchgeführt.

Maßnahmenprogramme oder Konzeptentwicklungen zur kommunalen Klimaanpassung (Bundesregierung, 2020).

Um Kommunen verstärkt bei der Klimaanpassung zu unterstützen, fördert der Bund Klimaanpassung in sozialen Einrichtungen und seit 2021 den Einsatz von lokalen Anpassungsmanager:innen, wodurch nachhaltiges Anpassungsmanagement vor Ort aufgebaut wird. So wird die Umsetzung der Anpassungskonzepte in der Praxis begleitet und sichergestellt. Das im Juli 2021 eingerichtete *Zentrum KlimaAnpassung* bietet zudem individuelle Beratungsangebote für Städte, Landkreise, Gemeinden und soziale Einrichtungen. Es bündelt bundesweit einschlägige Kompetenzen, Erfahrungen und Wissen zur Klimaanpassung, um mit lokalen Entscheidungsträger:innen passende Lösungen für die jeweilige Situation vor Ort zu entwickeln und öffentliche Aufmerksamkeit für das Thema zu schaffen.

Im RegiKlim-Vorhaben sind Kommunen und Landkreise ebenso zentrale Schlüsselakteure. Es wird eine umfassende Datenlage und -aufbereitung auf lokaler und regionaler Ebene bereitgestellt, sodass kommunale Akteure in die Lage versetzt werden, regionalspezifische Herausforderungen in der Klimaanpassung zu verstehen und maßgeschneiderte Handlungsoptionen vor Ort zu entwickeln. Um Klimaanpassung als Querschnittsthema aufzugreifen, arbeiten viele unterschiedliche Stakeholder in den RegiKlim-Regionen zusammen. Dabei sind nicht nur die Städte, sondern insbesondere auch Regionen und ländliche Räume im RegiKlim-Vorhaben vertreten. Durch RegiKlim werden finanzielle und personelle Mittel in der Forschung und Praxis in den sechs Modellprojekten bereitgestellt. Es gilt, diese Kapazitäten umfänglich aususchöpfen und das gewonnene Wissen über den Förderzeitrahmen hinaus zu verstetigen.

Produkte der DAS

Der Planungs- und Umsetzungsprozess der DAS folgt einem sukzessiven Politikzyklus⁴ mit den folgenden Schritten, die auf Bundesebene alle bearbeitet werden (Vetter et al., 2017):

- Bewertung von Klimafolgen und Vulnerabilitäten
- Identifizierung und Auswahl von Anpassungsoptionen
- Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen
- Monitoring und Evaluierung von Anpassungsmaßnahmen und Strategieprozess

Durch das Subsidiaritätsprinzip integrieren Länder und Kommunen den Politikzyklus in deren Umsetzungsprozesse, wobei dies mit unterschiedlichem Fortschritt erfolgt (Vetter et al., 2017). Zu den einzelnen Schritten des Politikzyklus lassen sich Produkte zuordnen, die im Rahmen der DAS erarbeitet wurden. Zum Beispiel der Monitoringbericht, die Klimawirkungs- und Risikoanalyse (KWRA), der Aktionsplan Anpassung (APA) oder die Evaluierung der DAS.

Der *DAS-Monitoringbericht*⁵ informiert über die beobachteten Folgen des Klimawandels und bereits eingeleitete Anpassungsmaßnahmen in Deutschland. Damit wird in kompakter Form anhand von ausgewählten Indikatoren und gemessenen Daten aus den 15 Handlungsfeldern dargestellt, welche Veränderungen durch den Klimawandel schon feststellbar sind und welche Gegenmaßnahmen bereits erfolgsversprechend sind. Der aktuelle Bericht wurde 2019 veröffentlicht und wird derzeit alle 4 Jahre aktualisiert.

Das Indikatorensystem des Monitorings zielt auf die Darstellung einer bundesweiten Entwicklung ab und differenziert nur in wenigen Fallbeispielen regionale Unterschiede zu den beobachteten Folgen des Klimawandels. Dies trifft nur zu, wenn keine bundes-

⁴ Weiterführende Informationen zum Modell des Politikzyklus der Anpassung siehe: Vetter, A; Chrischilles, E; Eisenack, K; Kind, C; Mahrenholz, P; Pechan, A (2017): Anpassung an den Klimawandel als neues Politikfeld. In: Brasseur G; Jacob D; Schuck-Zöller S (Hrsg.): Klimawandel in Deutschland. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg

⁵ Weiterführende Informationen zum Monitoringbericht und der Methodik des DAS-Monitoring-Indikatorensystems siehe: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/folgen-des-klimawandels/monitoring-zur-das>

weiten Daten zur Verfügung stehen. Somit werden im Allgemeinen keine regional spezifischen Aussagen getroffen, sondern die räumlich begrenzten Datensätze werden stellvertretend für nationale Aussagen verwendet. Zum Beispiel beim Uferbewuchs von kleinen und mittelgroßen Gewässern – hier erheben die Bundesländer im Rahmen der Gewässerstrukturkartierung unterschiedliche Strukturparameter nach einer einheitlichen Erfassungs- und Bewertungsmethodik (UBA, 2019).

Im Juni 2021 wurde die *Klimawirkungs- und Risikoanalyse*⁶ für Deutschland (KWRA 2021)⁷ veröffentlicht. Die Studie untersucht für die Gegenwart und in zwei Zukunftsszenarien für die Mitte (2031 bis 2060) und das Ende des Jahrhunderts (2071 bis 2100) umfassend und detailliert die Klimarisiken und Wechselbeziehungen zwischen einzelnen Wirkungen des Klimawandels in Deutschland. Unter der Einbindung von Expertinnen und Experten aus 25 Bundesbehörden und -institutionen aus neun Ressorts, die im Behördennetzwerks „Klimawandel und Anpassung“ zusammenarbeiten, waren die leitenden Fragen: Wie wirkt sich der Klimawandel künftig auf die Natur, unsere Lebensgrundlagen, unsere Gesundheit, unseren Alltag und unsere Wirtschaft aus? Wo können wir durch Anpassung die Klimarisiken verringern? Und: Wo müssen wir dringend etwas tun? (Kahlenborn et al., 2021).

Trotz der hohen Komplexität der Wechselwirkungen und Wirkpfade erfolgte in der KWRA eine übergeordnete Bewertung der Klimarisiken aus einer gesamtwirtschaftlichen und gesamtgesellschaftlichen Perspektive mit Berücksichtigung von ökologischen und kulturellen Folgen (Kahlenborn et al., 2021). Ergänzend zu den Klimarisiken ohne Anpassung erfolgte eine Einschätzung der Anpassungskapazität mithilfe eines Analyseschemas auf Ebene der Handlungsfelder, Klimawirkungen und auf generischer Ebene. Anpassungskapazität wurde in sechs Anpassungsdimensionen - Wissen, Motivation und Akzeptanz, Technologie und natürliche Ressourcen, finanzielle Ressourcen, institutionelle Struktur und personelle Ressourcen, rechtliche Rahmenbedingungen und politische Strategien - betrachtet sowie nach beschlossenen Maßnahmen und weiterreichender Anpassung differenziert (Kahlenborn et al., 2021).

⁶ Name wurde geändert von Klimawirkungs- und Vulnerabilitätsanalyse (2015) zu Klimawirkungs- und Risikoanalyse (2021)

⁷ Weiterführende Informationen zum gesamten Abschlussbericht der KWRA 2021 siehe: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/KWRA-Zusammenfassung>

Die Ergebnisse der KWRA zeigen auf Bundesebene, in welchen Handlungsfeldern und bei welchen Klimawirkungen besonders hohe Klimarisiken, geringe Anpassungskapazitäten und dringende Handlungserfordernisse bestehen. Die breitangelegte Studie kann dabei detaillierte Risikoanalysen auf lokaler und regionaler Ebene nicht ersetzen, sondern dient vielmehr als unmittelbare Grundlage für die regionale oder lokale Anpassungsplanung (Kahlenborn et al., 2021).

In 2020 wurde mit dem 2. DAS-Fortschrittsbericht der *Aktionsplan Anpassung III (APA III)* von der Bundesregierung verabschiedet. Der APA III bilanziert bundesweite Aktivitäten mit 188 Politikinstrumenten und Maßnahmen und zeigt konkrete Schritte der Bundesregierung zur Weiterentwicklung und Umsetzung der DAS auf. Kommunen spielen eine wichtige Rolle bei der Entwicklung und Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen, vor allem durch die wesentlichen Zuständigkeiten bei der Daseinsvorsorge und im Infrastrukturbereich, oder auch durch die Nähe zu Akteuren sowie Bürgerinnen und Bürgern vor Ort (Bundesregierung, 2020). Der APA setzt dabei auch auf eigenverantwortliches Handeln und Eigeninitiative (Vetter et al., 2017).

Für Aktivitäten des Bundes im Cluster Wasser sieht der APA III beispielsweise vor, das Nationale Hochwasserschutzprogramm fortzuführen, Fließgewässer zu renaturieren, Vorschläge zur Wassernutzungen zu erarbeiten um Wassernutzungskonflikte in Dürrezeiten zu klären und einen Leitfaden zur Erstellung von Gefahren- und Risikokarten für lokale Starkregenereignisse zu erarbeiten (Bundesregierung, 2020).

Um die einzelnen Maßnahmen des APA zu priorisieren, wurden die Anpassungsmaßnahmen und deren Wechselwirkungen mithilfe des Priorisierungstool PrioSet multikriteriell bewertet und Vorschläge für einen Policy Mix zur Anpassung an den Klimawandel⁸ erarbeitet. Auch das UBA-Vorhaben „Vertiefte ökonomische Analyse einzelner Politikinstrumente und Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel“ greift auf die Bewertungsmethodik der Maßnahmen und Instrumente (inkl. Detailinformationen zu Kosten) aus PrioSet zurück und ergänzt neue Maßnahmen. Die Studie führt eine öko-

⁸ Weiterführende Informationen zum Policy Mix für den APA II siehe: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/climate_change_19_2016_vorschlag_fuer_einen_policy_mix.pdf

nomische Modellierung sowie eine erweiterte ökonomische Bewertung von Maßnahmen durch und entwickelt 16 Informationsblätter⁹ mit den Bewertungsergebnissen ausgewählter Maßnahmen. Dabei werden positive und negative Nebeneffekte von Maßnahmen betrachtet. Hierbei werden beispielsweise naturräumliche Maßnahmen, aus gesamtgesellschaftlicher Perspektive, trotz des geringen wirtschaftlichen Nutzens, befürwortet. In diesem Zusammenhang muss noch geklärt werden, welche Umsetzungshindernisse bei naturräumlichen Maßnahmen bestehen. Der Zusatznutzen ist hoch und die damit verbundenen Kosten fallen meist relativ gering aus, dennoch werden eher bauliche/technische Maßnahmen zur Gefahrenabwehr ergriffen (Lehr et al., 2020). Für die weitere zielgerichtete Entwicklung von Maßnahmen besteht der Bedarf Klimaschäden und Anpassungsmaßnahmen auf kleinräumiger Skala zu bewerten, da sich diese regional unterscheiden. Ebenso ist die Gestaltung eines transformativen Policy Mix hin zu einer sozial-ökologischen Transformation weiter zu vertiefen, um die großen Transformationsherausforderungen anzugehen (Lehr et al., 2020) (siehe auch Kapitel 4 – Baustein B).

Weitere erfolgreiche Umsetzungsbeispiele der Klimaanpassung sind beispielsweise in der UBA-Tatenbank¹⁰ oder im Projektkatalog unter anpassung.net zu finden. „Gute-Praxis“-Beispiele müssen sichtbar gemacht werden, um andere zu inspirieren und zu motivieren, ebenfalls Projekte der Klimaanpassung zu entwickeln und umzusetzen. Das ist auch Ziel des Wettbewerbs „Blauer Kompass“¹¹, bei dem innovative Lösungen zur Klimaanpassung ausgezeichnet werden. Bei der nächsten Wettbewerbsrunde können erstmalig auch Kommunen in einer eigenen Kategorie teilnehmen.

Der Strategieprozess und die Umsetzung der DAS soll kontinuierlich fortgeführt und weiterentwickelt werden. Hierzu fand eine erste externe **Evaluation der DAS** im Jahr 2018 entlang einer von der IMAA beschlossenen Methodik¹² statt.

Die Bundesressorts nehmen Klimaanpassung unterschiedlich stark in ihre einzelnen strategischen Ausrichtungen auf. Einige verankern Anpassung an den Klimawandel

⁹ <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/anpassung-an-den-klimawandel/bewertung-massnahmen-zur-klimafolgenanpassung>

¹⁰ www.umweltbundesamt.de/tatenbank

¹¹ www.umweltbundesamt.de/blauerkompass

¹² Weiterführende Informationen zur Methodik der Evaluierung siehe: Christian Kind, Theresa Kaiser, Hansjörg Gaus: „Methodik für die Evaluation der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel“, <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/methodik-fuer-die-evaluation-der-deutschen>

mit gesonderten Facheinheiten, andere schreiben Anpassungsthemen keine große Bedeutung zu, beispielsweise aufgrund von geringer Betroffenheit durch den Klimawandel (Bundesregierung, 2020). Die Evaluation zeigt, dass Anpassung an den Klimawandel in den Bundesressorts stärker institutionalisiert und die ressortübergreifende Zusammenarbeit ausgebaut werden muss (horizontale Integration). Obwohl seit einigen Jahren Bund und Länder stärker zusammenarbeiten, gilt es weiterhin die Bund-Länder-Kooperation zu vertiefen und strategischer auszurichten (vertikale Integration). Dies kann zum Beispiel durch die Schaffung eines Rechtsrahmens zur Anpassung an den Klimawandel oder eine stärkere finanzielle Unterstützung durch den Bund angegangen werden, sodass auch die Grundlagen für kommunale Anpassung gefestigt werden (Bundesregierung, 2020).

Damit die Anpassung an den Klimawandel gelingt, benötigt ein Strategieprozess klare und konkrete Ziele. Die DAS nennt zwar Zielformulierungen, diese bleiben aber unspezifisch und geben somit nur eine grobe Orientierungshilfe. Als nächsten Schritt hat die IMAA somit die Erarbeitung einer Vision für ein klimaresilientes Deutschland 2060 vorgesehen, unter Berücksichtigung der EU-Anpassungsstrategie. Ebenso sollen die 15 DAS-Handlungsfelder überprüft werden und eventuell mit neuen Bereichen wie das kulturelle Erbe ergänzt werden (Bundesregierung, 2020). Für eine breite Verankerung von Klimaanpassung sind neben den politischen Akteuren vor allem gesellschaftliche Akteure bedeutend. Ressorts binden zwar nichtstaatliche Akteure ein, allerdings werden diese in der DAS noch nicht umfassend und systematisch berücksichtigt. Beteiligungsprozesse und Konsultationen müssen also ausgebaut werden, sodass Klimaanpassung in der breiten Gesellschaft einen höheren Stellenwert erzielt und soziale Belange stärker in die strategischen Prozesse einfließen können (Bundesregierung, 2020).

Für die Umsetzungsebene von Anpassungsmaßnahmen empfehlen die DAS-Evaluationsergebnisse, einen direkten Zusammenhang zwischen 1. hohen Handlungserfordernissen, 2. einer systematischen Auswahl von direkt hierzu passenden Anpassungsmaßnahmen und 3. einer Priorisierung dieser Maßnahmen zu verankern (Bundesregierung, 2020). Damit dies gelingt, entwickelt RegiKlim räumlich integrierte Bewertungssysteme für kosteneffiziente Anpassungsmaßnahmen beispielsweise im Land-

schaftswasserhaushalt. Wichtig dabei ist, dass bei der Planung von Anpassungsmaßnahmen die Umsetzung der Maßnahmen in den Vordergrund gerückt wird (Bundesregierung, 2020).

DIE DEUTSCHE ANPASSUNGSSTRATEGIE

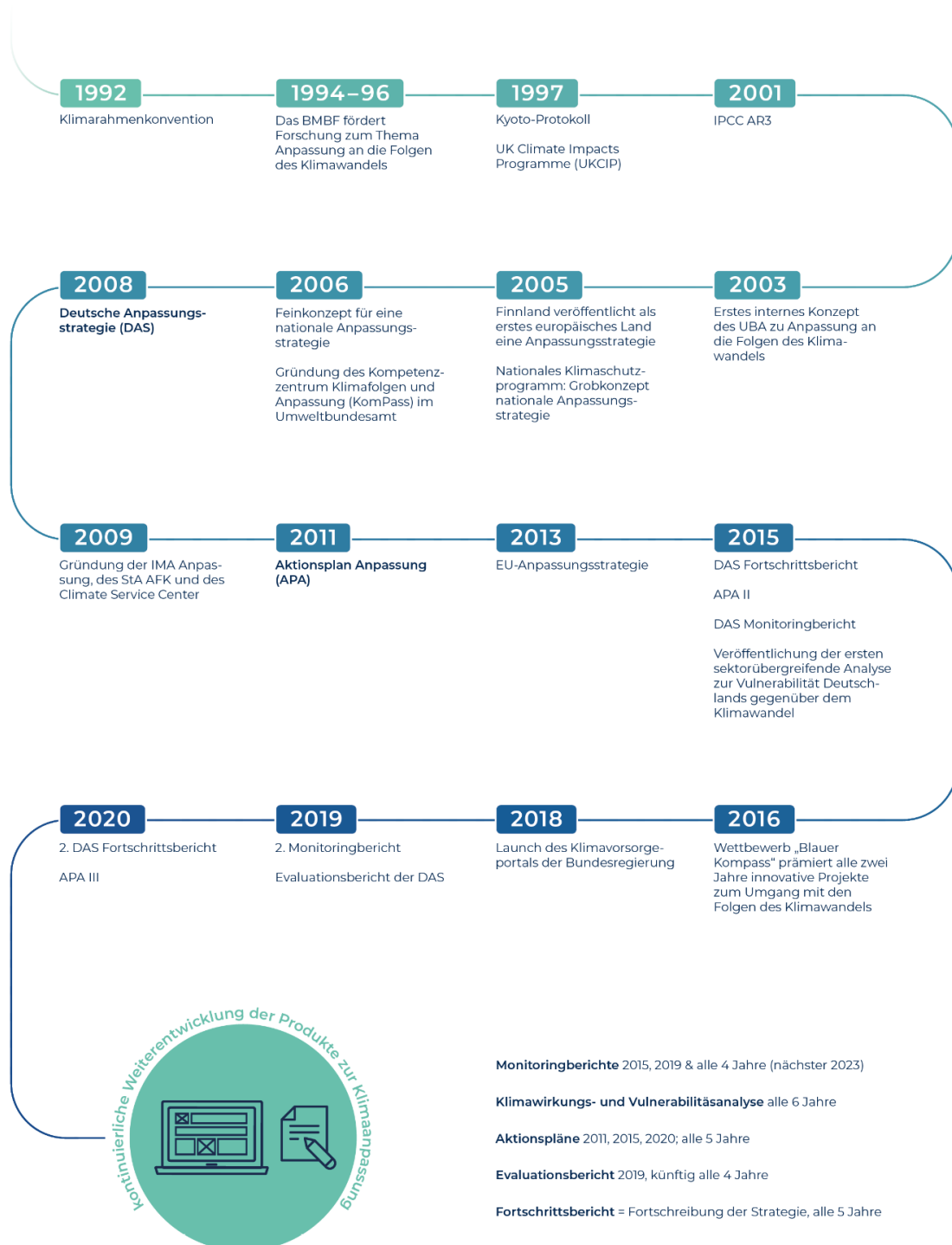


Abbildung 1: Zeitliche Entwicklung der Deutschen Anpassungsstrategie (Quelle: Bundesregierung, 2020)

Nationale Wasserstrategie als Beispiel integrierter Klimaanpassungsplanung

Um die deutsche Wasserwirtschaft zukunftsfähig und klimaangepasst zu gestalten, setzte das BMU mit dem Nationalen Wasserdialo¹³ einen zweijährigen Dialogprozess zum Thema Herausforderungen in der Wasserwirtschaft in Deutschland bis 2050 um. Dieser breit angelegte Dialog über die Zukunft von Wassermanagement und -nutzung in natürlichen Ökosystemen sowie in allen Gesellschafts- und Wirtschaftsbereichen, mündete in einen im Juni 2021 vorgestellten Entwurf der Nationale Wasserstrategie (BMU, 2021). Letztere legt konkrete Ziele fest und schlägt Maßnahmen vor, um den zwei zentralen Herausforderungen von einerseits klimawandelbedingten Wassernutzungskonflikten und Starkregenrisiken sowie von andererseits Wasser- und Gewässerverschmutzung zu begegnen (ibid.: 6). Insbesondere die Ziele für den strategischen Schwerpunkt „Wasserinfrastruktur an den Klimawandel anpassen“ verdeutlichen Herausforderungen aber auch Anknüpfungspunkte der integrierten Klimaanpassung auf lokaler und regionaler Ebene. Die Modernisierung historisch gewachsener Wasserinfrastrukturen zur Erhöhung der Widerstandsfähigkeit gegenüber Wasserextremen fällt stark in den Bereich der kommunalen Daseinsvorsorge. Zur Schaffung multifunktionaler Wasserinfrastrukturen, unter verstärkter Verwendung von naturbasierten Lösungen, sieht die Wasserstrategie hierbei eine intensivierete sektorenübergreifende Planung vor. Beispielsweise sollen Umwelt- und Naturschutz, Hochwasserschutz sowie Mobilitäts- und Bauleitplanung besser koordiniert werden, um städtische Grünflächen gleichzeitig für Biodiversität, Klimaresilienz und Regenwasserrückhalt zu nutzen. Durch regionale Klimainformationen kann RegIKlim hier einerseits Informationen zu Resilienzansforderungen an Wasserinfrastrukturen liefern sowie auch dabei helfen, Modernisierungsmaßnahmen integriert zu bewerten. Damit kann RegIKlim gleichzeitig einen Beitrag zu dem in der Nationalen Wasserstrategie formulierten Ziel der Digitalisierung der kommunalen Daseinsvorsorge im Wassersektor leisten (ibid.: 45). Lokal spezifische und integrierte Informationen zu Trockenheits- und Niederschlagsrisiken können als wichtige Grundlage sektorenübergreifender Strategien und Maßnahmen zur Erhöhung der Klimaresilienz von Wasserinfrastrukturen dienen. Damit können durch RegIKlim Modellprojekte auch für die Umsetzung der Nationalen Wasserstrategie

¹³ Weitere Informationen zum Wasserdialo siehe: <https://www.bmu.de/wasserdialo/>

wichtige Kooperationsformen zwischen unterschiedlichen Fachbehörden sowie auch Formen der interkommunalen Zusammenarbeit erprobt und etabliert werden.

