

Finanzielle Implikationen des Klimawandels

Finanzierung von Klimaanpassung und Klimaresilienz öffentlicher Haushalte

Studie im Auftrag der Wissenschaftsplattform Klimaschutz

Impressum

Studie erstellt von

adelphi research gGmbH
Alt-Moabit 91
10559 Berlin
+49 (030) 8900068-0
office@adelphi.de
www.adelphi.de

in Kooperation mit:

Wegener Center für Klima und Globalen Wandel
Universität Graz
Brandhofgasse 5
8010 Graz
wegcenter@uni-graz.at

Autor:innen

Linda Hölscher, Gideon Hussels, Friederike Hippe, Laura Lange
(adelphi research),
Prof. Birgit Bednar-Friedl, Dr. Nina Knittel (Wegener Center)

Zitierhinweis

Hölscher, L., Hussels, G., Hippe, F., Lange, L., Bednar-Friedl, B.,
Knittel, N., 2025: Finanzielle Implikationen des Klimawandels
– Finanzierung von Klimaanpassung und Klimaresilienz
öffentlicher Haushalte. Studie im Auftrag der Wissenschafts-
plattform Klimaschutz. Berlin.

DOI: 10.48485/pik.2025.019

Disclaimer

Diese Studie wurde beauftragt und finanziert von der
Wissenschaftsplattform Klimaschutz mit Mitteln des
Bundesministeriums für Forschung, Technologie und
Raumfahrt. Die Ergebnisse und Aussagen in dieser Publikation
liegen in der alleinigen Verantwortung der Autorinnen und
Autoren und reflektieren nicht notwendigerweise die
Sichtweise der Wissenschaftsplattform Klimaschutz.

Projektkoordination Wissenschaftsplattform Klimaschutz (WPKS)

Tel: +49 331 288 2519
E-Mail: wpks@pik-potsdam.de

www.wissenschaftsplattform-klimaschutz.de

Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung e.V.
Telegraphenberg A 31
Postfach 60 12 03
D-14412 Potsdam
www.pik-potsdam.de

Stand

Oktober 2025

Executive Summary

Der Klimawandel stellt Deutschland vor erhebliche finanzielle und organisatorische Herausforderungen. Dieser Bericht analysiert den aktuellen und zukünftigen Finanzierungsbedarf für Klimaanpassung, die fiskalischen Risiken für öffentliche Haushalte sowie die Möglichkeiten zur Priorisierung von Anpassungsmaßnahmen.

Finanzierungsbedarfe für Klimaanpassung (Kapitel 2):

Unterschiedliche Methoden zur Abschätzung des Finanzierungsbedarfs öffentlicher Haushalte – insbesondere Bottom-up-Analysen auf Basis konkreter Maßnahmen und Sektoren – zeigen, dass bereits heute erhebliche Investitionen nötig sind, um wachsende Klimarisiken zu adressieren. Bottom-up-Erhebungen weisen dabei auf besonders hohe Anpassungskosten im Hochwasserschutz hin. Dieses Ergebnis deckt sich mit den modellbasierten Analysen in dieser Studie, die Küsten- und Binnenhochwasser als große Klimarisiken und zentrale Treiber der Finanzierungsbedarfe identifizieren, gefolgt von Auswirkungen auf den Energiebedarf sowie Hitzewirkungen auf Arbeitsproduktivität und Mortalität.

Die Querschnittsnatur der Klimaanpassung erschwert eine eindeutige Kostenzuordnung, da viele Maßnahmen mehrere Ziele gleichzeitig adressieren und häufig mit anderen Investitionsbereichen verflochten sind. Nicht-finanzielle Barrieren wie langwierige Planungsprozesse, Flächenkonflikte und administrative Hürden behindern zudem die Umsetzung. Trotz erheblicher Unsicherheiten in der Datengrundlage und Methodik ist klar, dass der Investitionsbedarf im Milliardenbereich liegt und weiter steigen wird. Zugleich bestehen zentrale Forschungsbedarfe: breitere modellbasierte Abdeckung bislang wenig betrachteter Wirkungskanäle, klar definierte Anpassungsszenarien mit besseren Status-quo-Daten sowie Bewertungen von Maßnahmenpaketen inklusive laufender Instandhaltungskosten.