3. Regionale strategische Vorarbeiten und Rahmenbedingungen in den Bundesländern

Rechtliche Rahmenbedingungen

In Bezug auf Klimaanpassung kann insbesondere auch auf der Ebene der Bundesländer viel erreicht werden. Das Thema hat sich in den letzten Jahren zunehmend in den Bundesländern etabliert (Bundesregierung, 2020). Neben der Entwicklung von strategischen und gesetzlichen Rahmenbedingungen haben die Bundesländer auch im Rahmen der Verwaltung regelmäßig einen größeren Handlungsspielraum als der Bund; beispielsweise im Hinblick auf ordnungsrechtliche Maßnahmen, verwaltungsinterne Maßnahmen mit Vorbildwirkung, monetäre Förderung, Information und Öffentlichkeitsarbeit, oder Weiterbildungs- und Beratungsangebote (Rodi & Stäsche, 2015). Die Kommunikation der Notwendigkeit der Klimaanpassung wird als Schlüssel für eine nachhaltige Wahrnehmung und Berücksichtigung des Themas und die Umsetzung von Maßnahmen betrachtet (BMVBS, 2013). Grundlage und Legitimation hierfür ist die Formulierung konkreter Strategien und Ziele oder noch wirksamer, die rechtlich-institutionelle Verankerung von Klimaanpassung. Mittlerweile verfügen alle deutschen Bundesländer über eine eigene Anpassungsstrategie an den Klimawandel bzw. integrierte Strategiepaper oder spezifische Maßnahmenpläne zu Klimaschutz und Klimaanpassung. Zudem führen die meisten Bundesländer ein stetiges Monitoring der Umsetzung und Umsetzbarkeit ihrer Anpassungsstrategie durch oder streben dies in Zukunft an. Über eigenständige integrierte Klimaanpassungsstrategien¹⁴ im engeren Sinne verfügen die Bundesländer Baden-Württemberg, Bayern, Bremen, Hamburg, Niedersachsen, Thüringen, Schleswig-Holstein, Nordrhein-Westfalen und Sachsen-Anhalt. Die Bundesländer Hamburg, Nordrhein-Westfalen, Baden-Württemberg, Bremen, Berlin, Schleswig-Holstein, Thüringen, Niedersachsen und Bayern haben Belange des Klimaschutzes und der Klimaanpassung zudem in unterschiedlichem Maße

¹⁴ Hiermit sind solche Strategien und Strategiepaper gemeint, die hauptsächlich oder ausschließlich die Anpassung an den Klimawandel thematisieren.

auch rechtlich in landeseigenen (Klimaschutz-) Gesetzen verankert. Die Bezeichnungen der Gesetze fallen mitunter sehr unterschiedlich aus; Klimaschutz- und Energie-wendegesetz (Berlin), Gesetz zum Klimaschutz und zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels (Thüringen) oder Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg (Baden-Württemberg). Hierin wird zum Teil auch die enge Verflechtung von Belangen des Klimaschutzes und der Klimaanpassung offensichtlich.

In einer vergleichenden Analyse der Klimaschutzgesetze der Bundesländer werden diese vor allem als Koordinationsinstrumente gesehen, welche zumeist den Landesgesetzgeber zu weiteren Umsetzungsschritten berechtigen bzw. verpflichten (Schilderoth & Papke, 2019). Kerninhalte der Gesetze betreffen dabei immer den Klimaschutz, beziehungsweise die Reduktion von Treibhausgasemissionen. In diesem Zusammenhang werden vor allem Festlegungen zur Klimaschutzplanung getroffen, beispielsweise die Verpflichtung zur Aufstellung von Plänen und Konzepten zum Klimaschutz, zum Monitoring der Entwicklung von Treibhausgasemissionen und entsprechenden politischen Maßnahmen sowie der Bildung beratender Fachgremien oder Beiräte und der Aussagen zur Vorbildfunktion öffentlicher Stellen, beispielsweise in Bezug auf das Ziel einer klimaneutralen Landesverwaltung (Schilderoth & Papke, 2019). Neben Konzepten zum Klimaschutz werden in fast allen Gesetzen auch Regelungen zur Erarbeitung von Klimaanpassungskonzepten aufgegriffen, welche Strategien und Maßnahmen zur Begrenzung negativer Folgen des Klimawandels beinhalten (ibid.). Beispielsweise verpflichtet das Thüringer „Gesetz zum Klimaschutz und zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels“ die Landesregierung ein integriertes Maßnahmenprogramm zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels in Thüringen zu beschließen (ThürKlimaG). In Nordrhein-Westfalen wurde Anfang 2021 zudem ein Gesetzentwurf für das bundesweit erste, eigenständige Klimaanpassungsgesetz verabschiedet. Das Klimaanpassungsgesetz soll u.a. dazu verpflichten, bei allen politischen Entscheidungen und kommunalen Planungsvorhaben einen Klimaanpassungs-Check durchzuführen (Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz NRW, 2021). Dieser soll dafür sorgen, dass die Auswirkungen des Klimawandels stets mitberücksichtigt werden. Ziel ist die nachhaltige und langfristige Verstetigung des Klimaanpassungsprozesses (ibid.).

Strategische Rahmenbedingungen

Die Strategien der Bundesländer zur Klimaanpassung orientieren sich inhaltlich weitgehend an dem Aufbau der DAS. Gemeinsam ist den Länderstrategien dabei die Analyse klimaanpassungsrelevanter Elemente und Faktoren innerhalb einzelner Handlungsfelder und die Formulierung sektorspezifischer Anpassungsmaßnahmen in Maßnahmenkatalogen. Die Formulierung von Maßnahmen erfolgt dabei direkt in den Strategiepapieren oder wird in diesen als strategisches Ziel festgelegt und erfolgt nachgeordnet in eigenständigen Maßnahmenkatalogen. Die übergeordnete Zielsetzung aller länderspezifischer Strategiepapiere liegt darin, eine fachliche Informationsgrundlage zu schaffen, um Entscheidungsprozesse zu erleichtern und Umsetzungsvorschläge, Empfehlungen und Zielsetzungen für eine erfolgreiche Klimaanpassung der Länder zu geben. Konkret formulierte Zielsetzungen orientieren sich dabei weitgehend an den in den Fortschrittsberichten zur DAS identifizierten Klimawirkungen¹⁵ (BMU, 2020; UBA, 2020).

In Bezug auf die Konzepte der Anpassungskapazität und Anpassungsfähigkeit ist festzustellen, dass die wenigsten Strategien diese Begriffe klar definieren, auch wenn diese in den Texten verwendet werden oder indirekt darauf Bezug genommen wird. Dies ist insofern als problematisch zu betrachten, als dass es zu unterschiedlichen Begriffsverständnissen von Anwendern führen kann und dementsprechend keine einheitliche Informations- und Interpretationsbasis gegeben ist. Zudem wird häufig auch auf eine klare Erläuterung des Begriffes der Anpassung an sich verzichtet. Auch wenn inhaltlich davon auszugehen ist, dass sich die Landesstrategien weitgehend an den Begriffsverständnissen der DAS beziehungsweise des IPCC orientieren, wäre eine klare Definition von Begriffen für die Anwender hilfreich, um Missverständnisse und Fehlinterpretationen zu vermeiden sowie eine konzeptionelle Grundlage für die empirische Erhebung dieser Konzepte zu schaffen. Gerade im noch jungen und wenig einheitlichen Forschungsfeld der Anpassungskapazitäten ist begriffliche und konzeptionelle Sicherheit, auch wenn sie nur vorläufig sein kann, entscheidend, um darauf auf-

¹⁵ Eine umfangreiche Übersicht über sektorale Anpassungsziele der Anpassungsstrategien der Bundesländer bietet die Publikation „Entwicklung und Erprobung eines Verfahrens zur integrierten Bewertung von Maßnahmen und Politikinstrumenten der Klimaanpassung Abschlussbericht zum Vorhaben „Behördenkooperation Klimawandel und -anpassung, Teil 2“ des Umweltbundesamtes (UBA, 2020).

bauend praktisch anwendbare Methoden zu entwickeln und passgenaue und zielführende Indikatoren zu identifizieren. Dies erscheint umso dringlicher, als dass Anpassungskapazitäten in den Strategiepapieren der Länder zumeist als eine Dimension zur Darstellung und Erfassung der Vulnerabilität verstanden werden. Die Definition und Vereinheitlichung von Begriffen in Strategiepapieren kann zudem verständnisfördernd wirken und hierüber auch zum Mainstreaming von Klimaanpassung beitragen. Hier kann vor allem auch die Wissenschaft einen wichtigen Beitrag leisten, um Begriffe zu konkretisieren und die Anwendbarkeit von Konzepten zu fördern. Einen Orientierungspunkt aus der aktuellen Forschung können hierbei die Ergebnisse der Klimawirkungs- und Risikoanalyse 2021 (KWRA) bieten. Die KWRA wird im Rahmen der DAS alle sechs Jahre durch das Behördennetzwerk „Klimawandel und Anpassung“ erarbeitet.

Im Hinblick auf eine integrierte Bewertung von klimawandelbedingten Risiken und damit verbundenen Anpassungsmaßnahmen betrachten die Strategien der Bundesländer vorrangig die Entwicklung klimatischer Parameter im Zusammenspiel mit sektorspezifischen Anfälligkeiten und Anpassungspotentialen. Anpassungsrelevante Begriffe wie Anpassungskapazität oder Anpassungsfähigkeit werden in diesem Zusammenhang vor allem mit Ressourcen oder Anpassungspotentialen bestimmter natürlicher Systeme und weniger im Zusammenhang mit administrativen oder gesellschaftlichen Potentialen zur Anpassung an den Klimawandel verwendet. Für die integrierte Bewertung von Wirkungen stellt sich vor allem auch die Frage nach der Methodik der Zusammenführung von verschiedenen Datenarten (bspw. Klimaprojektionsdaten und Daten zur regionalen Vulnerabilität). Grundsätzlich können Daten hierzu entweder miteinander verrechnet werden oder gleichberichtigt gegenübergestellt und beispielsweise in Karten überlagert werden. Auf Landesebene findet sich ein beispielhaftes Vorgehen im Thüringer Maßnahmenprogramm *IMPAKT II* („Integriertes Maßnahmenprogramm zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels im Freistaat Thüringen“). Im Rahmen der Erprobung des Instrumentes der Klimawirkungsanalyse, wurden mittels der Verschneidung oder Überlagerung von Klimaprojektionsdaten (zum Beispiel zur künftigen Temperaturentwicklung) mit dem räumlichen Vorkommen besonders anfälliger Systeme und Strukturen (wie einem Fichtenbestand) Aussagen getroffen, in welchen Bereichen möglicherweise besonderer Handlungsbedarf infolge von Klimaveränderungen be-

steht (Thüringer Ministerium für Umwelt Energie und Naturschutz, 2019). Entscheidend für solche Bewertungen ist die sektorale Verfügbarkeit entsprechender Daten (Thüringer Ministerium für Umwelt Energie und Naturschutz, 2019). Eine interessante Frage für die weitere Forschung könnte daher sein, welche Daten in welcher Detailtiefe, für welche Planungsebene vorliegen müssen, um Entscheidungsträger:innen, entsprechend ihrer Entscheidungskompetenz, mit entsprechenden Instrumenten und Informationen, ein vorausschauendes und zielgerichtetes Handeln im Bereich der Anpassung an den Klimawandel zu ermöglichen.

Externe und interne Kommunikation

Im Hinblick auf das Erreichen der strategischen Ziele im Bereich der Klimaanpassung betonen alle Länderstrategien die unbedingte Mitwirkung aller betroffenen Akteure aus Politik, Wirtschaft und Gesellschaft. Um dieser Forderung nach gemeinschaftlicher Kooperation gerecht werden zu können, ist die aktive Einbindung aller relevanten Akteure notwendig. Hierfür ist die freie Zugänglichkeit von aktuellen Informationen unverzichtbar. In diesem Zusammenhang sind öffentlich zugängliche Informationsportale und (Online-)Tools ein wichtiger Baustein um die gesamtgesellschaftliche Teilhabe an Klimaanpassungsprozessen zu fördern. Beispiele für solche Angebote sind etwa das länderübergreifende Regionale Klimainformationssystem ReKIS der Länder Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen oder das Fachinformationssystem Klimaanpassung (NRW), oder das Klimainformationssystem Rheinland-Pfalz (kwis-rlp). Über solche frei zugänglichen Informationsportale können sich interessierte Schlüsselakteure aus Wirtschaft und Gesellschaft sowie die allgemeine Bevölkerung über aktuelle Entwicklungen des Klimawandels und damit einhergehende (regionale) Folgen informieren. Hierdurch kann eine eigenständige, auf Fakten basierende Abwägung von Kosten und Nutzen der Durchführung von Anpassungsmaßnahmen ermöglicht werden.

Neben der Kommunikation nach außen muss die Relevanz der Klimaanpassung insbesondere auch behörden- bzw. verwaltungsintern gestärkt werden. Dies zeigt sich beispielsweise auf der Ebene der regionalen Raumordnung. Die Regionalplanung eignet sich aufgrund ihres „überfachlichen, überörtlichen aber dennoch räumlich konkreten Charakters“ (Schmitt, 2016: 10) sowie ihrer Ansiedlung zwischen Bundes-, Landesplanung und Bauleitplanung in besonderem Maße dazu, Festlegungen im Sinne

der Klimaanpassung zu treffen. Auch die Anpassungsstrategien der Bundesländer identifizieren die regionale Planungsebene mehrheitlich als den bevorzugten Ort für die Abwägung und Lösung der erwartbaren Zielkonflikte (siehe auch Roggero & Thiel, 2014). Im Zuge einer bundesweiten Untersuchung zum Implementationsstand klimaanpassungsrelevanter Regionalplaninhalte zeigte sich, dass Belange der Klimaanpassung in den seltensten Fällen zur Begründung eines regionalplanerischen Handlungserfordernisses angeführt werden und eine Berücksichtigung der Thematik in der Regionalplanung bisher lediglich indirekt erfolgt (Schmitt, 2016). In der Stärkung der wahrgenommenen Relevanz von Klimaanpassung als eigenständiges Handlungserfordernis in der Raumplanung, wird hierbei großes Potential hinsichtlich der Akzeptanz und Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen gesehen (Schmitt, 2016). Insbesondere im Vergleich zum Klimaschutz, erscheint Klimaanpassung in Kommunen eher wenig strukturell und institutionell verankert. Eine Studie zur kommunalen Klimaanpassung in Schleswig-Holstein benennt den geringen wahrgenommenen Handlungsdruck sowie limitierte Ressourcen als Gründe hierfür. Zudem werde Klimaanpassung von den Kommunen noch nicht als integrierende Managementaufgabe betrachtet, sondern eher etablierten Handlungsfeldern und Sektoren zugeschrieben (Koerth et al., 2019). In diesem Zusammenhang wurden insbesondere solche Klimaanpassungsmaßnahmen als sinnvoll und geeignet angesehen, welche Synergien zum Klimaschutz bieten (Koerth et al., 2019).

Der aktuelle Monitoring Bericht zur Umsetzung der Anpassungsstrategie an den Klimawandel in Baden-Württemberg erkennt die mangelnde Festlegung von Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten für die Umsetzung bestimmter Anpassungsmaßnahmen als administratives Hemmnis für Anpassungsprozesse und empfiehlt hinsichtlich jeder Maßnahme eine verbindliche Zuständigkeitszuordnung in der Anpassungsstrategie selbst (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, 2021). Oftmals werden eigene Verantwortlichkeiten im Bereich der Klimaanpassung von Akteuren und politischen Entscheidungsträgern:innen nicht wahrgenommen (Birkmann et al. 2013a). Inwiefern die Zuschreibung konkreter Verantwortlichkeiten im Hinblick auf Anpassungsmaßnahmen in Strategiepapieren wirksam wäre, ist zu diskutieren und ließe sich im Zuge der RegIKlim-Aktivitäten näher beleuchten.

Information, Förderung und Beratung von Kommunen

Ein weiteres Hemmnis bei der Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen, das aus den Monitoringberichten zur Klimaanpassung verschiedener Länder hervorgeht, ist die mangelnde Datenverfügbarkeit beziehungsweise unzureichende wissenschaftliche Erkenntnisse, was die Umsetzung bestimmter Maßnahmen verhindert oder zumindest erschwert (Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz, 2015; Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, 2021; Ministerium für Umwelt Energie und Naturschutz Freistaat Thüringen, 2017). Um dieses Wissensdefizit aufzuarbeiten, haben einige Bundesländer Fachgremien und Netzwerke eingerichtet, in denen Experten verschiedener Fachrichtungen sich zu den Themen Klimafolgen und Klimaanpassung austauschen und Informationen auf Landesebene aufbereiten. Beispiele hierfür sind die AG Klima Sachsen-Anhalt, die AG Klimafolgen Sachsen, das Klimanetzwerk Sachsen (KliNeS), der Beirat für Klimaschutz und Klimafolgenanpassung Thüringen, die Thüringer Klimaagentur oder der Bayerische Klimarat. Der Zweck dieser Fachgremien und Netzwerke liegt hauptsächlich darin, Empfehlungen für die strategische Ausrichtung der Bundesländer im Umgang mit dem Klimawandel und daraus resultierenden Folgen zu erarbeiten sowie Abwägungs- und Entscheidungsprozesse mit zielgerichteten und fundierten Informationen zu unterstützen. In diesem Zusammenhang ist jedoch nicht nur die prinzipielle Verfügbarkeit von Informationen zu berücksichtigen, sondern auch die Kommunikation, Verbreitung und Bereitstellung bereits vorhandener Informationen.

Hierbei können kommunale Beratungsangebote helfen, verfügbare wissenschaftliche Erkenntnisse in aggregierter Form zusammenzustellen, Fachwissen aufzubauen und Hilfestellung für ein praktisches Vorgehen bei der kommunalen Klimaanpassung zu geben. In einigen Bundesländern gibt es bereits zentrale Einrichtungen, die Kommunen zu speziellen Fragestellungen zum Klimawandel und Klimaanpassung informieren und beraten. Beispiele hierfür sind das *Fachzentrum Klimawandel und Anpassung* in Hessen (FZK), das *Rheinland-Pfalz Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen* oder die *Kommunalberatung Klimafolgenanpassung NRW*. Zudem wird die Thematik der Klimaanpassung auch zunehmend von bestehenden kommunalen Beratungsstellen aufgegriffen, welche primär eher im Bereich Klimaschutz, Nachhaltigkeit oder Energie

angesiedelt sind. Beispiele hierfür sind etwa das *Zentrum für nachhaltige Kommunalentwicklung* in Bayern oder das *Kompetenzzentrum kommunaler Klimaschutz* der Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg. Zudem bietet beispielsweise das Land Bayern mit dem *Klimacheck* ein interaktives PDF-Tool an, mit dem speziell auch mittlere und kleinere Kommunen schnell und eigenständig Informationen und Hinweise zum Umgang mit dem Klimawandel und zur Thematik der Klimaanpassung erhalten können. „Neben Informationen über den Klimawandel und dessen Folgen in Bayern [...], kann der „Klimacheck“ auch den jeweiligen Anpassungsbedarf ermitteln und den Gemeinden mit Strategieoptionen zur Seite stehen“ (Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz, 2021: o.S.).

Tabelle 1 fasst die dargestellten Informationen zusammen und gibt eine Übersicht in welchen Bundesländern Klimaanpassung rechtlich verankert ist und welche Art von strategischen Publikationen und Einrichtungen im Zusammenhang mit Klimaanpassung in den Bundesländern bereits vorliegen, beziehungsweise existieren.¹⁶

Tabelle 1: Übersicht der Bundesländer¹⁷

| Bundesland | Eigenes Gesetz (klimaanpassungsrelevant) | Integrierte Klimawandelanpassungsstrategie | Maßnahmenpläne/Strategie-papiere zu Klimawandelanpassung und Klimaschutz | Landeseigene Kompetenzzentren für kommunale Klimaanpassung |
|------------------------|--|--|--|--|
| Baden-Württemberg | x | x | x | (x) |
| Bayern | x | x | x | (x) |
| Berlin | x | | x | |
| Brandenburg | | | x | |
| Bremen | x | x | | (x) |
| Hamburg | x | x | | |
| Hessen | | | x | x |
| Mecklenburg-Vorpommern | | | x | |
| Niedersachsen | x | x | x | (x) Teilregionen |
| Nordrhein-Westfalen | x | x | x | x |
| Rheinland-Pfalz | | | x | x |
| Saarland | | | x | |
| Sachsen | | | x | |
| Sachsen-Anhalt | | x | | |
| Schleswig-Holstein | x | x | x | |
| Thüringen | x | x | x | |

Eine weitere Möglichkeit, Kommunen für Klimaanpassung zu sensibilisieren und Informationen in die Fläche zu bringen, bieten Handreichungen mit spezifischen Leitfäden

¹⁶. Länder mit (x) haben zentrale Einrichtungen die Kommunen im Hinblick auf Klimaanpassung beraten, deren Schwerpunkt aber eigentlich auf einem anderen Themenbereich liegt (Klimaschutz/Nachhaltigkeit/Energie).

¹⁷ Für Tabelle 1 haben sich in diesem Dokument (Stand November 2021) Änderungen zur Vorgängerversion (Stand September 2021) ergeben.

und Best-Practice-Beispielen. In diesem Zusammenhang stellen die Bundesländer eine Vielzahl von Handreichungen mit Empfehlungen zum Umgang mit bestimmten klimawandelbedingten Naturgefahren, wie Starkregen- oder Hitzeereignissen, zur Verfügung. Zudem fördern die Bundesländer den Aufbau regionaler Wissensbestände und die Integration von Klimaanpassung in Planungsprozesse mit eigenen Forschungs- und Förderprogrammen sowie der Teilnahme an nationalen oder europäischen Forschungsvorhaben und Förderprogrammen. Landeseigene Förderprogramme wie *KLIMOPASS* in Baden- Württemberg, der *Förderschwerpunkt Klimaschutz in Kommunen* in Bayern oder der *Richtlinie des Landes Hessen zur Förderung von kommunalen Klimaschutz- und Klimaanpassungsprojekten sowie von kommunalen Informationsinitiativen* sollen die Kommunen bei der Bewältigung und Anpassung an die Folgen des Klimawandels unterstützen und für die Thematik sensibilisieren. Auch durch die Förderung von Zertifizierungsprogrammen wie dem European Climate Adaptation Award (eca) oder die Mitwirkung an EU-Programmen wie *LIFE* unterstützen die Länder die Anpassung an den Klimawandel in den Kommunen. Des Weiteren werden über die Förderprogramme u.a. des BMBF oder des BMU zahlreiche regionale Forschungsvorhaben finanziert, die zum Aufbau einer soliden regionalen Wissensbasis beitragen. Mit der *Leitinitiative Zukunftsstadt* fördert das BMBF beispielsweise gezielt anwendungsorientierte Projekte, die gemeinsam von Wissenschaft und Kommunen getragen werden (BMBF, 2021).

Weiterführende Informationen zu zentralen Aktivitäten, Strategien und Einrichtungen der einzelnen Bundesländer im Bereich der Klimaanpassung finden sich auch auf der Website des Umwelt Bundesamtes unter dem Reiter „Anpassung auf Länderebene“¹⁸.

In Bezug auf die RegiKlim-Forschung können und sollten die bereits existierenden Strukturen und Aktivitäten der Bundesländer genutzt werden, um Erkenntnisse und Informationen zu streuen und einen Transfer von Ergebnissen und Methoden in andere deutsche Regionen zu fördern.

¹⁸ <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/anpassung-an-den-klimawandel/anpassung-auf-laenderebene>

4. Forschungsprojekte: Wichtige Forschungslücken und Umsetzungsherausforderungen

Die Förderung der Forschung zu innovativen und praktikablen Strategien und Instrumenten für die Anpassung an den Klimawandel ist ein zentrales Aktionsfeld des BMBF zu dem RegiKlim als Teil des BMBF-Rahmenprogramms (FONA) beiträgt. Darüber hinaus existieren mehrere Fördermaßnahmen auf deutscher und europäischer Ebene, die verschiedene Forschungsprojekte umgesetzt haben.

Dieses Kapitel konzentriert sich auf aktuelle und für RegiKlim nutzbare Ergebnisse aus der Anpassungsforschung und zeigt von Projekten ausgewiesene Lücken auf, die weitere Forschungsprojekte adressieren könnten. Weiterhin werden auch praktische Herausforderungen für Kommunen in der Klimawandelanpassung herausgestellt.

Die Auswertung erfolgt hierbei Handlungsfelder übergreifend und geht auf alle möglichen Nutzeradressaten von Forschungsergebnissen ein, priorisiert jedoch kommunale öffentliche Entscheider als zentrale Akteure lokaler Anpassungspraxis. Es kann hierbei jedoch aus pragmatischen Gründen keine komplette Aufnahme aller Forschungsprojekte und -resultate gelistet werden. So werden überregionale und aktuellere Projekte bevorzugt analysiert. Ebenfalls ist anzumerken, dass diese Bestandsaufnahme nicht die naturwissenschaftlichen und technischen Detailfragen abdecken kann, sondern eine literaturgestützte Übersicht allgemeiner Forschungslücken und Umsetzungsherausforderungen darstellt. Insbesondere der Abschnitt zu Baustein D (Daten und Modelle) fokussiert mehr die Überführung von Klimadaten in die Anpassungspraxis als technische Frage der Klimamodellierung.

Baustein A: Verwaltung, Planung, Schnittstelle Forschung-Praxis

Mainstreaming von Klimaanpassung (A1)

Strikt handlungsfeldbezogene Anpassungsansätze können nur bedingt angemessene Antworten auf die komplex verflochtenen Herausforderungen des Klimawandels geben. Es stellt sich daher die Frage, wie Anpassungswissen in der kommunalen Praxis

verankert werden kann, so dass eine Zusammenarbeit der verschiedenen kommunalen Ressorts und Regierungsebenen (horizontale und vertikale Integration) sowie externer privater und öffentlicher Stakeholder effektiv gefördert wird. Diese zentrale Governance-Frage zieht sich durch viele anpassungsbezogenen Forschungsprojekte (z.B. KLIMZUG, KlimaMoro). Ohne eine angemessene Koordination können Synergien (insbesondere mit dem Klimaschutz) und Zielkonflikte mit anderen Themenbereichen nur schwer berücksichtigt werden (Cortekar et al., 2016) und ein effektives Datenmanagement nicht etabliert werden (Giordano et al., 2018). So gaben in einer Umfrage 74% aller befragten Kommunen an, dass weiter Klärungsbedarf darüber besteht, inwieweit Anpassung eine kommunale Pflichtaufgabe sei und wie die Finanzierung hier zu klären wäre (Handschuh et al., 2020). Ebenfalls erfasste eine weitere Kommunalbefragung im Auftrag des UBA, dass 40% eine politische Entscheidung zur Klimaanpassung gefällt hatten und sich somit mit der Umsetzung von Maßnahmen beschäftigen (Hasse & Willen, 2018). Jüngste Umfragen unter 200 Kommunen zeigen, dass inzwischen 52% aller befragten Kommunen eine politische Entscheidung, Konzept oder Strategie zur Klimaanpassung vorliegen haben (Hagelstange et al., 2021). Das Fehlen von nötigen institutionellen Koordinationsmechanismen wurde durch Umfragen unter europäischen Städten und deutschen Kommunen bestätigt; dabei gaben lediglich 15% an, Klimaanpassung in irgendeiner Form institutionalisiert zu haben und 26% einen ressortübergreifenden Arbeitsansatz zu verfolgen (EEA, 2020; Handschuh et al., 2020). Eine Umfrage unter 18 deutschen Kommunen nannte mangelhafte Institutionalisierung ebenfalls als größtes Hemmnis für lokale Anpassung (Groth & Nuzum 2016). Da hierbei gleichzeitig administrative und politische Verantwortlichkeiten, rechtliche Abwägungen sowie unterschiedliche Zeithorizonte, Fachperspektiven, Handlungsspielräume und Interessen sowie Datenverfügbarkeiten (Giordano et al., 2018) eine Rolle spielen und das Mainstreaming von Anpassung sich daher als komplexe Aufgabe darstellt, sollte die Erforschung effektiver Governance-Ansätze zur Anpassungssteuerung intensiviert werden. Wichtige Aspekte des Mainstreamings von Anpassung sind die klare Definition von Arbeitsprozessen sowie Rollen und Verantwortlichkeiten von dedizierten Mitarbeitern für Anpassungsbelange in Abstimmung mit bestehenden kommunalen Prozessen, das Etablieren einer Vision und der Entwurf dazugehöriger Strategien und Planungsdokumente (Göpfert et al., 2019a)

Insbesondere die Raumplanung und die Nutzung von informellen Planungsinstrumenten, wie der Aufbau und die Verstetigung von Netzwerken, erscheint für den nachhaltigen Aufbau von institutionellen Anpassungsstrukturen und dem Mainstreaming von Anpassung erfolgversprechend (Frommer et al., 2013; Nordwest2050, 2014). Dennoch sind Gesundheits- und Umweltämter oftmals nicht an der Vorbereitungs- und Erarbeitungsphase der Bauleitplanung beteiligt (Appel et al., 2013). Die Einführung von Anpassungsmaßnahmen wird wesentlich erleichtert, wenn Synergien mit anderen Themenbereichen erzeugt werden können (Dümecke et al., 2013). Die Entwicklung einer übergreifenden Anpassungsstrategie fördert zudem integratives Handeln und sollte an bestehende Pläne (z.B. Flächennutzungspläne oder Klimaschutzstrategie) andocken. Organisatorisch sollte eine zentrale Stelle eingerichtet werden, die ein thematisches Cluster „Anpassung“ koordiniert, Netzwerke ins Leben ruft und einen partizipativen Roadmap-Prozess startet und begleitet (Dynaklim, 2014). Die verstärkte Etablierung von Klimaanpassungsbeauftragten oder lokalen Klimaräten, um Wissen zu integrieren und synergetische Entscheidungen fällen zu können, wird vermehrt vorgeschlagen (nordwest2050. 2014; Roßnagel, 2014; Göpfert, et al., 2019b). Komitees oder Beiräte stellen hierbei eine stärker institutionalisierte Form dar. Je nach Mandat und Stellung in der Verwaltung (Nähe zur Hausspitze oder Bürgermeister), kann ein solcher Akteur, Klimaanpassung verankern, Brücken zu anderen Fachbereichen offenlegen und Wissen austauschen (Göpfert et al., 2019b). Durch die Verbindung zu Klimaschutz kann zudem ein transformativer Diskurs angestoßen werden, der mehr politischen Handlungsspielraum ermöglicht.

Nach einer europäischen Umfrage führt die Raumplanung, mit großem Vorsprung vor den Umweltressorts, die meisten Anpassungsmaßnahmen durch (EEA, 2020). Allerdings sind in deutschen Kommunen die Hälfte aller Stellen mit Anpassungsbezug (Anpassungsmanager:innen) im Umweltbereich angesiedelt (Hagelstange et al., 2021). Dieser Umstand könnte das ressortübergreifende Mainstreaming weiter erschweren (ibid.). Ebenfalls zeigte eine Untersuchung von 20 deutschen Städten, dass die Raumplanung nur selten in Klimaschutz- und Anpassungskomitees vertreten ist (Göpfert et al., 2019b).

Somit könnte ein Unterstützungsansatz im Mainstreaming in der Verbindung von Planungsperspektiven mit der Arbeit von Anpassungsmanager:innen bzw. mit dem gesamten Umweltressort liegen. Welche politischen, organisatorischen, (Klima)informativen und technologischen Bedingungen die für Anpassung besten Governance-Formen hervorbringen kann, sollte die Anpassungsforschung weiter beleuchten und durch Pilotprojekte aufzeigen und verstetigen (Göpfert et al., 2019b).

Querschnittsthema Raumplanung in der Anpassungspraxis (A2)

Da insbesondere Flächennutzungsfragen durch formelle und informelle Instrumente der Raumplanung adressiert werden können und basierend auf einer Umfrage unter europäischen Mitgliedsstädten des *Covenant of Mayors for Climate Energy* die meisten Anpassungsmaßnahmen durch das Raumplanungsressort durchgeführt werden (mit großer Führung vor dem Umweltressort), sollte dieser Bereich stärker in den Fokus gerückt werden (EEA, 2020). Verschiedene Forschungsprogramme zu Klimaanpassung verfolgten bereits einen raumplanerischen Fokus und adressierten hierbei auch das in der DAS hervorgehobene Handlungsfeld Raum-, Regional-, und Bauleitplanung (nordwest2050, 2014; siehe Forschungsprogramm KlimaMoro). Weitere Forschungsfragen könnten die integralen Wechselwirkungen von Maßnahmen und möglichen Abstimmungs-, Unterstützungs-, und Integrationsprozessen zwischen den verschiedenen administrativen und geographischen Skalierungen und den Fachplanungen in den Blick nehmen. Die integrierende Raumplanung als Handlungsansatz könnte so als Eingangstür für die Zusammenarbeit von verschiedenen Fachplanungen dienen, was - in Ermangelung einer Fachplanung „Klima“ - ebenfalls als zentrales Umsetzungsdefizit der Klimaanpassung in der Raumplanung beschrieben wird (Birkmann et al., 2013a; BBSR, 2016b). Die Regionalplanung verfügt zwar über detaillierte Kenntnisse zu Anpassungsbelangen, jedoch wird der Handlungsauftrag noch als unklar wahrgenommen (Schmitt, 2016) und ein Monitoring zur Umsetzung und Wirksamkeit von anpassungsrelevanten Festsetzungen im Bauleitplan und zwischen den Planungsebenen fehlt (BBSR, 2016b). Die Integration der Klimaanpassung in die Regionalentwicklung und in Regionalpläne geschieht bisher noch zu wenig (Schmitt, 2016), da die Regionalplanung oftmals mit anderen Aufgaben umfänglich ausgelastet ist oder genaue kleinskalige Projektionen zu Klimaänderungen nicht vorliegen (BBSR, 2013;

siehe D1). Das Fehlen von genauen Klimainformationen, die die strikten Vorgaben der Raumplanung erfüllen, erschwert zudem die rechtssichere Begründung von Festsetzungen für Anpassungserwägungen in Regionalplänen und der nachfolgenden Raumordnung (BBSR, 2016b; Lorenz et al., 2016). Insbesondere die inhärente Unsicherheit von komplexen Klimaprojektionen, die mit den Datennutzungsvorgaben im Konflikt stehen sowie das Fehlen von Vorgaben zur Nutzung von Projektionsinformationen, zusammen mit der fehlenden Pflichtaufgabe „Anpassung“ für die Raumplanung, erschweren den Eingang von Klimainformationen in die Planung maßgeblich (Lorenz et al., 2016). Die Integration von Klimaanpassung in Regionalpläne mit flankierenden Informations- und Vernetzungsaktivitäten könnte Hemmfaktoren der Umsetzung abbauen (BBSR, 2017). Eine andere Möglichkeit Klimaanpassung angemessen zu berücksichtigen, wäre eine vorgeschriebene Überprüfung aller verabschiedeter Pläne, Strategien und Projekte und den damit verbundenen Investitionen hinsichtlich ihrer Anpassungsfähigkeit unter klimatischen Veränderungen (climate proofing) (nordwest2050, 2014). Eine Erweiterung der strategischen Umweltprüfung und der Umweltverträglichkeitsprüfung böte sich an, um den Aspekt des climate proofing zu integrieren. Wie die Integration von Klimaanpassung angemessen und pragmatisch in die verschiedenen Planungsebenen integriert und eine zuträgliche Kooperationspraxis verankert werden kann, sollte durch Forschungsprojekte spezifiziert werden (Dhar & Khirfan, 2016).

Auflösung von Landnutzungskonflikten durch Partizipationsformate (A3)

Die Auflösung von Flächennutzungskonflikten und Entwicklung konsensueller Anpassungsmaßnahmen durch partizipative Kooperationsinstrumente und Informationsangebote wird als wichtige Aufgabe für die meisten Anpassungsmaßnahmen identifiziert (BBSR, 2014). Beispielsweise setzen Küstenschutzmaßnahmen oder die Ausweisung von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten für Kaltluftschneisen den Zugriff auf den Boden voraus (BBSR, 2016a; Frank et al., 2013; nordwest2050, 2014). Diverse Landnutzungskonflikte, oftmals bedingt durch die wachsende Flächeninanspruchnahme der Landwirtschaft oder der Siedlungsentwicklung, erfordern innovative Lösungsprozesse oder die Entwicklung von synergetischen Maßnahmen. Da Freiflächen nicht nur Anpassungsbelangen dienen, sollten synergetische ökologische Nutzen mit anderen

Ressorts ermittelt und kommuniziert werden, da Vorbehaltsfestlegungen dann auch abgekoppelt von Klimaprojektionen legitimiert werden können (BBSR, 2016b). Im Licht der doppelten Innenentwicklung in Städten und unter Anbetracht des Spannungsgefüges mit der Wohnraumentwicklung und Nachverdichtung, sollten Versuche zum Auflösen dieses Zielkonfliktes angestrebt werden (Erlwein & Pauleit, 2021). An diese informativen Ansätze anschließend sollte daran gearbeitet werden, mit der breiten Bevölkerung eine Risikokultur zu schaffen, da technische Maßnahmen in Zukunft an ihre Grenzen stoßen können und daher der Umgang mit Klimarisiken sich stärker kulturell verankern sollte (BBSR, 2016a). Lokale „Narrative der Transformation“, die Bürger zu autonomer Anpassung anregen und die kollektive Anpassungsstrategie mit der lokalen Identität verbinden, können hierbei unterstützend wirken (Marschütz et al., 2020). Da Bürger zu den wichtigsten Stakeholdern bei Anpassungsplanungen zählen, sollte weiter erforscht werden wie Partizipationsformate die Bevölkerung in die Planung und auch in die Erforschung von Anpassung einbeziehen kann (Dhar & Khrifan, 2016; EEA, 2020). Für die Forschung leitet sich daher die Aufgabe ab, die Praxistauglichkeit und Effektivität diverser partizipativer und kooperativer Ansätze für verschiedene thematische Sektoren zu erforschen (KLIMZUG-NORD, 2014), zu systematisieren und deren optimales Zusammenwirken mit formellen Handlungsoption dazulegen (BBSR, 2014). Insbesondere für kleine Gemeinden mit weniger finanziellen und technischen Ressourcen könnte der Weg über solche informellen Instrumente, wie Informationsmaßnahmen und Bewusstseinsförderung, einfacher sein, da technisch anspruchsvolle Maßnahmen die finanziellen Möglichkeiten übersteigen (EEA, 2020). Inwieweit Anpassungsmaßnahmen dabei helfen Landnutzungskonflikte aufzulösen, könnte in Bewertungsmodelle (siehe B2) aufgenommen werden, wodurch auch politische Hürden der Anpassungsumsetzung adressiert würden.

Kompetenzaufbau (A4)

Ein weiterer Bereich, der durch Forschungsprojekte ausgefüllt werden könnte, ist die Erarbeitung von Handbüchern und Schulungsmaterial zur Entwicklung von Handlungskompetenzen bei der öffentlichen Verwaltung und anderen wichtigen Akteuren, wie z.B. Unternehmen (BBSR, 2016a). Die adressatenorientierte Übersetzung von

Forschungswissen in kompetenzbildende Materialien sollte daher früh in Forschungsprojekte und bei der transdisziplinären Arbeit mit Praxisakteuren mitgedacht werden, um handlungsleitendes und robustes Wissen formatgerecht und bestenfalls abgestimmt auf verschiedene Vorkenntnisse übermitteln zu können (Schäfer & Lux, 2020). Insbesondere für entwicklungsschwächere Kommunen wird der Kompetenzaufbau als Unterstützungsansatz empfohlen (Schüle et al., 2016). Diese Schulungen und Materialien könnten direkt die Aufnahme der entwickelten Klimadienste und somit die Diffusion der Dienste unterstützen, in dem die Übertragbarkeit für andere Regionen und Zielgruppen dediziert adressiert wird (siehe A7). Aufbauend auf informativen und partizipativen Aktivierungsformaten könnten zudem Personen aus Zielgruppen geschult werden, die dann als Berater in ihrer „Peer-Group“ fungieren (Born et al., 2020). So hat das KLIMZUG-Projekt in Nordhessen mit der Volkshochschule Kassel eine Klimaanpassungsakademie organisiert, um Vertreter:innen aus interessierten Gruppen und der Verwaltung durch Weiterbildungen näher mit der Thematik vertraut zu machen (Roßnagel, 2014). Neben physischem Wissen zu Anpassungsmaßnahmen könnten zukünftige Schulungseinheiten auch den Umgang mit Klimadaten- und -diensten (BBSR, 2016a), deren Unsicherheiten und die Adaptierung von Unterstützungstools an den eigenen Kontext beinhalten. Ein wichtiger Aspekt ist hierbei die Identifikation von Informationen und Kompetenzen, die Akteure für die konkrete Umsetzung von Maßnahmen benötigen (siehe A1). Schulungskonzepte sollten daher technische und organisatorische Kompetenzen, die für den erfolgreichen Einsatz von Klimainformationen und die Umsetzung darauf aufbauender Maßnahmen nötig sind, möglichst genau identifizieren, damit Schulungsformate sich hieran ausrichten können.