Fiskalische Risiken und Finanzierung (Kapitel 3):

Wie oben erörtert, stehen die öffentlichen Haushalte durch den Klimawandel unter hoher Belastung. Diese lässt sich in drei Faktoren gliedern: (1) steigende Ausgaben für die Beseitigung von Schäden nach Extremwetterereignissen, (2) hohe Investitionsbedarfe für vorsorgende Anpassungsmaßnahmen und (3) potenzielle Einnahmeverluste infolge geschwächter Wirtschaftsleistung – etwa durch beschädigte Infrastruktur, Ertragseinbußen und geringere Arbeitsproduktivität. Das bestehende System aus Finanzausgleich, Förderprogrammen und Sondermitteln reicht nicht aus, die Finanzierungslücke zu schließen. Insbesondere finanzschwache Kommunen sind durch die Komplexität und Kurzfristigkeit bestehender Programme überfordert. Neue, innovative Finanzierungsinstrumente werden diskutiert, ihre Wirksamkeit und Skalierbarkeit sind jedoch noch nicht ausreichend erforscht. Es besteht ein hoher Bedarf an einer weiterentwickelten, integrierten Finanzarchitektur, die bestehende und neue Ansätze sinnvoll kombiniert.

Priorisierung und Bewertung von Anpassungsmaßnahmen (Kapitel 4):

Angesichts begrenzter Ressourcen ist die Priorisierung von Anpassungsmaßnahmen zentral. Ex-ante Bewertungsverfahren – insbesondere Kosten-Nutzen-Analysen, Kosten-Wirksamkeits-Analysen und Multikriterien-Analysen – unterstützen eine strukturierte und nachvollziehbare Auswahl. Die Auswahl und Gewichtung der Kriterien erfolgt meist kontextspezifisch und partizipativ. Die praktische

Umsetzung wird jedoch durch fehlende Daten, Unsicherheiten in der Wirkungsabschätzung und die Komplexität der Verfahren erschwert. Für eine breitere Anwendung sind praxisnahe, niedrigschwellige Tools und Austauschformate notwendig; zudem besteht erheblicher Forschungsbedarf zur Weiterentwicklung von Methoden, wie zur Erhebung und Integration der Kosten des Nicht-Handelns oder zur übergreifenden Bewertung von Policy-Mixes.

Fazit:

Insgesamt zeigt sich, dass die Anpassung an den Klimawandel erhebliche zusätzliche Investitionen und eine grundlegende Weiterentwicklung der Finanzierungs- und Steuerungsmechanismen erfordert. Die Unsicherheiten in der Bedarfsschätzung und die Herausforderungen bei der Umsetzung machen deutlich, dass kontinuierliche Forschung, methodische Innovation und eine enge Verzahnung von Politik, Verwaltung und Praxis unerlässlich sind. Nur so kann die Resilienz gegenüber den Folgen des Klimawandels gestärkt und eine wirksame, nachhaltige Anpassung ermöglicht werden.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
1.1	Hintergrund und Zielsetzung der Studie.....	1
2	Finanzierungsbedarfe für Klimaanpassung in Deutschland.....	3
2.1	Einleitung.....	4
2.2	Analyse auf Makro-Ebene.....	4
2.2.1	Bottom-Up-Analyse.....	4
2.2.2	Top-Down-Analyse.....	11
2.2.3	Sensitivitätsbetrachtung.....	32
2.3	Detailbetrachtung von zwei Handlungsfeldern.....	41
2.3.1	Detailbetrachtung Gebäudesektor.....	41
2.3.2	Detailbetrachtung Hochwasserschutz	58
2.4	Übersicht der Forschungsbedarfe.....	72
2.4.1	Forschungsbedarfe modellbasierter Ansätze	72
2.4.2	Erarbeitung eines Anpassungsszenarios und Status Quo-Daten.....	73
2.4.3	Anpassungsziele und Umsetzungskosten des APA IV	74
2.4.4	Analyse von Instandhaltungskosten.....	74
3	Fiskalische Risiken des Klimawandels.....	75
3.1	Übersicht fiskalischer Klimarisiken durch den Klimawandel	75
3.1.1	Ausgabenseite	76
3.1.2	Einnahmenseite.....	79
3.2	Übersicht finanzieller Ausgleichsmechanismen	83
3.2.1	Schadensbehebung und Katastrophenhilfe	85
3.2.2	Klimaanpassungsfinanzierung.....	87
3.2.3	Kritische Reflektion bestehender Mechanismen.....	92
3.3	Zusätzliche Mechanismen zur Finanzierung.....	94
3.3.1	Querschnittsbetrachtungen.....	97
3.3.2	Forschungsbedarf.....	99
4	Priorisierung von Anpassungsmaßnahmen	101
4.1	Ex-ante Bewertungsverfahren zur Abschätzung der Wirksamkeit von Klimaanpassungsmaßnahmen	102
4.1.1	Die Kosten-Nutzen-Analyse (KNA).....	104
4.1.2	Die Kosten-Wirksamkeits-Analyse (KWA)	106