Förderung der verstetigten Nutzung von Klimawissen durch transdisziplinäre Ko-Kreation (A5)

Transdisziplinäre Forschung (TF) zielt auf die Ko-Kreation von Wissen durch die Zusammenarbeit von Akteuren aus Wissenschaft und Praxis ab, „um System-, Ziel- oder Handlungswissen für komplexe Problemlagen zu generieren“ (Schäfer und Lux, S.43, 2020). Dabei steht die praktische Nutzbarkeit von Forschungsergebnissen im Zentrum (Lemos & Morehouse, 2005). Die transdisziplinäre Entwicklung von Anpassungswissen und Klimadiensten gilt inzwischen als anzustrebender methodischer Standard, um

die Nutzung von Klimawissen zu erleichtern (Blome, 2017; Lemos et al., 2012) und stellt den zentralen Arbeitsmodus dar, um innovative und proaktive Anpassungsstrategien- und maßnahmen zu entwickeln. Zur Verstärkung von Klimawissen- und dienstleistungen sollten institutionelle Strukturen und Akteurskonstellationen in den Blick genommen werden (Street et al., 2019; Jones et al., 2017; Flagg et al., 2018.), um Klimadienste stärker in der kommunalen Praxis zu verankern und Nutzungshemmnisse zu überwinden (Groth & Nuzum, 2016). Eine Umfrage unter europäischen Städten hat ergeben, dass der Anpassungsprozess oftmals nach der Analyse von Vulnerabilitäten und vor der Implementierung stockt (EEA, 2020: 102). Es mangelt insbesondere an institutionalisierten Koordinationsmechanismen- und -formen (ibid.; siehe A1). Die formalen und informellen institutionellen und normativen Rahmenbedingungen für die Nutzung von Klimadiensten auf Mikro- (Überzeugungen einzelner Personen), Meso- (Entscheidungsprozesse- und Wissensnutzungskultur), und Makroebene (politische Rahmenbedingungen und Mandate) sollten daher bei der Forschung erkundet werden (Flagg et al., 2018). Methodisch eignet sich hierfür eine Mischung aus Befragungen, Netzwerk- oder Verantwortlichkeitsanalysen und bottom-up, partizipative, agentenbasierte, Modellierungen und Fuzzy Cognitive Maps (Giordano et al., 2018; Celliers et al., 2021).

Gleichermaßen stellt die Umsetzung der Ko-Kreation Praxisakteure und Forschung noch vor viele Herausforderungen und Evaluationskriterien für den Prozess der TF für Klimadienste sind noch nicht hinreichend operationalisiert (Vincent et al., 2018). Insbesondere die Integration unterschiedlicher Erwartungen, Zeithorizonte, Wissensformen und Problemverständnisse sowie der Umgang mit Unsicherheiten und die Repräsentation der einzubeziehenden Praxisakteure können die gemeinsame Entwicklung von Klimadiensten erschweren (Schäfer & Lux, 2020). Um diese Hindernisse zu überwinden sollten die genauen Nutzeranforderungen mit den Forschenden anhand praktischer Beispiele abgestimmt werden. So werden auch die Vorteile des neuen Wissens veranschaulicht, dessen mögliche technische Anforderungen transparent dargelegt, und die gemeinsame Motivation erhöht (Briley et al., 2015; Blome, 2017). Hierfür können transdisziplinäre Workshops als „Teil-Forschungsprojekt im Forschungsprojekt“ (Defila & Di Giulio, 2014: 81) die Zusammenarbeit von Akteuren aus Forschung und Praxis maßgeblich befördern und zu konkreten gemeinsamen Ergebnissen führen. Auf

praktischer Ebene ist es wichtig, die passenden Rollen zu klären, Interessen zu beleuchten sowie einen flexiblen Fahrplan für verschiedene Aufgaben im Laufe des Entwicklungsprozesses festzulegen (Schäfer & Lux, 2020; Buontempo et al., 2014). Eine stärker institutionalisierte Form der transdisziplinären Ko-Kreation findet sich im Konzept des ‚Living Labs‘, welches die transdisziplinäre Forschungsarbeit mit realweltlichen Einsatzbedingungen zusammenbringt. Um hierbei Praxisanwender und Forschende zusammenzubringen kann es sich anbieten, auf Basis einer vorherigen Bedarfs- und Leistungsabfrage und unter Hinzunahme eines neutralen kenntnisreichen Mediators, mögliche Zielprodukte auszudiskutieren (Steuri et al., 2020).

Insgesamt stellt eine transparente und transdisziplinäre Entwicklung von praxisnahem Klimawissen die Basis für ein erfolgreiches Mainstreaming, Kompetenzaufbau sowie für die Verstetigung und den Transfer von Anpassungswissen dar (siehe A1, A4, A7).

Monitoring und nachhaltige Finanzierung (A6)

Ein anderer Aspekt der Verstetigung stellt die nachhaltige Sicherung von Finanzierung dar. Hierzu sollte früh nach öffentlichen und privaten Finanzierungsmöglichkeiten gesucht werden. Die Verstetigung könnte immens durch eine gelungene Zusammenarbeit von öffentlicher Verwaltung und privatwirtschaftlichen Akteuren profitieren, indem die Verwaltung Unternehmen über Risiken, Strategien und nationale Fördermöglichkeiten aufklärt und beide Seiten gemeinsam eine geteilte Finanzierung und gemeinsame Implementierung von Maßnahmen anstreben (Dynaklim, 2015). Hierzu kann die Verwaltung mit den Unternehmen diskutieren wie ihre Interessen in den derzeitigen oder zukünftigen Anpassungsplänen integriert werden können. Es zeigt sich somit, dass ein frühes, koordiniertes Mainstreaming von Anpassung, welches Synergien mit mehreren Akteuren, insbesondere privatwirtschaftlichen Interessensvertreter:innen und Banken erkennt und diese einbezieht, die Finanzierung befördern kann (Dynaklim, 2015). Um die Umsetzung transparent verfolgen zu können, sollten auf Basis der gemeinsam erarbeiteten Zielvorgaben (siehe D3) und des nationalen Indikatorensystems, ebenfalls Monitoring- und Evaluationsindikatoren entwickelt werden, die an die Bedarfe und die Kapazitäten der kommunalen Anwender angepasst sind (BBSR, 2016a). Eine gute Basis zur Entwicklung von Indikatoren bildet die DAS sowie das

Projekt MONARES, welches Indikatoren unter den Dimensionen Umwelt, Infrastruktur, Wirtschaft, Gesellschaft und Governance sammelt (Feldmeyer et al., 2019).

Transfer von Klimadiensten und Anpassungswissen (A7)

Beim Transfer kann zwischen dem Transferobjekt (Klimadienst oder allgemeines Anpassungswissen) sowie dem Zielkontext unterschieden werden. Besteht das Ziel im Transfer innerhalb der Projektregion selbst (etwa der Nachbarkommune), kann der Transfer in transdisziplinär ausgerichteten Projekten durch die Nutzung, eventuell sogar projektzugehöriger, örtlicher Netzwerke und Verbindungen, vergleichsweise einfach umgesetzt werden. Der Transfer in komplett andere Regionen stellt jedoch eine große Herausforderung dar. Hierbei gilt es generalisiertes Wissen zu erstellen, welches in andere Kontexte übertragen werden kann, jedoch genügend Konkretheit in den Empfehlungen vorweist, um nützlich zu sein. Der Transfer von erfolgreichen Maßnahmen, Technologien, Institutionen, Normen oder Strategien im Bereich der Anpassung wird rundum als erstrebenswert betrachtet (BBSR, 2014). Die diesem Prozess zugrundeliegenden Mechanismen sind jedoch nicht ausreichend bekannt (Nagorny-Koring, 2018). Zudem wird die praktische Umsetzung des Transferprozesses als Herausforderung angesehen, so dass weiterer Forschungs- und Förderbedarf besteht, wie diese Prozesse konzeptualisiert und operativ befördert werden können (BBSR, 2016a; Haupt et al., 2021). Der Entwicklung von Diffusionsstrategien für Anpassungsprojekte wird somit eine zentrale Signifikanz zugesprochen (Hoffmann et al., 2014; Biagini et al., 2014). In diesem Zusammenhang hat sich die Replikation von Leuchtturmprojekten oder Best-Practice-Beispielen als gängiges Ziel von angewandten Forschungsprojekten entwickelt. Hierbei ergeben sich allerdings als „local stickiness of best practices“ beschriebenen Schwierigkeiten für einen erfolgreichen Diffusionsprozess, da die zu transferierenden Beispiele den komplexen Entstehungsprozess in einem Zielkontext nur schwer übermitteln können und meist eher als Inspiration für eigene Unterfangen dienen als direkt aufgenommen zu werden (Bulkeley, 2006; Nagorny-Koring, 2018).

Ein äußerst umsichtiger, auf verschiedene Nutzeranforderungen ausgerichteter, transdisziplinärer Transfer- und Erprobungsprozess in der eigenen Region bildet die wichtigste Informationsgrundlage für einen anspruchsvolleren Transferprozess in andere Regionen.

Um den Transfer bei der Entwicklung der Klimadienste leichter mitzudenken, kann ein operatives Transferkonzept, welches verschiedene Bausteine und Schritte des Transferprozesses erläutert, als Grundlage dienen. Diffusionsstudien zu Technologie- und Wissenstransfer im Nachhaltigkeitsbereich identifizieren bereits verschiedene Kataloge an Treibern und Barrieren, jedoch beziehen sich hierbei viele auf einen Nord-Süd Transfer im Entwicklungskontext (Biagini, 2014), oder erforschen die Übertragbarkeit von Politiken und diesbezüglichen Instrumenten zwischen deutschen Städten (Haupt et al., 2021). In diesem Zusammenhang werden maßgeblich Politiken und vereinzelt Instrumente fokussiert, wohingegen Studien zum Transfer von einzelnen Wissensprodukten im Themenbereich Klimaanpassung nur begrenzt vorliegen.

Eine erste Studie zum Transferpotential von Klimadiensten zeigt auf, dass Klimadienste- und -ansätze auf Grundlage konzeptioneller, kultureller, sprachlicher, politischer und technischer Kriterien an den Zielkontext angepasst werden sollten (Street et al., 2019). Um den Transfer zu befördern, sollte jedoch genau analysiert werden, wie Klimadienste flexibel geplant und entwickelt werden können, welche Treiber und Barrieren für die Diffusion existieren und wie diese durch Handreichungen oder Schulungen befördert bzw. abgemindert werden können (Street et al., 2019; BBSR, 2016a).

Ein möglichst umfassendes Transferkonzept kann die Entwicklung der Dienste dahingehend anleiten, dass ein a priori hohes Übertragbarkeitspotential erreicht werden kann, um einen Transfer ohne aktiv begleitete Unterstützung zu ermöglichen. Die Flexibilität der Dienste steht hierbei im Zusammenhang mit der Komplexität und der Nutzerfreundlichkeit. Eine hohe Flexibilität kann erreicht werden, wenn verschiedene Transferabstufungen abseits der kompletten Übernahme eines Wissensprodukts offenstehen (Theobald & Kern, 2011). So werden selten Instrumente, in ihrem Zielkontext, durch die Anwender im Implementierungsprozess angepasst. Flexibel entwickelte Klimadienste könnten dies durch modulare Transferkomponenten und Blaupausen-Versionen, die gegenüber der Anpassung im Zielkontext sensibel sind, sowie Leitfäden, die die wichtigsten Arbeitsschritte erläutern, befördern. Eine zielführende Analyse von möglichen Nutzergruppen und Nutzungssituationen würde hierfür eine lohnende Basis darstellen und sollte speziell die jeweiligen Wissensanforderungen, die durch Klimadienste gedeckt werden könnten, fokussieren (Schlumberger et al., 2019). Dafür ist es wichtig, dass bei der transdisziplinären Entwicklung der Klimadienste auch die

Bedarfe anderer Nutzergruppen abseits der direkten Praxispartner mitgedacht werden. Aus diversen Nutzungssituationen und Wissensanforderungen können Zielkontexte konzeptualisiert werden, an denen sich die verschiedenen Leitfäden ausrichten können, um für verschiedene Szenarien die Aufnahme des Wissens und der Dienste zu erläutern und zu erleichtern.

Um einen möglichst tiefen und weitreichenden Transferprozess zu ermöglichen, sollten die Dienste ihre Nützlichkeit und den Vorteil, den sie gegenüber der Nicht-Benutzung oder anderen Lösungen haben, klar und einfach darlegen – maßgeblich durch eine einladende Erprobbarkeit (Schön et al., 2020). Weiterhin ist es nicht nur für die Erprobbarkeit, sondern auch für den Peer-to-Peer-Austausch äußerst förderlich, wenn Klimadienste in einer ‚Community of Practice‘ eingebettet sind, in der Anwendungserfahrungen ausgetauscht und Feedback eingegeben werden kann (Street et al., 2019). Um die Dissemination der Dienste weiterhin zu vertiefen und zu verbreitern sollte eine Fülle an Multiplikatoren identifiziert und Transferakteure- und Netzwerke (wie z.B. Energieagenturen, Städtenetzwerke oder das LA21-MNetzwerk) angesprochen werden (Haupt et al., 2021).

Um ein hohes Transferpotential und einen erfolgreichen Transfer von Best-Practice-Beispielen, Klimadiensten und Anpassungsansätze zu ermöglichen, sollten daher die Aspekte: Flexibilität, Nutzeranalyse, Leitfäden, Erprobbarkeit, Community of Practice und Multiplikation mitgedacht werden.

Baustein B: Regionale Anpassungskapazität und Anpassungsnotwendigkeit

Konzeptualisierung von Anpassungskapazität (B1)

Anpassungskapazitäten und die Ausweisung diesbezüglicher Indikatoren für den deutschen Kontext sowie deren Bestimmung durch transparente und vergleichbare Methoden sind durch den derzeitigen Forschungsstand noch nicht umfänglich erschlossen (Kahlenborn et al., 2021).

Der Fünfte Sachstandbericht des IPCC definiert Anpassungskapazitäten als „die Fähigkeit von Systemen, Institutionen, Menschen und anderen Lebewesen, sich auf potentielle Schädigungen einzustellen, Vorteile zu nutzen oder auf Folgen zu reagieren“ (IPCC, 2014: 126). Anpassungskapazitäten werden in der Literatur zumeist als längerfristige Strategien und Handlungsansätze verstanden, welche auch Ressourcen berücksichtigen können, die momentan noch nicht vorhanden sind (Vogel & O'Brien, 2004; Birkmann et al., 2013b). Im Gegensatz zu Bewältigungskapazitäten, welche sich eher auf direkte kurzfristige Maßnahmen während, vor oder nach einem Extremereignis zur schnellen Wiederherstellung eines ursprünglichen Zustandes beziehen, sind Anpassungskapazitäten eher strategische Maßnahmen, die auch die Antizipation bestimmter zukünftiger Risiken miteinbeziehen (Vogel & O'Brien, 2004; Birkmann, 2008; Birkmann et al., 2013b). Konkrete Anpassungsmaßnahmen können dabei als die Manifestation von Anpassungskapazitäten gesehen werden (Smit & Wandel, 2006; Kahlenborn et al., 2021). Bei der Konzeptualisierung von Anpassungskapazitäten ist auch immer das zugrundeliegende Risikoverständnis zu betrachten. International anerkannt ist in diesem Zusammenhang das IPCC SREX¹⁹ Framework (siehe Abbildung 2) Das SREX Framework des IPCC vereint Erkenntnisse und Betrachtungsweisen unterschiedlicher Forschungsdisziplinen aus dem Bereich der Klimawandelforschung sowie der Risiko- und Katastrophen Forschung mit Hinblick auf die Thematik des Risiko- und Katastrophenmanagements sowie der Klimawandelanpassung (IPCC,

¹⁹ Special Report on Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation (SREX).

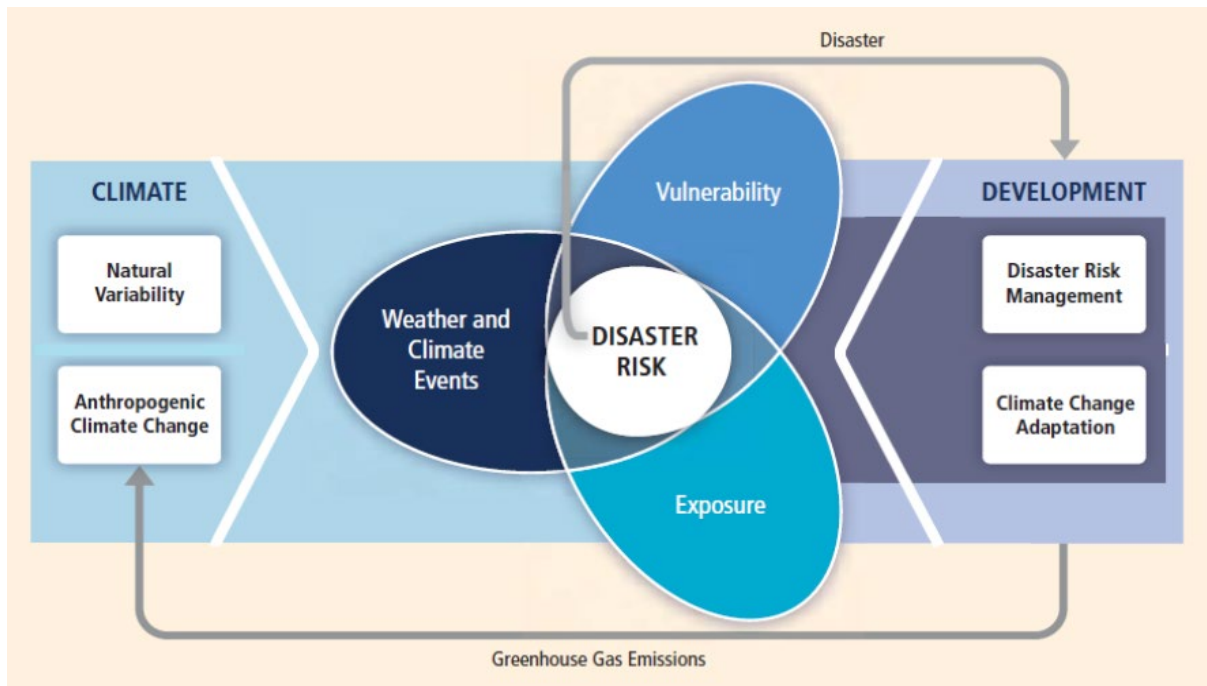


Abbildung 2: IPCC SREX Framework

Quelle: IPCC 2012

2012). Das Katastrophenrisiko ergibt sich hierbei aus dem Zusammenspiel von Naturgefahr, Exposition und Vulnerabilität. Das SREX Framework geht davon aus, dass über Prozesse des Katastrophen- und Risikomanagements sowie der Klimawandelanpassung die Exposition und die Vulnerabilität gegenüber natürlichen Extremereignissen verringert werden kann, infolge dessen sich wiederum das Katastrophenrisiko an sich verringert (IPCC, 2012). Anpassungskapazitäten werden in Deutschland in diesem Zusammenhang zumeist als Teil von Vulnerabilitätsanalysen betrachtet (siehe auch Kapitel 3).

Da es als zentral betrachtet wird Anpassungskapazitäten aufzubauen, müssen diese operationalisiert und auf eine objektive Weise messbar gemacht werden. Es existieren derzeit eine Vielzahl an fragmentierten Methodologien zur Abfrage des Anpassungsstandes (z.B. Global Covenant of Mayors, CDP oder City Resilience Frame der Rockefeller Foundation), aber kaum Ansätze, die einen Vergleich zwischen Handlungsfeldern oder Regionen hinsichtlich der Anpassungskapazitäten ermöglichen (BBSR, 2016a). Um einheitliche Leitfäden für die Durchführung von Vulnerabilitätsanalysen und die Erfassung von regionalen Anpassungskapazitäten zu erstellen, ist ein Set an

Kernindikatoren unerlässlich. Ein solcher Katalog könnte sich an den Response-Indikatoren in der DAS orientieren, müsste sich aber durch eine detaillierte Ausdifferenzierung auszeichnen (Feldmeyer et al., 2019). Weiterhin sollten methodische Arbeiten zur Erfassung von Anpassungskapazitäten eruieren, inwiefern diese bei Vulnerabilitätsanalysen in die Risikobewertungen einfließen sollen. Konzeptionell kann zudem zwischen inkrementellen und transformativen Anpassungsansätzen unterschieden werden. Während inkrementelle Anpassungsansätze darauf abzielen „Wesen und Unversehrtheit eines Systems oder Prozesses in seinem bisherigen Ansatz zu erhalten“ (Mahrenholz et al., 2017: 336), zielen transformative Ansätze auf radikale Änderungen ab, die grundlegende Strukturen und Rahmenbedingungen zu transformieren suchen (ibid.). Letztere erfreuen sich immer größerer akademischer Aufmerksamkeit, da zunehmende Extremereignisse inkrementellen Anpassungsansätzen Grenzen aufzeigen können und so neue transformative Wege zumindest angedacht werden sollten (Hetz et al., 2020). Wie genau transformative Anpassung und diesbezügliche transformative Anpassungskapazitäten in derzeitigen Entscheidungsprozessen- und Strukturen konzeptualisiert und umgesetzt werden können, ist durch die Forschung noch nicht hinreichend beschrieben, obwohl derartige Maßnahmen mit hoher Wahrscheinlichkeit mit komplexen Implementierungshürden konfrontiert wären.

Anpassungskapazitäten bei Kommunen (B1a)

Berichte und Forschungen zu globaler Anpassungskapazität im Governancebereich verharren auf einem eher groben Analyseniveau – stark bedingt durch die globale Heterogenität der Governancesysteme – und bieten neben generischen, nicht anpassungsbezogenen Governanceindikatoren das Kriterium der „Governance Readiness, welches aussagt wie transparent Gelder in Anpassungsmaßnahmen fließen können (Andrijevic et al., 2019; University of Notre Dame Global Adaptation Index, 2015). Das MONARES-Projekt hat in einer Studie zu Indikatoren von Anpassungskapazitäten den Governance-Indikator „Existenz von intersektoralen Arbeitsgruppen zu Anpassung“, im Rahmen einer Umfrage, als sehr relevant bestätigt (Feldmeyer et al., 2019, siehe A1). Das Forschungsprojekt „Kommunen befähigen, die Herausforderungen der Anpassung an den Klimawandel systematisch anzugehen“ sieht wichtige Entwicklungstrends in den folgenden zentralen Handlungsfeldern, die die Anpassungsfähigkeiten

von Kommunen beeinflussen: „(Regional-) Ökonomischer Strukturwandel; Energie- wende und die Transformation des Energiesystems; Transformation der Wasserinfra- struktur und des Wassermanagements; fortschreitende Flächeninanspruchnahme; so- zialer und demographischer Wandel; sowie politischer und institutioneller Wandel“ (Schüle et al., 2016). Eine Zuweisung von Indikatoren unter diesen Kategorien wird von diesem Projekt empfohlen.

Das KLIMZUG-Projekt nordwest2050 hat das von Gupta et al. (2010) entwickelte Adaptive Capacity Wheel als Grundlage für eine regionale Erfassung der Governance- Anpassungskapazitäten anhand von Experteninterviews und Dokumentenanalysen genutzt, um die bisher wenig erforschten administrativ-politischen Kapazitäten besser beschreiben zu können (nordwest2050, 2014). Die Fähigkeit einer Region „adaptive Governance umzusetzen“ fußt demnach auf einem flexiblen, lernfähigen und perspek- tivreichen Steuerungsmodus (Garrelt et al., 2013). Es wird darauf hingewiesen, dass dieser Ansatz jedoch Gerechtigkeitsbezüge nicht angemessen einbezieht und die Be- wertungsdimensionen nach Gupta Spannungsverhältnisse und Überschneidungen aufweisen (nordwest2050, 2014).

Als ein weiterer Orientierungspunkt für die Entwicklung eines Sets von regionalen Kernindikatoren zur Erfassung der Anpassungskapazität, können auch die Ergebnisse der KWRA 2021 herangezogen werden. Durch die KWRA 2021 wurden Indikatoren identifiziert, die einen ersten strukturellen Vergleich generischer Anpassungskapazitäten ermöglichen sollen. Diese Indikatoren wurden wiederum sechs übergeordneten Anpassungsdimensionen zugeordnet (Kahlenborn et al., 2021). Aufbauend auf eine solche Konzeptualisierung könnten spezifischere Indikatoren für die kommunale Ebene abgeleitet werden.

Ein dedizierter Leitfaden zur Bemessung und Entwicklung von Governance-Anpas- sungskapazitäten, der mehrere administrative Ebenen inkludiert, könnte einen weite- ren Mehrwert schaffen. Die Indikatorenbildung von Anpassungskapazitäten sollte wei- terhin durch einen partizipativen Ansatz mit Anwendern und Stakeholdern durchge- führt werden, um lokale Aspekte miteinzubeziehen und eine bessere Validität gewähr- leisten zu können. Es bestehen zudem noch Unsicherheiten und Unkenntnisse be- züglich Anpassungskapazitäten im Themenfeld menschliche Gesundheit (BBSR, 2016a).

Für die Anpassungsforschung stellt sich zudem die Frage, welchen Einfluss die Rechtsform der Infrastrukturdienstleister auf die Anpassungskapazitäten haben. Privatisierte Dienstleister integrieren Anpassungserwägungen auf Basis der finanziellen Effizienz wohingegen öffentliche Unternehmen auch weitere kommunalpolitische Erwägungen einbeziehen können. Regionale Governanceforschungsansätze könnten die Rolle der juristischen Beschaffenheit und privatrechtlichen Rahmenbedingungen von Versorgern sowie die zugrundeliegenden Finanzierungsmodelle hinsichtlich der Anpassungskapazität weiter untersuchen (Dynaklim, 2015).

Erfassung von Anpassungsbedarfen und -kapazitäten bei Industrie und Gewerbe (B1b)

Es zeigt sich zunehmend, dass Unternehmen in Deutschland neben ihren Lieferketten auch direkt in situ vom Klimawandel betroffen sind und sich diese Entwicklung zuspitzen wird. Die aktuelle Vorbereitung deutscher Unternehmensstrategien und das Bewusstsein bezüglich des Klimawandels wird, anhand einer Analyse der betrieblichen Berichtserstattung, jedoch als unzureichend bewertet (Loew et al., 2021). Gründe hierfür liegen darin, dass physische Klimarisiken im Management nicht angemessen repräsentiert sind und es derzeit unklar ist, ob diese überhaupt auf strategischer Ebene Berücksichtigung finden (Loew et al., 2021). Die mangelnde strategische Beachtung von Anpassung in Unternehmen wird als zentrale Umsetzungslücke angeführt und könnte von der Forschung zu der Weiterentwicklung von Leitfäden und Managementnormen (z.B. ISO Guide 84:2020) aufgegriffen werden (Hoffmann et al., 2014). Weiterhin kommuniziert ein Großteil der Unternehmen einen Informationsbedarf bezüglich der klimatischen Veränderungen von Extremwetterereignissen (Bardt et al., 2014). Eine Umfrage unter verschiedenen Unternehmen ergab, dass Anpassungsmaßnahmen vornehmlich bei Gebäuden und ebenfalls in der Logistik und über Versicherungen durchgeführt werden (Bardt et al., 2014). Gleichermaßen ergab eine Analyse, dass Unternehmen zusammen mit Bürgern als wichtigste externe Stakeholdergruppe bei Anpassungsstrategien auftreten, was die Wichtigkeit dieser Gruppe für die Anpassungsforschung hervorhebt (EEA, 2020).

Methodisch wurde die betriebliche Anpassung dahingehend bearbeitet, dass in Forschungsprojekten Vulnerabilitäts- Innovations- und Szenarioansätze entwickelt wurden, die Anpassungsprozesse im privaten Sektor anleiten können und insbesondere den Wertschöpfungsprozess und die Lieferketten in den Blick nehmen. (Mahammadzadeh et al., 2014; Fichter & Hintemann, 2010; nordwest2050, 2014; Akamp et al., 2010). Verschiedene Entwicklungsszenarien können dann als Ausgangspunkte für Anpassungsstrategien genutzt werden (RADOST, 2014). Auf Basis neuerer ökonomischer, ökologischer und klimatischer Modelle könnten genauere Szenarientwicklungen für Anpassungsbedarfe ermöglicht werden.

Da sich verschiedene Industrie- und Gewerbebezüge in ihren Anpassungsbedarfen stark unterscheiden, sollte weiter erforscht werden, welche Wirtschaftsbereiche welche Anpassungsbedarfe- und Kapazitäten haben bzw. wie diese aufgebaut werden können. Die Heterogenität des Privatsektors - im Vergleich zu der institutionell ähnlich konstituierten kommunalen Planungspraxis - gilt es in Forschungsprojekten stärker in den Blick zu nehmen und entsprechende Leitfäden und Empfehlungen zur Anpassung zu erarbeiten (Bubeck et al., 2020). Zudem könnten spezifischere Empfehlungen herausgearbeitet werden, wie Kommunen und der private Sektor bei Anpassungsmaßnahmen am besten kooperieren können. Dies konnte bereits am Beispiel von Gewerbegebieten veranschaulicht werden (Grün statt Grau, 2017). Neben raumplanerischen Belangen (siehe A.2) fußt die nachhaltige Entwicklung dieser Gebiete auf dem Engagement der Unternehmen und ihrer Kooperation mit der Verwaltung. So besteht speziell für ältere Gewerbeflächen Entwicklungspotential hinsichtlich ökologischer Kriterien. Im Kontext zunehmender Flächenkonkurrenz sollte die Raumplanung Unternehmen im Rahmen eines nachhaltigen Gewerbegebietsmanagements in Anpassungsstrategien einbeziehen, eine Schnittstelle zu den einzelnen Unternehmen bilden und über betriebliche Anpassungsmöglichkeiten informieren. Diese einzelnen privaten Aktivitäten können dann mit den Instrumenten des Städtebaurechts und der Bebauungsplanung verbunden werden, um alle ökologischen Entwicklungspotentiale zu realisieren (BBSR, 2019). Die Verwaltung sollte Räume der autonomen Anpassung aufzeigen, unterstützen und durch Netzwerkbildung begleiten, um Synergien mit kommunalen Strategien und zwischen verschiedenen Gewerben zu erzeugen (Grün statt Grau, 2017; RADOST, 2014).

Insbesondere sollten hierbei die Sektoren Tourismus und Fischerei bei einer Analyse der Privatwirtschaft inkludiert werden, um Anpassungsbedarfe und -Kapazitäten sowie Synergien und Zielkonflikte mit anderen Bereichen herauszuarbeiten, da hierfür bisher wenige Studien vorliegen (Hetz et al., 2020). Darüber hinaus wird die Vulnerabilität und der damit verbundene Handlungsbedarf in der Land- und Forstwirtschaft als sehr hoch und teilweise am höchsten eingeschätzt (Bardt et al., 2014).

Kleinskalige Anpassungskapazitäten und -bedarfe (B1c)

Im Bereich der skalendifferenzierten Anpassungsforschung wurden bereits Forschungsvorhaben durchgeführt. So wurde im Programm KlimaMoro (BMVI) die regionale Ebene, im Projekt StadtKlimaExWoST (BBSR) die Gemeinde- und Stadtebene und im Vorhaben ImmoKlima (ebenfalls BBSR) die Gebäudeebene hinsichtlich Klimaanpassung fokussiert. Im Projekt ZURES wurde eine Methode entwickelt, um anhand von Szenarien zur Wohnraumentwicklung auf Stadtteilebene Aussagen zu Vulnerabilitäten und damit verbundenen Anpassungsbedarfen zu treffen (Birkmann et al., 2021). Insgesamt besteht für die Quartiers- und Gebäudeebene momentan jedoch ein Klimainformationsdefizit wodurch das Gefahrenbewusstsein von individuellen Wohneigentümern erschwert wird. Insbesondere die Bereitstellung von kleinskaligen Daten und darauf aufbauenden Schadenanalysen könnte die Basis für kleinräumige, neuartige Anpassungsmaßnahmen bilden (BBSR, 2016a). Die Inklusion von Wohneigentümern böte allerdings die Möglichkeit, autonome Anpassungsmaßnahmen auch individuell und im Bestand anzusetzen, was der kommunalen Planungspraxis momentan nur schwer möglich ist. Zu wissen welche rechtlichen und sozioökonomischen Hemmnisse bei Wohneigentümern vorliegen und wie diese durch lokale Entscheidungsträger:innen adressiert werden können, um einen sich gegenseitig bestärkenden Mix aus autonomen und geplanten Anpassungsmaßnahmen zu befördern, wäre eine Bereicherung für die lokale Anpassungspraxis. Quantitative Feldforschung in Form von Haushaltsbefragungen eignet sich dabei insbesondere für eine verstehende Analyse vorhandener Anpassungskapazitäten und deren Determinanten (Wilhelmi & Hayden, 2010). Gesellschaftlich bedingte Vulnerabilität allgemein und Anpassungskapazitäten im speziellen werden dabei im Zusammenhang mit sozioökonomischen und soziodede-

mografischen Unterschieden betrachtet (Hayden et al., 2017). Es gibt bereits empirische Studien, die sich mit Anpassungskapazitäten und Anpassungsbedarfen im Zusammenhang mit sozioökonomischen Merkmalen auf der Ebene von Haushalten beschäftigen (Hayden et al., 2017; Voelkel et al., 2018; Laranjeira et al., 2021). Die Ergebnisse dieser Studien weisen klar darauf hin, dass sozioökonomische und soziodemografische Merkmale in unterschiedlichem Maße in Zusammenhang mit der privaten Anpassung von Menschen an sich verändernde klimatische Bedingungen sowie deren Anpassungskapazität und Sensitivität gegenüber klimatischen Extremereignissen stehen (ibid.). Die kleinskalige Analyse von Anpassungsaktivitäten und Anpassungskapazitäten und ihrer Determinanten kann dazu beitragen Anpassungshemmnisse zu erkennen und diese durch gezielte Maßnahmen abzubauen (Laranjeira et al., 2021). Insgesamt besteht in dieser Hinsicht aber noch weiterer empirischer Forschungsbedarf, um bestehende Zusammenhänge besser zu verstehen und entsprechende Handlungsempfehlungen abzuleiten.

Anpassungskapazitäten und -notwendigkeiten in integrierten Wirkmodellen (B2)

Die Operationalisierung von Anpassungskapazitäten gilt als allgemeine Herausforderung aktueller Anpassungsforschung (BBSR, 2016b). Mit Hinblick auf die Integration von Anpassungskapazitäten in Wirkmodelle, besteht insbesondere auch im Bereich der Operationalisierung von Anpassungskapazitäten entlang verschiedener Handlungsfelder noch Forschungsbedarf. Qualitative Bewertungsmethoden für sektorale und risikospezifische Anpassungskapazität, wie sie in der aktuellen KWRA durchgeführt werden, stellen hierbei einen möglichen Ansatz dar (Kahlenborn et al., 2021). Neben der Frage der Operationalisierung von Anpassungskapazitäten liegt die spezifische Herausforderung insbesondere darin, die operationalisierten Anpassungskapazitäten in lokale Wirkmodelle mit Klimadaten zusammenzuführen, um ein detailliertes Risikobild zu erlangen. Da Klimawirkungen direkt und indirekt in verschiedene Handlungsfelder einwirken, muss das Zusammenspiel von Anpassungskapazitäten und Sensitivitätsfaktoren integriert abgebildet werden (Kahlenborn et al., 2021). Insbesondere die Abbildung dieser Wechselwirkungen entlang kaskadierender Wirkungsketten zukünftiger Extremereignisse mit hohem Risiko erscheint hierbei nach der letzten

KWRA 2021 als signifikantes Forschungsfeld (Kahlenborn et al., 2021; Ebrey et al., 2020). Die Integration dieser Wechselwirkungen in lokale Wirkmodelle, welche sich zudem an integrierte ökonomische Bewertungen anschließen lassen und somit die Kausalbeziehungen von einem Klimasignal über Anpassungskapazitäten und Vulnerabilitäten zu den Kosten und Nutzen möglicher Anpassungsmaßnahmen darstellen, ist eine große Herausforderung (Ebrey et al., 2020). Weiterführend müsste ein solches Modell praxisnah Unsicherheiten und Ergebnisse anwenderfreundlich kommunizieren, was einen komplex aufzulösenden Zielkonflikt darstellt. Die Entwicklung einer niedrigschwelligen Risikomodellierung, die ebenfalls Anpassungskapazitäten integriert (Rapid Assessment), könnte sich hierfür anbieten (Ebrey et al., 2020).

Für den Wassersektor wurde der spezifische Forschungsbedarf hinsichtlich der besseren Integration von Klimamodellen und lokalen hydrologischen Modellen, welche Einzelprozesse der ökologischen Gewässerqualität und der Wechselwirkungen zwischen Flüssen und Auensystemen abbilden können, festgehalten (KLIWAS, 2015).

Baustein C: Integrierte Bewertung auf regionaler und kommunaler Ebene

Integrierte Bewertung von Klimaschäden und Anpassungsmaßnahmen (C1)

Obwohl erste handlungsleitende Bewertungen und Vergleiche von Anpassungsmaßnahmen vorliegen, müssen Bewertungsmethoden spezifiziert werden. Es besteht ein großer Informationsbedarf von Seiten der Kommunen, effiziente und effektive Maßnahmen auf Basis von ökonomischen Folgewirkungen des Klimawandels und Kosten-Nutzen-Analysen auswählen zu können (Groth & Nuzum, 2016). Viele Bewertungen basieren auf basalen Gütekriterien (z.B. Effektivität, Flexibilität, etc.) oder Stakeholderbefragungen (Hetz et al., 2020; Dümecke et al., 2013). Hierbei gilt es bei Multikriterienanalysen soziale, ökologische und ökonomische Kriterien für jeden lokalen Kontext auszuwählen und mit passenden Indikatoren zu unterfüttern. Quantitative und qualitative Indikatoren in einem Bewertungsmodell zu integrieren ist hierbei eine zentrale methodologische Herausforderung (Graveline et al., 2017). Im Sinn der sozialen Gerechtigkeit sollten die sozialen Kriterien ebenfalls erfassen, wie die Anpassungsmaßnahmen marginalisierte Bevölkerungsgruppen beeinflussen (Shokry et al., 2020).

Um Anpassungsmaßnahmen mit breitem politischen und sozialen Rückhalt umzusetzen, ist es fördernd, die Wirksamkeit und ökonomische Effizienz einer Maßnahme transparent nachzuweisen und zu vergleichen (Appel et al., 2013). Da ökonomische Modelle oftmals ökologische Nebeneffekte nicht integrieren, sollten ökologische Einwirkungen der Maßnahmen dediziert aufgenommen werden (Lehr et al., 2020). Ebenfalls sollte eine integrierte Bewertung auf positive und negative Nebeneffekte, Zielkonflikte und synergetische Vorteile von Maßnahmen eingehen (Ricardo-AEA, 2013). Speziell für die ressortübergreifende Umsetzung von integrierten Anpassungsstrategien ist die Erfassung von handlungsfeldübergreifenden Wirkungsketten wichtig. Geboten ist ein solcher Nachweis zudem bei der Fortentwicklung von Anpassungsmaßnahmen. Die Weiterentwicklung der integrierten Bewertung von Anpassungsmaßnahmen adressiert daher eine Forschungslücke, deren Bearbeitung die Basis für eine nachvollziehbare und politisch robuste Priorisierung von Maßnahmen stellen kann. Auch ist eine integrierte Bewertung von Anpassungsmaßnahmen zuträglich bei der Beantragung von Finanzierung, da so die Kosteneffizienz transparent nachgewiesen

werden kann. Die integrierte Bewertung steht hierbei vor einigen Hürden, welche im Folgenden thematisiert werden.

Entwicklung regionaler integrierter Bewertungsmodelle (C1a)

Um die Klimaschäden, die Kosten und Nutzen von Anpassungsmaßnahmen sowie deren wirtschaftliches synergetisches Potential feststellen zu können, sind sensible Modelle nötig. Diese Modelle sollten Kosten, vermiedene Schäden und wirtschaftliche Einflüsse regional, sektoral und akteurspezifisch differenzieren. Die Verfeinerung der dahinterstehenden Modelle (z.B. Multikriterienanalyse, Input-Output-Modelle, regionalisierte Gleichgewichtsmodelle) und Methoden zur Monetarisierung oder einen Vergleich erlaubenden, integrierten Bewertung der sozioökonomischen Entwicklung, abhängig von Klimarisiko und Anpassungsmaßnahmen für eine spezifische Region, stellt ein fortdauerndes Forschungsfeld dar (Dynaklim, 2015; Manez et al., 2016). Da sich je nach Fragestellung, zeitlichen Horizonten und räumlichen Abgrenzungen verschiedene Modelle für eine Analyse anbieten, gilt es daher, das möglichst passende Modell für eine Region und deren Bedarfe auszuwählen (Lehr et al., 2020). Das Aufkommen von Extremereignissen erfordert ebenfalls eine zeitliche Sensibilität der Modelle, da kurzfristig auftretende Extremereignisse in die langfristige regionale sozial-ökonomische Entwicklung einbezogen werden müssen (Lehr et al., 2020; Manez et al., 2016). Die zeitliche Perspektive muss darüber hinaus mit einer normativen Erwägung zur Diskontierung verbunden werden, damit das Modell generationengerecht zukünftige Klimaschäden den heutigen Anpassungskosten gegenüberstellt (OECD, 2021). Ebenfalls könnten spezifische Bewertungsmethoden für unterschiedliche ökonomische Sektoren nötig sein, da eine genaue sektorale Aufteilung der Schäden zentral erscheint (Manez et al., 2016; Hetz et al., 2020). Zudem könnten integrierte Modelle benötigt werden, die in der Lage sind, die einzelnen Wechselbeziehungen zwischen Handlungsfeldern darzulegen und hierbei auch auf kaskadierende Schadenseffekte und das Zusammenspiel von Klimarisiken und sozioökonomischen und infrastrukturellen Sensitivitäten einzugehen (Kahlenborn et al., 2021). Die hierfür benötigte Integration von naturwissenschaftlichen und sozioökonomischen Wirkmodellen und die damit verbundene Datenintegration bleibt eine Herausforderung (Manez et al., 2016). Das genaue Design einer solchen Schnittstelle bezüglich des zeitlichen und räumlichen

Rahmens und die Parameter der Wechselwirkung sind hierbei zu beachten (ibid.). Letztendlich existiert hierbei jedoch auch ein Zielkonflikt zwischen der Komplexität der Bewertungsmethoden und der möglichst niedrighschwelligen Anwendbarkeit dieser in der kommunalen Praxis. Diese Problematik stellt sich verstärkt für den Transfer dieser Bewertungsmodelle in andere Regionen (siehe A7).

Bewertung der Kosten und Nutzen von naturbasierten Lösungen (C1b)

Die Quantifizierung und Monetisierung von Ökosystemen und Schäden an Flora und Fauna ist methodisch und normativ komplex und stellt einen Forschungsbedarf dar (Dynaklim, 2015; OECD, 2021). Studien haben gezeigt, dass naturbasierte Lösungen oftmals höhere langfristige Vorteile erbringen als ihre Investitionskosten; jedoch lässt sich bisher nicht betrachten, dass sich dieser ökonomische Vorteil in einem vermehrten Einsatz dieser Maßnahmen niederschlägt. Dies erfordert einen gesonderten Blick auf die Umsetzungshürden von naturbasierten Lösungen (EEA, 2021; Lehr et al., 2020). Der finanzielle Wert von naturbasierten Lösungen ist schwer zu ermitteln, da die Erfassung der ökologischen Vorteile und Nebeneffekte aufwändige empirische Analysen erfordert bzw. teilweise die monetäre Darstellung von Naturgütern auf nicht abgesicherten Annahmen beruht (Lehr et al., 2020). Weitere Beiträge zu der Entwicklung standardisierter Indikatoren und Metriken zur Effektivität und Effizienz von naturbasierten Lösungen im Bereich Klimaanpassung und deren Synergiefähigkeit mit Klimaschutz und Biodiversität sind daher gewünscht, insbesondere bei Netzwerken von naturbasierten Lösungen und deren Hybrid-Einsatz mit grauer Infrastruktur (EEA, 2021). Hierbei wäre es interessant zu erfahren, ob naturbasierte Lösungen andere Klimainformationen benötigen als graue Infrastrukturmaßnahmen und welche Informationen zur erfolgreichen Umsetzung von naturbasierten Lösungen notwendig sind. Die Fortentwicklung empirischer und partizipativer Methoden zur Messung von z.B. Zahlungsbereitschaften und der Akzeptanz für Maßnahmen erscheint zudem sinnvoll (OECD, 2021; Gomez et al., 2020).

Wechselwirkungen und Auflösungen von Zielkonflikten (C2)

Momentan finden sich in der Literatur eher grobe Erfolgskriterien zu denen primär die Wahl von No-Regret oder Win-Win-Lösungen und synergetische Herangehensweisen

zählen (BMU, 2020; Dümecke et al., 2013). Wie eine erfolgreiche Integration von Anpassungsmaßnahmen im Klimaschutz, Wirtschaftsförderung oder Gesundheitspolitik funktionieren kann, sollte dediziert erforscht werden. Die Entwicklung einer Methodik zur quantifizierten Darstellung der Wechselwirkungen von Anpassungsmaßnahmen miteinander und vor allem mit anderen Politikbereichen und deren Zielvorgaben stellt eine wichtige Bewertungsgrundlage dar und sollte auf Basis ausdifferenzierter Maßnahmenkataloge und gemeinsamer entwickelter Anpassungsziele weiterentwickelt werden (Hetz et al., 2020). So sollte eine umfängliche Methodik zur Bewertung von Anpassungsmaßnahmen nicht die Empfehlung einzelner Maßnahmen zum Ziel haben, sondern eine Kombination von Instrumenten, die miteinander harmonisieren und das größte Synergiepotential (insbesondere mit Klimaschutz) heben (Lehr et al., 2020). Wie hierbei Zielkonflikte technisch und politisch aufgelöst werden können, könnte weiter adressiert werden indem z. B. soziale Kriterien wie Akzeptanz, Legitimität und politische Machbarkeit erfasst werden (Jäger et al., 2018). Für die Identifikation und integrierende Abwägung von qualitativen Indikatoren wie etwa subjektive Risikowahrnehmungen, soziokulturellen Faktoren und politischen Zielvorstellungen, zusammen mit ökonomischen und ökologischen Indikatoren ist eine enge und partizipative Arbeit mit Stakeholdern nötig und kann durch Ansätze der partizipativen Modellierung (z.B. Fuzzy-Cognitive Maps) umgesetzt werden. Eine Fortentwicklung solcher partizipativen Modellierungen hinsichtlich der Abbildung von Wechselwirkungen über mehrere Sektoren wird angeraten (Gomez et al, 2020).

Baustein D: Daten und Modelle

Bedarf an aktuellen Klimadaten und Handlungswissen – Verschnitt von Klima- und Wirkmodellen (D1)

In einer aktuellen Umfrage geben 40% der befragten Kommunen an, über Daten und Analysen zu verfügen, wie sich der Klimawandel lokal bei ihnen auswirkt. Daraus folgt, dass hier immer noch ein Großteil von Kommunen über keine Datenbasis zu lokalen Klimaänderungen verfügen (Handschuh et al., 2020). Die EURO-CORDEX und ReKliEs-DE-Simulationen hinsichtlich hochauflösenden räumlichen und zeitlichen Skalen weiter zu entwickeln adressiert den allgemeinen kommunalen Bedarf nach hoch aufgelösten lokalen Klimaprojektionsdaten, die unter anderem für diverse Fragen der Siedlungsentwicklung (BBSR, 2013; BBSR, 2016a) und der Identifikation von Anpassungsmaßnahmen für Starkregen (Ban et al., 2015) und anderer Klimaänderungen gebraucht werden. Daher sollte der Entwicklung besserer statistischer und dynamischer Downscaling-Methoden neben dem Zugang zu angemessenen technischen Rechen- und Speicherkapazitäten hohe Aufmerksamkeit zukommen. Weiterhin gilt es zu erforschen, wie die generierten Daten der regionalen Klimamodelle mit lokalen Wirkmodellen und den damit verbundenen sozioökonomischen und geographischen Daten verschnitten werden können. Insbesondere stellt sich hier die Frage, wie ein solcher recht aufwendiger wissenschaftlicher Prozess und die damit verbundenen Datenmengen in die kommunale Praxis überführt und mit den dortigen technischen Kapazitäten durchgeführt werden kann (Ebrey et al., 2020). Darüber hinaus muss der Datenfluss von Klimamodellen in lokale Wirkmodelle mit den Anwendern transparent diskutiert werden, damit die Abstimmung der Daten und ihrer Formate an den Bedarfen der Anwender praxisnah ausgerichtet werden kann. Die Anwendbarkeit und Transferierbarkeit (in der Projektregion und darüber hinaus) dieser verschnittenen Klima- und Wirkmodelle sollte in transdisziplinären Projekten untersucht und befördert werden, wobei darauf eingegangen werden sollte, dass sich die Datenverfügbarkeit lokal unterschiedlich gestaltet. Ansätze zum Rückgriff auf Daten aus nationalen Datensätzen könnten hierbei hilfreich sein (Ebrey et al., 2020).

Zudem könnte es interessant sein, wie erhobene qualitative Daten aus Umfragen und Interviews in ein Wirkmodell eingespeist werden können. Weiterhin ist es wichtig, zuträgliche Rahmenbedingungen transdisziplinären Zusammenarbeitens zu schaffen,

um Anwender bei der Datenauswahl- und Einspeisung zu unterstützen (siehe auch A5).

Anwenderfreundliche Darstellung und Kommunikation der zusammengeführten Klima- und Maßnahmeninformationen (D2)

Die Zusammenführung von Klima- und Wirkmodelldaten mit einem integriert bewerteten Maßnahmenkatalog in einem Entscheidungsunterstützungstool würde Entscheidungsträger:innen zentral benötigtes Handlungswissen über die Risikolage, mögliche Entwicklungsspannen und empfohlene Maßnahmen geben. Die Integration von Klima- und Wirkmodellen in zugängliche Gefahrenkarten oder andere Visualisierungen, die ein grundlegendes Planungs- und Kommunikationsinstrument darstellen, würde die Umsetzung dieser Daten in Anpassungshandeln weiter begünstigen, da visuelle Darstellungen die Informationsaufnahme für die Verwaltung erleichtern. (BBSR, 2016a). Story Maps können die Klimainformationen und Unsicherheiten zusammen mit verständlichen Zusammenhängen geographisch genau erläutern (Vollstedt et al., 2019). Ebenso erscheint es wichtig auch niederschwellige Informationsangebote zu entwickeln, um mehrere Zielgruppen und Anwender mit verschiedenen Kapazitäten zu adressieren. Darüber hinaus ist anzustreben, dass in der Zusammenarbeit ein gemeinsames Verständnis von Unsicherheiten etabliert wird, da Anwender auf einfache Entscheidungsgrundlagen mit geringen Unsicherheiten pochen, die Klimaprojektionen jedoch mit komplexen Unsicherheiten arbeiten. In der Absprache über Informationsbedarfe sollten daher Unsicherheiten und die Bandbreite an Ergebnissen erläutert und eine gemeinsame Risikokommunikation erarbeitet werden. Dies könnte weiterhin in Schulungseinheiten aufgenommen werden (siehe A4).

Unterstützung von politischem Handeln durch Klimainformationen (D3)

Im Gegensatz zu Minderungsmaßnahmen, bei denen Maßnahmenresultate klar in CO₂-Emissionen quantifiziert werden können, zeichnet sich die Anpassungspraxis durch einen Mangel an allgemeingültigen Zielwerten aus. Das Fehlen solcher Zielvorgaben verschärft die genannten Zielkonflikte und ist möglicherweise auch politisch durch diese bedingt. Daher stellt die Definition von handlungsleitenden Zielvorgaben und wissenschaftlich basierten Grenzwerten und die damit verbundene Erstellung von

Key Performance Indicators (KPIs) eine Forschungslücke dar. Es wäre möglich hier über bioklimatische und technische Indikatoren der Temperatur, des lokalen Strahlenshaushalts oder der Mortalitätsrate Zielwerte festzulegen (BBSR, 2016a). Höher zeitlich und räumlich aufgelöste Klimadaten und daraus gemeinsam mit den Anwendern abgeleitete Klimaindizes könnten hierbei einen Pool für mögliche Ziel- und Schwellenwerte für Anpassung bilden (Schipper et al., 2019). Solche anwendungsorientierten Klimaindizes können als Schwellenwerte den benötigten Einsatz von Anpassungsmaßnahmen markieren und zusammen mit integrierten Bewertungen zu Kosten und Nutzen Zielwerte für die Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen ermöglichen und so lokale Klimaanpassung politisch kommunizierbar machen. Darüber hinaus spannen solche Zielwerte ebenfalls den Rahmen für die Bewertung von Anpassungsmaßnahmen, da Wirkmodellrechnungen auf Basis von Klimamodellensembles verschiedener Klimaszenarien die möglichen negativen Auswirkungen des Klimawandels ökonomisch ausdrücken können und erlauben, Maßnahmen hinsichtlich ihres unterschiedlichen Schadensreduktionspotentials zu vergleichen (Jahn & Schulze, 2015). Die Weiterentwicklung der Klimaprojektionen und der regionalen Auflösungen können zur Reduzierung von Unsicherheiten an bestimmten Entscheidungsarealen beitragen und die politische Handhabung und Umsetzung begünstigen. Denn oftmals steht die Planungspraxis bei räumlichen Abwägungsentscheidungen unter dem Begründungsdruck, wieso Gebiete für Anpassungsgründe gegenüber anderen Nutzungen vorzuzulassen sind und muss hierbei strikten Datennutzungsregularien, die schwer für Klimaprojektionsdaten und deren inhärenten Unsicherheiten einzuhalten sind, folgen (Lorenz et al., 2016; siehe A2). Bessere empirische Gutachten und Betroffenheitsanalysen sowie zugängliche Aufarbeitungen sind für die Raumplanung daher wichtig (BBSR, 2016b).

5. Praxisnahe Klimadienste

Was zeichnet praxisnahe Klimadienste aus?

Dieses Kapitel soll durch eine Analyse der Literatur zu Klimadiensten einen Überblick zu der Entwicklung praxisnaher Klimadienste geben. Zu Klimadiensten können alle Instrumente oder Aktivitäten gezählt werden, die Akteure und Stakeholder bei der Entscheidungsfindung, dem Planungsprozess, der Durchführung und der Evaluation von Anpassungsmaßnahmen unterstützen (siehe Definition European Research and Innovation Roadmap for Climate Services in der Einleitung) (EU Kommission, 2015; Hoffmann et al., 2020; BBSR, 2016a). Anpassungsplattformen bündeln oftmals verschiedene Dienste und Informationen, bieten diese Dienste online an und unterstützen die Aufnahme des Wissens für Nutzer durch Handreichungen, Schulungen, Netzwerkaktivitäten und Feedbackprozesse (Palutikof et al., 2019). In einer deutschen Studie haben die Hälfte der Befragten potentiellen Nutzer die Notwendigkeit solcher Dienste hervorgehoben (Hoffmann et al., 2020). Der mangelnde Zugang zu Grundlageninformationen der Klimabetroffenheit wird zudem als zentrales Hemmnis der Regionalplanung eingeschätzt, da hier keine Kapazitäten für aufwendige Datenaufbereitungen bestehen (BBSR, 2013). Zentral verfügbares Anpassungswissen kann daher der Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen Vorschub leisten. Digitale Klimadienste könnten zudem Synergien mit den Bestrebungen der Digitalisierung der öffentlichen Verwaltung, insbesondere zur Datengenerierung und zur Optimierung von Governance- und Steuerungsprozessen wahrnehmen (SMARTilience, 2020). Es existiert bereits eine große Landschaft an Entscheidungsunterstützungswerkzeugen; neue Dienste sollten den Bestand hinsichtlich Verbesserungsmöglichkeiten prüfen und praxisnahe Werkzeuge darstellen, für die ein nachhaltiger Verbesserungsprozess sichergestellt werden kann (BBSR, 2016a).

Nutzungshemmnisse von Klimadiensten

Wie die Nützlichkeit von Klimadiensten (Definition siehe Einleitung) erhöht werden kann, sollte daher weiterhin adressiert werden (Palutikof et al., 2019). Aus einer Analyse derzeitiger Klimadienste und diesbezüglicher Forschung lassen sich daher

Schlüsse ziehen, wie die zu entwickelten Dienste anwenderfreundlicher und nachfrageorientierter gestaltet werden und auf identifizierte Umsetzungslücken antworten können, um so die bestmögliche Wirksamkeit zu entfalten. Obwohl bereits eine große Bandbreite von Klimadiensten existieren, ergibt eine Umfrage, dass diese noch nicht gänzlich zu den Adressaten durchgedrungen sind (von 82% Befragten, die sich mit Anpassung beschäftigen, sind die Dienste nur einem Drittel bekannt und nur jeder Zehnte nutzt sie) (Hoffmann et al., 2020). Da viele Hemmnisse die Nutzung von Klimainformationen im politischen Entscheidungsprozess erschweren, wird auch von Nutzungshemmnissen gesprochen (Lemos et al., 2012). Eine Meta-Analyse des SEI zu Nutzungshemmnissen listet folgende: „Lack of demand for climate information from decision-makers; Limited capacity of providers and user; Mismatch between research and decision-making needs: Weak interaction and engagement; Lack of trust and meaningful communication; Data availability and access; Lack of funding“ (Daniels et al., 2019: 2). Der institutionelle, politische und kulturelle Rahmen in dem Klimadienste zum Einsatz kommen und der eigentliche Inhalt und das Format der Klimadienste bedingen zudem die Nützlichkeit und Umsetzbarkeit der Informationen in die Implementierung (Vincent et al., 2020; Lourenço et al., 2016; Jones et al., 2017). Um diese Barrieren zu adressieren, wird daher empfohlen, einen dediziert kollaborativen Ansatz bei der Identifikation der Wissensbedarfe und bei der Planung, Entwicklung, und Umsetzung von Klimadiensten zu verfolgen, so dass Klimadienste und deren Empfehlungen mit dem institutionellen Entscheidungsprozess harmonieren, eine verständliche Terminologie einsetzen und an den richtigen Prozessen und Foren zum passenden Zeitpunkt andocken oder in Kooperation mit den Anwendern den Handlungsraum erweitern (Daniels et al., 2019; Lemos et al., 2012; Lourenço et al., 2016; siehe auch A1 und A5). So kann die frühe und stetige Zusammenarbeit mit Anwendern als eines der wichtigsten Kriterien für die spätere Anwendbarkeit ausgemacht werden (Hoffmann et al., 2020; Daniels et al., 2019). Hierbei sollten die Bedürfnisse, Barrieren, und technische sowie finanzielle Kapazitäten der Praxis bei der Entwicklung von der Forschung berücksichtigt werden. Auch nach der Entwicklung sollte zudem der Dialog über den Einsatz dieser Dienste und die damit verbundene Förderung aufrechterhalten werden, um eine Verstetigung von klimadienstgestützten Entscheidungen zu Anpassungsmaßnahmen zu ermöglichen (Palutikof et al., 2019).

Nutzerfreundlichkeit von Klimadiensten erhöhen

Neben dem Blick auf die kollaborative Entwicklung der Klimadienste sollte eine Verbesserung der Praxisnähe und allgemeinen Nützlichkeit der Dienste und Plattformen in den Fokus gerückt werden. Es können verschiedene Qualitätskriterien für Klimadienste herangezogen werden, die eine Entwicklung a priori anleiten können. In einer Umfrage mit Klimadienst-Nutzern konnten folgende Qualitätskriterien aufgestellt werden: „Topicality, Relevance, Scientific basis, Accessibility, User-friendliness, Reputation“ (Hoffmann et al., 2020: 20). Eine andere Studie führt die Kriterien „Availability, Visibility, Scientific and methodological quality, degree of innovation, scaling, practical relevance, strategical potential“ an und unterfüttert diese mit einer Reihe von Indikatoren (Schuck et al., 2018: 1). Solche Kriterien sollten früh bei der Entwicklung von Diensten und Indikatoren herangezogen werden.

Um die Werkzeuge weiter in ihrer Anwenderorientierung und Nutzung zu verbessern, sollte der Zuschnitt und das Format der Klimadienste auf verschiedene Anwendergruppen und Bereiche der Anwendung angepasst werden. Insbesondere ist es für kommunale Anwender von Klimadiensten wichtig, dass sich die Informationen und Empfehlungen auf die Umsetzung konkreter Anpassungsmaßnahmen- und Projekte beziehen, da komplexe Strategiehilfen, speziell für mittlere und kleinere Kommunen, zu abstrakt erscheinen oder zu viele Kapazitäten binden (Clar & Steurer, 2018). Ebenfalls konnte festgehalten werden, dass Unterstützungstools, die sich dediziert aus einer fachlichen Umweltsicht an kommunale Anwender richten, Adressaten aus anderen Ressorts nur schwer erreichen (ibid.). Generell sollten Klimadienste mit einer gewissen Flexibilität hinsichtlich der politischen und rechtlichen Voraussetzungen ihrer Nutzung entwickelt werden, da sich diese vom Startzeitpunkt ihrer Entwicklung bis zur Veröffentlichung ändern können (Palutikof et al., 2019; Laudien et al., 2019). Zudem sollte analysiert werden, welche Entwicklungsstufe im Anpassungsprozess (Vulnerabilitätsanalyse, Planung, Umsetzung, Monitoring & Evaluation) existierende Klimadienste abdecken und welches Wissen hierbei jeweils noch fehlt (BBSR, 2016a: 130).

Eine zentrale Plattform für verschiedene Klimadienste ist das Deutsche Klimavorsorgeportal²⁰ (KLiVO-Portal), welches passgenaue Informationen und Werkzeuge für re-

²⁰ www.klivo-portal.de

gionale und sektorale Herausforderungen im Klimawandel online bereitstellt. Das Portal bietet Kommunen, Unternehmen und der Zivilgesellschaft Daten und Fakten zum Klimawandel und bündelt die vielfältigen Informationsangebote rund um das Thema Klimaanpassung. Begleitet wird das Portal von zwei Anbieter-Nutzer-Netzwerken, in denen sich Akteure zu Klimawandeldaten und Klimaanpassung austauschen, beraten und voneinander lernen können. Die Nutzerfreundlichkeit und kontinuierliche Aktualisierung der Dienste sind wichtige Qualitätskriterien zur Aufnahme ins KLiVO-Portal. Um die praktische Anwendung von Klimadiensten zu unterstützen, sollten Hilfestellungen existieren, wie die Klimadienste in der Praxis eingebunden werden können, wie die Datenbedarfe der Anwendungen gedeckt werden können und an welche verschiedenen Handlungsfelder, Nutzergruppen und politische Ebenen sie sich richten. Eine praxisnahe Einführung in die verschiedenen Klimadienste kann bspw. durch Leitfäden und Visualisierungen geleistet werden. In diesem Zusammenhang wäre auch eine Analyse und Kategorisierung verschiedener Nutzergruppen hilfreich, die im besten Fall durch eine Reihe von Workshops mit verschiedenen Zielgruppen in Verwaltung und Wirtschaft unterstützt werden (Leitch et al., 2019). Interviews mit Nutzern haben ebenfalls zum Ausdruck gebracht, dass Unterstützungsformate wie Schulungen und netzwerkbildende Maßnahmen nachgefragt, jedoch bisher unterrepräsentiert sind (Hoffmann et al., 2020; BBSR, 2016a). Die Bildung einer ‚Community of Practice‘, die die Nutzer über eine Anpassungsplattform miteinander in Austausch setzt, ist ein anspruchsvolles aber ebenso lohnendes Unterfangen (Palutikof et al., 2019). Ebenfalls sollte zwischen Dialogangeboten ein Feedback-Prozess eingebaut sein, um eine fortwährende Verbesserung und einen bedarfsgerechten Zuschnitt der Dienste zu ermöglichen (EEA, 2016). Dieser Dialogprozess könnte im besten Fall durch Schulungen sichergestellt werden, um so auch direkten Kapazitätsaufbau und Öffentlichkeitsarbeit zu leisten (Palutikof et al., 2019). Darüber hinaus könnten Mediatoren, die zwischen Anwendung und Klimawissen vermitteln, die Einbettung von Klimadiensten in kommunale Prozesse begleiten und Empfehlungen zwischen Produzenten und Anwendern zwischenspiegeln (Jacobs & Street, 2020). Weitere Forschung inwiefern Klimadienst-Plattformen die Bedarfe der Nutzer erfüllen, wären zudem noch wünschenswert (Swart et al., 2017).

Die in Tabelle 2 gelisteten aktiven Tools bilden eine knappe Auswahl verschiedener Klimadienste, die in größeren Fördermaßnahmen des BMBF und des BBSR entstanden sind. Diese sind an verschiedenen Handlungsfeldern und Zielgruppen ausgerichtet (für eine umfangreiche Übersicht siehe BBSR, 2016a).

Tabelle 2: Ausgewählte aktive Klimadienste

| Klimadienst | Handlungsfeld | Zielgruppe | Stufe im Anpassungsprozess |
|----------------------|--|---|--|
| Stadtklimalotse | Grün-, Frei- und Landschaftsraum, Kultur und Denkmalpflege, Siedlungsflächenentwicklung, Sport und Freizeit, Stadtgesellschaft, Stadtgestalt und Städtebau, Technische und Soziale Infrastruktur, Verkehr und Mobilität, Wirtschaft und Einzelhandel, Wissen und Bildung | Kommunale Verwaltung | Anleitung zur Maßnahmenauswahl |
| ImmoRisk | Immobilien- und Wohnungswirtschaft | Raumplaner:innen und Immobilienwirtschaft | Analyse der Gefährdung |
| GISCAME-Planungstool | Simulation, Visualisierung und Bewertung von Änderungen der Landnutzung und Einfluss auf Ökosystemdienstleistungen | Raum- und Landschaftsplaner:innen | Analyse der Gefährdung und möglicher Maßnahmen |
| PALM-4U | Hochauflösendes Tool zur Modellierung kleinräumiger Stadtklimatologie. Relevant für verschiedene Handlungsfelder | Raumplaner:innen, kommunale Behörden, Zivilgesellschaft; Ingenieurbüros | Analyse der Gefährdung und möglicher Maßnahmen |

6. Schlussfolgerungen und Ausblick

Dieser Bericht hat aufgezeigt, dass die deutsche Anpassungspraxis und Anpassungsforschung einer Vielzahl von Herausforderungen gegenübersteht. Klimaanpassung findet stets im Spannungsfeld mit anderen Entwicklungsbestrebungen, wie etwa der Siedlungs- und Wirtschaftsentwicklung oder dem Klimaschutz statt, weshalb Anpassungsmaßnahmen synergetisch mit anderen Politik- und Planungsmaßnahmen umgesetzt werden müssen. Da klimatische Veränderungen, über verschiedene Handlungsfelder hinweg, diverse Anpassungsnotwendigkeiten hervorrufen, sind Anpassungsaktivitäten über unterschiedliche öffentliche und private Verantwortlichkeiten verstreut. Als Querschnittsaufgabe muss Klimaanpassung deshalb in separate staatliche Fachplanungen sowie in die Praktiken privater und wirtschaftlicher Akteure integriert werden, was einer übergreifenden Anpassungs-Governance zur Steuerung von Maßnahmen bedarf.

Um eine auf Resilienz abzielende sozial-ökologische Transformation der Gesellschaft zu befördern, sollte Anpassungsforschung einen transdisziplinären Ansatz verfolgen. Hierzu gilt es, Klimawissen mit Organisationswissen sowie praktischem Handlungswissen lokaler und regionaler Akteure in Staat, Wirtschaft und Zivilgesellschaft zu verknüpfen. Diese Form der Ko-Kreation bildet die notwendige Basis, um die in diesem Bericht aufgeführten praktischen Herausforderungen und Forschungslücken in den vier ReglKlim-Bausteinen zu adressieren. Weiterer Forschungsbedarf besteht in diesem Zusammenhang insbesondere in Bezug auf mögliche besondere Anforderungen der Klimaanpassung an transdisziplinäre Methoden und Prozesse.

Auch mit Blick auf die Verarbeitung von Daten und Informationen bringt Klimaanpassung als Querschnittsaufgabe besondere Herausforderungen mit sich. Gerade die Verschneidung verschiedener quantitativer und qualitativer Daten in Wirkmodellen sowie deren Überführung in integrierte Bewertungsmodelle und letztlich in Entscheidungsunterstützungstools, stellt eine komplexe technische und wissenschaftliche Aufgabe dar. Für die Entwicklung praxisnaher Klimadienste birgt dies die Herausforderung, komplexe Modell-Outputs in nützliche und nutzbare Informationen für die Anpassungspraxis zu übersetzen.

Die enge Zusammenarbeit von Praxis- und Wissenschaftspartnern in den RegiKlim Verbundprojekten wird dabei helfen, die in diesem Bericht dargelegten Herausforderungen zu adressieren, praxisrelevantes Wissen zu schaffen und zielgerichtete Lösungen zu finden.

Insbesondere die projektübergreifenden Arbeitsgruppen in RegiKlim bieten die Möglichkeit, zentrale Forschungs- und Anwendungsherausforderungen gemeinsam zu identifizieren, Lösungsvorschläge zu erarbeiten und ein einheitliches Verständnis sowie eine einheitliche Verwendung zentraler Begriffe zu fördern. Hierdurch kann insbesondere auch die Vergleichbarkeit und Anschlussfähigkeit von Forschungsergebnissen erhöht werden. Mögliche Anknüpfungspunkte für die projektübergreifende Zusammenarbeit lassen sich aus den zu Beginn dargestellten Befunden dieses Berichtes ableiten (ab S.4). So könnten in der gemeinsamen Definition und Konzeptualisierung von Anpassungskapazitäten und -notwendigkeiten und der Diskussion geeigneter Indikatoren zu deren Erfassung, in Abhängigkeit verschiedener Handlungskontexte und sektoraler Gegebenheiten, die Grundlagen für einen Leitfaden zur Messung regionaler Anpassungskapazitäten geschaffen werden (Baustein B).

Die projektübergreifende Zusammenarbeit bei der Anwendung von regionalen Klimaprojektionsdaten und lokal erhobenen Daten, die in verschiedenen sektoralen Wirkmodellen miteinander verknüpft werden, kann dazu beitragen, vergleichbare Datenbestände auf regionaler Ebene aufzubauen und Methoden zu entwickeln, wie diese verschiedenen Datenarten angepasst und bearbeitet werden können, damit sie sich als Informationsgrundlage für Anpassungsstrategien und -maßnahmen heranziehen lassen. Diese Daten können dann in darauf aufbauenden Klimadiensten, mit Schwellen- und Zielwerten, eine Orientierung für Anpassungshandeln geben (Baustein D).

Auch hinsichtlich der Bewertung von Anpassungsmaßnahmen kann der Austausch mit anderen Projekten dabei helfen, objektive Bewertungskriterien zu entwickeln und die Standardisierung von Bewertungsmethoden voranzutreiben. Vor allem in der Zusammenarbeit mit den Praxispartnern kann eine pragmatische Gestaltung von Entscheidungshilfen gefördert und so deren Akzeptanz erhöht werden (Baustein C).

Im Hinblick auf die Verstetigung von Forschungsergebnissen und die erfolgreiche Umsetzung von Maßnahmen könnten Ideen und Konzepte zur Aktivierung und Einbindung

relevanter Akteure in Forschungsaktivitäten diskutiert oder Erfahrungen mit bestehenden Stakeholdernetzwerken ausgetauscht und so die Bildung neuer Netzwerke befördert werden. Die Einbindung von Partnern aus der kommunalen Praxis bietet zudem die Möglichkeit Bedarfe nach Klimawissen zu erheben und zu analysieren wie Klimawissen die Klimaanpassung und die institutionelle Verankerung von Anpassungsbedarfen auf verschiedenen Planungsebenen befördern kann. Der Austausch zwischen kommunalen, regionalen und überregionalen Akteuren in RegiKlim könnte zudem potentielle strukturelle Hemmnisse bei der Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen aufzeigen (Baustein A).

Eine projektübergreifende Zusammenarbeit in RegiKlim ermöglicht das Erarbeiten von überregional transferierbaren Forschungsergebnissen. Damit kann RegiKlim einen nachhaltigen Beitrag zur deutschen Anpassungsforschung und -praxis leisten. Die in diesem Bericht dargestellten Befunde können hierfür als potentielle Ansatzpunkte dienen.

Literaturverzeichnis

1. Akamp, M; Mesterharm, M; Müller, M (2010): Vulnerabilitätsbezogene Wertschöpfungskettenanalyse. nordwest2050-Werkstattbericht Nr. 1. Oldenburg [KLIMZUG]
2. Andrijevic, M; Crespo Cuaresma, J; Muttarak, R; Schleussner C (2020) Governance in socio-economic pathways and its role for future adaptive capacity. *Nat Sustain* 3, 35–41
3. Appel, I; Langel, N; Völker, V; Wagner, A; Willen, L; Brei, B; Hornberg; C; Keydel, A; McCall, T; Steinkühler, N; Wattenberg, I (2013): KommAKlima: Kommunale Strukturen, Prozesse und Instrumente zur Anpassung an den Klimawandel in den Bereichen Planen, Umwelt und Gesundheit. [KommAKlima]
4. Ban, N; Schmidli J; Schär, C (2015): Heavy precipitation in a changing climate: Does short-term summer precipitation increase faster?, *Geophys. Res. Lett.*, 42, 1165–1172, doi:10.1002/2014GL062588.
5. Bardt, H; Biebeler, H; Chrischiles, E; Mahammadzadeh, M; Striebeck, J (2014): Anpassungsbedarf und Anpassungsmaßnahmen regionaler Akteure in Deutschland. In: Bardt, Hubertus; Biebeler, Hendrik; Chrischiles, Esther; Mahammadzadeh, Mahammad; Striebeck, Jennifer: Wege zur Anpassung an den Klimawandel. Institut der deutschen Wirtschaft.
6. Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (2021): KLIMACHECK. Auswirkungen und Anpassung an den Klimawandel auf kommunaler Ebene. In: <https://www.stmuv.bayern.de/themen/klimaschutz/kommunal/klimacheck.htm>, aufgerufen am 13.07.2021
7. Berrang-Ford, L; Biesbroek, R; Ford, J D; Lesnikowski, A; Tanabe, A; Wang, F M; Heymann, S J (2019): Tracking global climate change adaptation among governments. *Nature Climate Change*, 9(6), 440–449. doi:10.1038/s41558-019-0490-0
8. Biagini, B; Kuhl, L; Gallagher, K; Ortiz, C (2014): Technology transfer for adaptation. *Nature Clim Change* 4, 828–834.
9. Birkmann, J (2008): Global environmental change, natural hazards, vulnerability and disaster resilience. Necessity of a widening of perspectives in spatial planning. In: *Raumforschung und Raumordnung*, Vol. 66, Issue 1, 5–22
10. Birkmann, J; Sauter, H; Garschagen, M; Fleischhauer, M; Puntub, W; Klose, C; Burkhardt, A; Götsche, F; Laranjeira, K; Müller, J; Büter, B (2021): New methods for local vulnerability scenarios to heat stress to inform urban planning—case study City of Ludwigsburg/Germany. In: *Climatic Change* 165, 37. DOI: 10.1007/s10584-021-03005-3
11. Birkmann, J; Kufeld, W; Büscher, D; Schanze, J; Vollmer, M (2013a): Schlussfolgerungen, Ausblick und Handlungsempfehlungen für die räumliche Planung In: Birkmann, J; Vollmer, M; Schanze, J (Hrsg.): Raumentwicklung im Klimawandel – Herausforderungen für die räumliche Planung. [KLIMZUG]
12. Birkmann, J; Böhm, HR; Buchholz, F; Büscher, D; Daschkeit, A; Ebert, S; Fleischhauer, M; Frommer, B; Köhler, S; Kufeld, W; Lenz, S; Overbeck, G; Schanze, J; Schlipf, S; Sommerfeldt, P; Stock, M; Vollmer, M; Walkenhorst, O (2013b): Glossar Klimawandel und Raumentwicklung. 2. Überarbeitete Fassung
13. Blome, T; Hänslar, A; Máñez-Costa, M; Jacob, D (2017): Innovation in Climate Services and Capacity Building - Conference report: Fifth International Conference on Climate Services (ICCS5), February 28 - March 2 2017, Cape Town, South Africa.

14. Born, M; Körner, C; Löchtfeld, S; Werg, J; Grothmann, T (2020): Erprobung und Evaluierung von Kommunikationsformaten zur Stärkung privater Starkregenvorsorge - Das Projekt Regen//Sicher. UBA. [Regen // Sicher]
15. Bubeck, P; Kienzler, S; Dillenardt, L; Mohor, G; Thieken, A; Sauer, A. Neubert, M; Blazejczak, J; Edler, D (2020): Bewertung klimawandelgebundener Risiken: Schadenspotenziale und ökonomische Wirkung von Klimawandel und Anpassungsmaßnahmen. UBA. [Behördenkooperation Klimawandel und –anpassung]
16. Bulkeley, H (2006): Urban Sustainability. Learning from Best Practice?. *Environment and Planning A: Economy and Space*. 38(6):1029-1044. doi:10.1068/a37300
17. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hrsg.) (2019): Nachhaltige Weiterentwicklung von Gewerbegebieten. [ExWoSt]
18. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hrsg.) (2017): Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel. [KlimaMor]
19. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hrsg.) (2016a): Querauswertung zentraler Verbundvorhaben des Bundes zur Anpassung an den Klimawandel mit Fokus Stadt- und Regionalentwicklung. [KlimaMor]
20. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hrsg.) (2016b): Handlungshilfe Klimawandelgerechter Regionalplan. Ergebnisse des Forschungsprojektes KlimAREG für die Praxis. [KlimaMor].
21. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hrsg.) (2014): Regionale Fragestellungen – regionale Lösungsansätze. Ergebnisbericht der Vertiefungsphase des Modellvorhabens der Raumordnung „Raumentwicklungsstrategien zum Klima- wandel“. [KlimaMor]
22. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hrsg.) (2013): Methodenhandbuch zur regionalen Klimafolgenbewertung in der räumlichen Planung [KlimaMor]
23. Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (2021): Zukunftsstadt. In: <https://www.bmbf.de/de/zukunftsstadt-566.html>, aufgerufen am 06.06.2021
24. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) (2021): Nationale Wasserstrategie. BMU. Bonn
25. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) (2020): Climate change and the European water dimension –Enhancing resilience. Bonn. In: https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/climate_change_european_water_dimension_policy_paper_bf.pdf, aufgerufen am 26.08.2021
26. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) (2013): Planungsbezogene Empfehlungen zur Klima-anpassung auf Basis der Maßnahmen des Stadtklimalot-sen.BMVBS-Online-Publikation 25/2013
27. Bundesregierung (2020): Zweiter Fortschrittsbericht zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Deutsche Bundesregierung, Berlin. In: <https://www.bmu.de/download/zweiter-fortschrittsbericht-zur-deutschen-anpassungsstrategie-an-den-klimawandel/>, aufgerufen am 30.08.2021

28. Bundesregierung (2008): Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Deutsche Bundesregierung, Berlin. <https://www.bmu.de/download/deutsche-anpassungsstrategie-an-den-klimawandel/>, aufgerufen am 13.07.2021
29. Buontempo, C; Hewitt, CD; Doblas-Reyes, FJ; Dessai, S (2014): Climate service development, delivery and use in Europe at monthly to inter-annual timescales. *Clim. Risk Manage.* 6, 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2014.10.002>.
30. Burton, I (2011): Adaptation to climate change: Context, status, and prospects. In Ford, JD & Berrang-Ford, L (Eds.), *Climate change adaptation in developed nations* (Vol. 42, pp. 477–483). Dordrecht: Springer. doi:10.1007/978-94-007-0567-8_35.
31. Briley, L; Brown, D; Kalafatis, SE; (2015): Overcoming barriers during the co-production of climate information for decision-making, In *Climate Risk Management*, 9, pp 41-49, ISSN 2212-0963, <https://doi.org/10.1016/j.crm.2015.04.004>.
32. Celliers, L; Costa, MM; Williams, DS; Rosendo, S (2021): The ‘last mile’ for climate data supporting local adaptation. *Global Sustainability* 4, e14, 1–8. <https://doi.org/10.1017/sus.2021.12>
33. Clar, C; Steurer, R (2018): Why popular support tools on climate change adaptation have difficulties in reaching local policy-makers: qualitative insights from the UK and Germany. *Environ Policy Gov* 28:172–182. <https://doi.org/10.1002/eet.1802>
34. Cortekar, J; Bender, S; Brune, M; Groth, M (2016): Why climate change adaptation in cities needs customised and flexible climate services. *Climate Services* 4, 42–51, doi:10.1016/j.cliser.2016.11.002
35. Daniels, E; Bharwani, S; Butterfield, R (2019): The Tandem framework: a holistic approach to co-designing climate services. Stockholm Environment Institute.
36. Defila, R; Di Giulio, A (2015): Methodische Gestaltung transdisziplinärer Workshops. In: M. Niederberger und S. Wassermann (Hgs.) *Methoden der Experten-und Stakeholdereinbindung in der sozialwissenschaftlichen Forschung*. Springer VS, Wiesbaden. S. 69-93
37. Dhar, T; Khirfan, L (2016): Climate change adaptation in the urban planning and design research: missing links and research agenda, *Journal of Environmental Planning and Management*, 60:4, 602-627, DOI: 10.1080/09640568.2016.1178107
38. Dümecke, C; Joschko, IL; Wagner, K; Kind, C (2013): *Handbuch zur guten Praxis der Anpassung an den Klimawandel*. UBA.
39. Dynaklim (2015): *Schlussbericht des Verbunds*. [KLIMZUG]
40. Ebrey, R; de Ruiter, M; Botzen, W; Koks, E; Aerts, J; Wens, M; Bloemendaal, N; Wouters, L; Robinson, PJ; Mol, J; Nirandjan, S; Tesselaar, M; Bosello, F; Mysiak, J; Scoccimarro, E; Mercogliano, P (2020): *Study on Adaptation Modelling: Comprehensive Desk Review: Climate Adaptation Models and Tools*. <https://doi.org/10.2834/280156>
41. Europäische Kommission (2021a): Mission area: Adaptation to climate change including societal transformation. Brussels. In: https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe/missions-horizon-europe/adaptation-climate-change-including-societal-transformation_en#what-are-missions-and-mission-areas, aufgerufen am 16.06.2021
42. Europäische Kommission (2021b): Ein klimaresilientes Europa aufbauen - die neue EU-Strategie für die Anpassung an den Klimawandel. Brussels. In: <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2021/DE/COM-2021-82-F1-DE-MAIN-PART-1.PDF>, aufgerufen am 12.07.2021

43. Europäische Kommission (2018): Evaluation of the EU Strategy on adaptation to climate change. Brussels. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=SWD:2018:461:FIN>, aufgerufen am 30.08.2021
44. Europäische Kommission (2015): European Research and Innovation Roadmap for Climate Services. In: <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/news/european-research-and-innovation-roadmap-climate-services>, aufgerufen am 06.06.2021
45. European Environment Agency (2021): Nature-based solutions in Europe: Policy, knowledge and practice for climate change adaptation and disaster risk reduction. EEA Report No 1/2021
46. European Environment Agency (2020): Urban adaptation in Europe: how cities and towns respond to climate change. In: <https://www.eea.europa.eu/publications/urban-adaptation-in-europe>, aufgerufen am 30.08.2021
47. European Environment Agency (2016): Overview of climate change adaptation platforms in Europe. Technical Report. In: <https://www.eea.europa.eu/publications/overview-of-climate-change-adaptation>, aufgerufen am 13.07.2021
48. Erlwein, S; Pauleit, S (2021): Trade-Offs between Urban Green Space and Densification: Balancing Outdoor Thermal Comfort, Mobility, and Housing Demand. Urban Planning 6, 5–19 doi:10.17645/up.v6i1.3481 [Grüne Stadt der Zukunft]
49. Feldmeyer, D; Wilden, D; Kind, C; Kasier, T; Goldschmidt, R; Diller, R; Birkmann, J (2019): Indicators for Monitoring Urban Climate Change Resilience and Adaptation. In: Sustainability, 11, doi: <https://doi.org/10.3390/su11102931>
50. Fichter, K; Hintemann, R (2010): Leitfaden Innovationspotenzialanalyse. Werkstattbericht nordwest 2050. [KLIMZUG]
51. Flagg, JA; Kirchoff, CJ (2018): Context matters: Context-related drivers of and barriers to climate information use. Climate Risk Management 20, 1–10, doi:10.1016/j.crm.2018.01.003
52. Ford, JD; Berrang-Ford, L (2016): The 4Cs of adaptation tracking: consistency, comparability, comprehensiveness, coherency. Mitig Adapt Strateg Glob Chang, 21 (6), 839-859, doi:10.1007/s11027-014-9627-7.
53. Frank, E; Fleischhauer, M; Frommer, B; Büscher, D (2013): Die Rolle der räumlichen Planung bei der Anpassung an die Folgen des Klimawandels. In: Birkmann, J; Vollmer, M; Schanze, J (Hrsg.): Raumentwicklung im Klimawandel – Herausforderungen für die räumliche Planung. [KLIMZUG]
54. Frommer, B; Schlipf, S; Böhm, HR; Janssen, G; Sommerfeldt, P (2013): Die Rolle der räumlichen Planung bei der Anpassung an die Folgen des Klimawandels. In: Birkmann, J; Vollmer, M; Schanze, J (Hrsg.): Raumentwicklung im Klimawandel – Herausforderungen für die räumliche Planung. [KLIMZUG]
55. Garrelts, H; Grothmann, T; Grecksch, K; Winges, M; Siebenhüner, B; Flitner, M (2013). Vulnerabilität und Klimaanpassung: Herausforderungen adaptiver Governance im Nordwesten Deutschlands. nordwest2050 23. Werkstattbericht (November 2013). Bremen, Oldenburg: Projektkonsortium nordwest2050. [KLIMZUG]
56. Giordano, R (2018): D4.1 Outlining the urban climate services playing field – climate services and risk management at urban level, the institutional structures, and options for information sharing – Revised. [EU-MACS].

57. Gupta, J; Termeer, C; Klostermann, J; Sander, M; van Brink, MD; Jong, P; Nooteboom, S; Bergsma, E (2010): The Adaptive Capacity Wheel: a method to assess the inherent characteristics of institutions to enable the adaptive capacity of society. *Environmental Science & Policy* 13 (6), S. 459-471.
58. Gómez Martín, E; Giordano, R; Pagano, A; Van Der Keur, P; Máñez Costa, M (2020): Using a system thinking approach to assess the contribution of nature based solutions to sustainable development goals. *Science of The Total Environment* 738, 139693.. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.139693
59. Göpfert, C; Wamsler, C; Lang, W; (2019a) A framework for the joint institutionalization of climate change mitigation and adaptation in city administrations. *Mitig Adapt Strateg Glob Change* 24, 1–21. <https://doi.org/10.1007/s11027-018-9789-9>
60. Göpfert, C; Wamsler, C; Lang, W (2019b): Institutionalizing climate change mitigation and adaptation through city advisory committees: Lessons learned and policy futures. *City and Environment Interactions* 1, 100004. doi:10.1016/j.cacint.2019.100004
61. Graveline, N; Joyce, J; Calatrava, J; Douai, A; Arfaoui, N; Moncoulon, D; Manez, M; De Ryke, H; Zdravko, K (2017): Deliverable 4.1: General Framework for the economic assessment of Nature Based Solutions and their insurance value. EU Horizon 2020 NAIAD Project, Grant Agreement N°730497 [NAIAD]
62. Grün statt Grau. Gewerbegebiete im Wandel (2017): Nachhaltige Gewerbegebiete. Empfehlungen für Kommunen. Verbundprojektbericht.
63. Groth, M; Nuzum, AK (2016): Informations- und Unterstützungsbedarf von Kommunen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels. GERICS-Report 25. Hamburg.
64. Handschuh, A; Haubner, O; Handschuh, J; Peters, O; Raphael, D; Roth, A; Ruge, K; Walter, J; Witte, K (2020): Monitor Nachhaltige Kommune. Schwerpunkt Klima und Energie. Bertelsman Stiftung.
65. Hasse, J; Willen, L (2018): Umfrage Wirkung der Deutschen Anpassungsstrategie (DAS) für die Kommunen, Teilbericht, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
66. Hagelstange, J; Rösler, C; Runge, K (2021): Klimaschutz, erneuerbare Energien und Klimaanpassung in Kommunen. Maßnahmen, Erfolge, Hemmnisse und Entwicklungen – Ergebnisse der Umfrage 2020, Köln 2021 (Difu Paper).
67. Haupt, W; Eckersley, P; Kern, K (2021): Transfer und Skalierung von lokaler Klimapolitik. Forschungsbericht. IRS Dialog. [ExTrass]
68. Hayden, M; Wilhelmi, O; Banerjee, D; Greasby, T; Cavanaugh, JL; Nepal, V; Boenert, J; Sain, S; Burghardt, C; Gower, S (2017): Adaptive capacity to extreme heat: results from a household survey in Houston, Texas. In: *Weather Clim. Soc* 9: 787–799
69. Hetz, K; Kahlenborn, W; Bollin, C; Borde, B; Jung, J; Hutter, G (2020): Entwicklung und Erprobung eines Verfahrens zur integrierten Bewertung von Maßnahmen und Politikinstrumenten der Klimaanpassung. UBA. [Behördenkooperation Klimawandel und –anpassung]
70. Hoffmann, E; Rupp, J; Sander, K (2020): What do users expect from Climate Adaptation Services? Developing an Information Platform Based on User Surveys. In: Leal Filho, W; Jacob, D (Hrsg.): *Handbook of Climate Services*. Springer.
71. Hoffmann, E; Petschow, U; Rotter, M; Fritz, S (2014): Abschlussbericht: Vernetzung von Anpassungswissen und -akteuren, politikrelevante Synthese und zielgruppenorientierte Öffentlichkeitsarbeit. UBA.

72. IPCC (2021): Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. In Press
73. IPCC (2018): Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. In: <https://www.ipcc.ch/sr15/download/#full>, zugegriffen am 16.07.2020
74. IPCC (2014): Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, Geneva, Switzerland
75. IPCC (2012): Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. In: Field, C.B./ Barros, V./ Stocker, T.F./ Qin, D./ Dokken, D.J./ Ebi, K.L./ Mastrandrea, M.D./ Mach, K.J./ Plattner, G.-K./ Allen, S.K./ Tignor, M./ Midgley, P.M. (Hrsg.): A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge and New York: Cambridge University Press
76. IPCC (2001): Dritter Sachstandsbericht. Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. In: <https://www.de-ipcc.de/media/content/2001-synthese.pdf>
77. Jacobs, KL; Street, RB (2020): The next generation of climate services. Climate Services 20, 100199.. doi:10.1016/j.cliser.2020.100199
78. Jahn, M; Schulze, S (2015): "Urbane und regionale Ökonomien im Klimawandel." Ökologisches Wirtschaften - Fachzeitschrift 30(1). [EMPACCA]
79. Jäger, J; Kammerländer, M; Hinkel, J; Bisaro, S (2018): Green-win Narratives. Green Win. In: <https://green-win-project.eu/resource/green-win-narratives>, aufgerufen am 20.08.2021
80. Jones, L; Champalle, C; Chesterman, S; Cramer, L; Crane, TA (2017): Constraining and enabling factors to using long-term climate information in decision-making, Climate Policy, 17:5, 551-572, DOI: 10.1080/14693062.2016.1191008
81. Kahlenborn, W; Porst, L; Voß, M; Fritsch, U; Renner, K; Zebisch, M; Wolf, M; Schönthaler, K; Schauser, I (2021): Klimawirkungs- und Risikoanalyse 2021 für Deutschland. Kurzfassung. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
82. KLIMZUG-NORD (2014): Verbundabschlussbericht. [KLIMZUG]
83. KLIWAS (2015): Abschlussbericht [KLIWAS]. In: https://www.kliwas.de/KLIWAS/DE/Service/Downloads/Publikationen/abschlussbericht.pdf?__blob=publicationFile,
84. Koerth, J.; Massmann, F; Dittmann, S (2019): Kommunale Klimaanpassung in Schleswig-Holstein. Standort 43, 177–184, doi: <https://doi.org/10.1007/s00548-019-00602-4>
85. Kuhlicke, C; Albert, C; Bachmann, D; Birkmann, J; Borchardt, D; Fekete, A; Greiving, S; Hartmann, T; Hansjürgens, B; Jüpner, R; Kabisch, S; Krellenberg, K; Merz, B; Müller, R; Rink, D; Rinke, K; Schüttrumpf, H; Schwarze, R; Teutsch, G; Thieken, A; Ueberham, M; Voss, M (2021): Fünf Prinzipien für klimasichere Kommunen und Städte. In: <https://www.ufz.de/index.php?de=48382>, aufgerufen am 30.08.2021
86. Laranjeira, K; Götsche, F; Birkmann, J; Garschagen, M (2021): Heat vulnerability and adaptive capacities: findings of a household survey in Ludwigsburg, BW, Germany. In: Climatic Change 166, 14. DOI: 10.1007/s10584-021-03103-2

87. Laudien, R; Boon, E; Goosen, H; van Nieuwaal, K (2019): The Dutch adaptation web portal: seven lessons learnt from a co-production point of view. *Climatic Change* 153, 509–521 (2019). DOI: 10.1007/s10584-018-2179-1
88. Lehr, U; Flaute, M; Ahmann, L; Nieters, A; Hirschfeld, J; Welling, M; Wolff, C; Gall, A; Kersting, J; Mahlbacher, M; von Möllendorff, C (2020): Vertiefte ökonomische Analyse einzelner Politikinstrumente und Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel. UBA.
89. Leitch, AM; Palutikof, JP; Rissik, D; Boulter, SL; Tonmoy, FN; Webb, S; Vidaurre, ACP; Campbell, MC (2019): Co-development of a climate change decision support framework through engagement with stakeholders. *Climatic Change* 153, 587–605, doi:10.1007/s10584-019-02401-0
90. Leiter, T; Olhoff, A; Azar, AI; Barmby, R; Bours, V; Clement, D; Dale, V; Davies, T (2019): Adaptation metrics - Current Landscape and Evolving Practices. UNEP DTU Partnership. In: <https://unepdtu.org/wp-content/uploads/2019/09/adaptation-metrics-current-landscape-and-evolving-practices.pdf>, aufgerufen am 30.08.2021
91. Lemos, M; Kirchhoff, C; Ramprasad, V (2012): Narrowing the climate information usability gap. *Nature Clim Change* 2, 789–794, doi: <https://doi.org/10.1038/nclimate1614>
92. Lemos, M; Morehouse, BJ (2005): The co-production of science and policy in integrated climate assessments. *Glob Environ Chang* 15:57–68. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2004.09.004>
93. Loew, T; Braun, S; Fleischmann, J; Franz, M; Klein, A; Rink, S; Hensel, L (2021): Management von Klimarisiken in Unternehmen: Politische Entwicklungen, Konzepte und Berichtspraxis. UBA. [Ökonomie des Klimawandels, UBA]
94. Lourenço, T; Swart, R; Goosen, H; Street, R (2016): The rise of demand-driven climate services. *Nature Clim Change* 6, 13–14, doi: <https://doi.org/10.1038/nclimate2836>
95. Lorenz, S; Dessai, S; Forster, PM; Paavola, J (2016): Adaptation planning and the use of climate change projections in local government in England and Germany. *Reg Environ Change*. 17 (2):425-435, doi: 10.1007/s10113-016-1030-3, Epub 2016 Jul 28. PMID: 32269501; PMCID: PMC7114967
96. Mahammadzadeh, M.; Bardt, H.; Biebeler, H.; Chrischilles, E.; Striebeck, J (2014): Unternehmensstrategien zur Anpassung an den Klimawandel. Klimawandel in Regionen zukunftsfähig gestalten Band 4. [KLIMZUG]
97. Mahrenholz, P; Knieling, J; Knierim, A; Martinez, G; Molitor, H; Schlipf, S (2017): Optionen zur Weiterentwicklung von Anpassungsstrategien. In: Brasseur G., Jacob D., Schuck-Zöllner S. (eds) Klimawandel in Deutschland. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg, doi: https://doi.org/10.1007/978-3-662-50397-3_33
98. Máñez Costa, M; Schulze, S; Hirschfeld, J; Rechid, D; Bieritz, L; Lutz, C; Nieters, A; Stöver, B; Jahn, M; Rische, MC; Yadegar, E; Schröder, A; Hirte, G; Langer, S; Tscharaktschiew, S; Eisenach, K; Steinhäuser, JM (2016): Synthesis of existing regional and sectoral economic modelling and its possible integration with regional earth system models in the context of climate modelling. Report 27. Climate Service Center Germany, Hamburg.
99. Massey, E; Biesbroek, R; Huitema, D; Jordan, A (2014): Climate policy innovation: the adoption and diffusion of adaptation policies across Europe. *Global Environmental Change*, 29, 434-443. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2014.09.002
100. Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2021): Monitoringbericht 2020 zur Anpassungsstrategie an den Klimawandel. In: <https://pudi.lubw.de/detailseite/-/publication/10182>, aufgerufen am 30.08.2021

101. Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz NRW (2021): Klimaschutzgesetz und Klimaanpassungsgesetz im Kabinett verabschiedet. In: <https://www.umwelt.nrw.de/presse/detail/klimaschutzgesetz-und-klimaanpassungsgesetz-im-kabinett-verabschiedet-1615303785>, aufgerufen am 22.06.2021
102. Ministerium für Umwelt Energie und Naturschutz Freistaat Thüringen (2017): Klimawandelfolgen in Thüringen. Monitoringbericht 2017. In: https://umwelt.thueringen.de/fileadmin/Publikationen/Publikationen_TMUEN/Klimafolgen-Monitoringbericht.pdf, aufgerufen am 30.06.2021
103. Marschütz, B; Bremer, S; Runhaar, H; Hegger, D; Mees, H; Vervoort, J; Wardekker, A (2020): Local narratives of change as an entry point for building urban climate resilience. *Climate Risk Management* 28, 100223, doi:10.1016/j.crm.2020.100223
104. Nagorny-Korning, N (2018): Kommunen im Klimawandel. Transcript. Frankfurt am Main.
105. Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz (2015): Umsetzungsbericht zu den Empfehlungen der Regierungskommission Klimaschutz. Hannover
106. Nordwest2050 (2014): Abschlussbericht KLIMZUG]
107. OECD (2021): Ways and means of assessing losses and damages from climate change. Workshop Background Document. In: https://www.oecd.org/environment/cc/Background_paper-second-workshop-climate-losses-and-damages.pdf, aufgerufen am 30.08.2021
108. OECD (2020): Common Ground Between the Paris Agreement and the Sendai Framework: Climate Change Adaptation and Disaster Risk Reduction, OECD Publishing, Paris, doi:10.1787/3edc8d09-en.
109. Palutikof, JP; Street, RB; Gardiner, EP (2019): Looking to the future: guidelines for decision support as adaptation practice matures. *Climatic Change* **153**, 643–655, doi: <https://doi.org/10.1007/s10584-019-02404-x>
110. Persson, Å; Dzebo, A (2019): Special issue: Exploring global and transnational governance of climate change adaptation. *Int Environ Agreements* 19, 357–367, doi:10.1007/s10784-019-09440-z
111. RADOST (2014): Abschlussbericht [KLIMZUG]
112. Ricardo-AEA (2013): Adaptation Strategies for European Cities – Final Report. Report for European Commission Directorate General for Climate Action, Ricardo-AEA/R/ED57248. In: <https://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/publications/eu-cities-adapt-adaptation-strategies-for-european-cities-final-report>, aufgerufen am 30.08.2021
113. Rodi, M; Stäsche, U (2015): Rechtlich-institutionelle Verankerung der Klimaschutzziele der Bundesregierung. Berlin, Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität
114. Rodriguez, RS; Ürge-Vorsatz, D; Barau, AS (2018): Sustainable Development Goals and climate change adaptation in cities. *Nature Climate Change*, 8(3), 181-183, doi:10.1038/s41558-018-0098-9
115. Roggero, M; Thiel, A. (2014): Ökonomie der Anpassung an den Klimawandel – Institutionen, Akteure und normative Aspekte der Klimaanpassung (Arbeitspaket 1.3, Teil 1 und 2), Berlin,
116. Roßnagel, A (2014): KLIMZUG-Nordhessen – Umsetzungsergebnisse in den Handlungsfeldern Landwirtschaft, Raumklima, Gesundheit und Verkehr. In: Bardt, H; Biebeler, H; Chrischilles, E; Mohammadzadeh, M; Striebeck, J: Wege zur Anpassung an den Klimawandel. Institut der deutschen Wirtschaft.

117. Schäfer, M; Lux, A (2020): Transdisziplinäre Forschung wirkungsvoll gestalten. *Ökologisches Wirtschaften - Fachzeitschrift*, 33(1), 43–50, doi: <https://doi.org/10.14512/OEW350143>
118. Schilderoth, T; Papke, A (2019): Strukturelemente der Landesklimaschutzgesetze. Eine vergleichende Analyse im Hinblick auf ein mögliches Bundes-Klimaschutzgesetz. *Würzburger Berichte zum Umweltenergierecht Nr. 42*. In: https://stiftung-umweltenergierecht.de/wp-content/uploads/2019/05/Stiftung_Umweltenergierecht_WueBerichte_42_landesklimaschutzgesetze.pdf, aufgerufen am 22.06.2021
119. Schipper, JW; Hackenbruch, J; Lentink, HS; Sedlmeier, K (2019): Integrating adaptation expertise into regional climate simulations through tailored climate parameters. *Met.Zeit*, 28 (1), 41–57, doi:10.1127/metz/2019/0878.
120. Schlumberger, J; Hasse, J; Hölgens, R; Frerichs, S; Burmeister, C; Weber, FA (2019): Mainstreaming (Stadt-)Klimawandel im Planungs- und Stadtentwicklungsalltag. Konzeptstudie im BMBF-Verbundvorhaben KliMoPrax, Förderkennzeichen 01LP1603A-E, FiW e. V., Aachen.
121. Schmitt, H (2016): Klimaanpassung in der Regionalplanung – Eine deutschlandweite Analyse zum Implementationsstand klimaanpassungsrelevanter Regionalplaninhalte. *Raumforsch Raumordn.* 74: 9–21, doi: 10.1007/s13147-015-0375-2.
122. Schön, S; Eismann, C; Wendt-Schwarzburg, H; Kuhn, D (2020): Transdisziplinäres Innovationsmanagement. *Nachhaltigkeitsprojekte wirksam umsetzen*. WBV, Bielefeld
123. Schuck, S; Keup-Thiel, E; Brix, H; Buschbaum, C; Cortekar, J; Eschenbach, C; Fischer-Bruns, I; Frickenhaus, S; Grosfeld, K; Gutow, L; Hiller, W; Jacob, D; Krause, G; Meyer, E; Meinke, I; Nerger, L; Rechid, D; Schrum, C; Schulz-Stellenfleth, J; Treffeisen, R (2018): Towards a framework for the evaluation of climate service and knowledge transfer products within climate and coastal research. In: file:///C:/Users/IREUS/~1/AppData/Local/Temp/PACES_AG_A0_HD_final_ssz_neu.pdf, aufgerufen am 30.08.2021
124. Schüle, R; Fekkak, M; Lucas, R; von Winterfeld, U; Fischer, J; Roelfes, M, Madry, T; Arend, S (2016): Kommunen befähigen, die Herausforderungen der Anpassung an den Klimawandel systematisch anzugehen. UBA. [KoBe]
125. Shokry, G; Connolly, JJ; Anguelovski, I (2020): Understanding climate gentrification and shifting landscapes of protection and vulnerability in green resilient Philadelphia. *Urban Climate* 31, 100539. doi:10.1016/j.uclim.2019.100539
126. SMARTilience (2020): SMARTilience Broschüre. https://www.morgenstadt.de/content/dam/morgenstadt/de/images/projekte1/SMARTilience/05RessourcenUndPublikationen/2905%20SMARTilience_Poster_A0_AI.pdf, aufgerufen am 30.08.2021
127. Smit B; Wandel J (2006): Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. In: *Global Environmental Change* 16(3), 282–292
128. Steuri, B; Bender, S; Cortekar, J (2020): Successful user-science interaction to co-develop the new urban climate model PALM-4U. *Urban Climate* 32, 100630, doi:10.1016/j.uclim.2020.100630
129. Street, RB; Pringle, P; Lourenço, TC; Nicolletti, M (2019): Transferability of decision-support tools. *Climatic Change* 153, 523–538, doi:10.1007/s10584-018-2263-6
130. Swart, RJ; de Bruin, K; Dhenain, S; Dubois, G; Groot, A; von der Forst, E (2017): Developing climate information portals with users: Promises and pitfalls, *Climate Services* 6, 12-22, <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2017.06.008>.

131. Theobald, H; Kern, K (2011): The introduction of long-term care policy schemes: policy development, policytransfer and policy change. In: Policy & Politics 39, 3, 325–342, doi: <https://doi.org/10.1332/030557310X520252>.
132. Thüringer Ministerium für Umwelt Energie und Naturschutz (2019): Integriertes Maßnahmenprogramm zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels im Freistaat Thüringen (IMPAKT II). In: https://umwelt.thueringen.de/fileadmin/001_TMUEN/Unsere_Themen/Klima/Klimaanpassung/IMPAKT_II_Broschuere.pdf, aufgerufen am 22.06.2021
133. Umweltbundesamt (2019): Monitoringbericht 2019 zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Umweltbundesamt: Dessau. In: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/monitoringbericht-2019>, aufgerufen am 22.06.2021
134. Umweltbundesamt (2020): Entwicklung und Erprobung eines Verfahrens zur integrierten Bewertung von Maßnahmen und Politikinstrumenten der Klimaanpassung. Abschlussbericht zum Vorhaben „Behördenkooperation Klimawandel und -anpassung, Teil 2“ des Umweltbundesamtes. In: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/entwicklung-erprobung-eines-verfahrens-zur>, aufgerufen am 30.08.2021
135. United Nations Framework Convention on Climate Change (2019). 25 years of adaptation under the UNFCCC. Bonn. In: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/AC_25%20Years%20of%20Adaptation%20Under%20the%20UNFCCC_2019.pdf, aufgerufen am 01.07.2021
136. United Nations (2015): Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030. In: <https://www.undrr.org/implementing-sendai-framework/what-sendai-framework>, aufgerufen am 30.08.2021
137. University of Notre Dame Global Adaptation Index (2015): Country Index Technical Report. In: <https://gain.nd.edu/our-work/country-index/>, aufgerufen am 30.08.2021
138. Vetter, A; Chrischilles, E; Eisenack, K; Kind, C; Mahrenholz, P; Pechan, A (2017): Anpassung an den Klimawandel als neues Politikfeld. In: Brasseur, G; Jacob, D; Schuck-Zöller, S (Hrsg.): Klimawandel in Deutschland. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg.
139. Vincent, K; Conway, D; Dougill, AJ; Pardoe, J; Archer, E; Gajanan BA; Henriksson, R; Mittal, N; Mkwambisi, D; Rouhaud, E; Tembo-Nhlema, D (2020): Re-balancing climate services to inform climate-resilient planning – A conceptual framework and illustrations from sub-Saharan Africa, Climate Risk Management, Volume 29.
140. Vincent, K; Daly, M; Scannell, C; Leathes, B (2018): What can climate services learn from theory and practice of co-production?. Climate Services 12, 48–58, doi:10.1016/j.cliser.2018.11.00
141. Voelkel, J; Hellman, D; Sakuma, R; Shandas, V (2018): Assessing vulnerability to urban heat: a study of disproportionate heat exposure and access to refuge by socio-demographic status in Portland. Oregon Int J Environ Res Public Health 2018(15):640
142. Vogel, C; O'Brien K (2004): Vulnerability and Global Environmental Change: Rhetoric and Reality. In: AVISO – Information Bulletin on Global Environmental Change and Human Security, (13), 1-8
143. Vollstedt, B; Tsakiris, M; Koerth, J; Vafeidis, AT (2019): Enhancing the value of climate data, Evoked-Projekt, Deliverable 2.3. In: <https://www.ngi.no/eng/Projects/EVOKED/#Reports-and-publications>, aufgerufen am 30.08.2021
144. Wilhelmi OV; Hayden MH (2010): Connecting people and place. A new framework for reducing urban vulnerability to extreme heat. Environ Res Lett 5(1):1402