4.1.3	Die Multikriterien-Analyse (MKA).....	108
4.1.4	Die Bedeutung von ex-ante Bewertungsverfahren von Anpassungsmaßnahmen in Deutschland	115
4.2	Herausforderungen und Ansätze der Weiterentwicklung von ex-ante Bewertungsverfahren	117
4.2.1	Methodische Hürden der Wirksamkeitsbewertung von Anpassungsmaßnahmen	117
4.2.2	Herausforderungen in der praktischen Anwendung und Verankerung von Bewertungsverfahren.....	120
4.2.3	Forschungslücken bei ex-ante Bewertungen von Anpassungsmaßnahmen	122
4.3	Empfehlungen für die Weiterentwicklung und Verankerung von Wirksamkeitsbewertungen von Anpassungsmaßnahmen.....	125
4.3.1	Methodische Weiterentwicklungen	125
4.3.2	Empfehlungen zur Verankerung von Bewertungsverfahren in der Praxis	127
5	Fazit	129
6	Literaturverzeichnis	131
Anhang A: Steckbriefe innovativer Finanzierungsmechanismen		156
7.1	Erhebung (lokaler) Abgaben für Klimaschutz und -anpassung	156
7.2	Katastrophenanleihen (Cat Bonds)	161
7.3	Resilienzanleihen mit Präventionsfokus.....	166
7.4	Klima-resiliente Schuldenklauseln (CRDCs)	171
7.5	Erweiterung lokaler Klimafonds	175
7.6	Resilienzprüfung von Infrastrukturinvestitionen	178
7.7	Integration von Klimaschutz und Klimaanpassung in den horizontalen Finanzausgleich	181
7.8	Kommunale Klima-Collateralized Loan Obligations (K-CLOs).....	186
7.9	Parametrische Versicherungen	190
7.10	Reformierte Bundesergänzungszuweisungen mit Klimaprognosefaktor	194
7.11	Staat als letzte Versicherungsinstanz	200
 Anhang B: Anonymisierte Übersicht der interviewten ExpertInnen.....		204

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Modellierungsschritte in makroökonomischen Modellen, insbesondere CGE- und MRIO-Modellen	13
Abbildung 2: Sektorübergreifende Schäden als % des BIP nach Erwärmungsniveau (GWL).....	18
Abbildung 3: Sektorale Effekte durch Überflutungen als % des BIP nach Erwärmungsniveau (GWL).....	20
Abbildung 4: Sektorale Effekte durch Änderungen des Energiebedarfs und Energiebereitstellung als % des BIP nach Erwärmungsniveau (GWL).....	20
Abbildung 5: Sektorale Effekte durch Arbeitsproduktivitätsverluste und hitzebedingte Mortalität als % des BIP nach Erwärmungsniveau (GWL)	21
Abbildung 6: Sektorale Effekte Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Fischerei als % des BIP nach Erwärmungsniveau (GWL)	21
Abbildung 7: Erwartete jährliche Schäden (Expected Annual Damage, EAD) und Anpassungskosten für vier Anpassungsoptionen: Rückhalteflächen, Deichverstärkung, Gebäudesicherung und Umsiedlung, in Mio. EUR pro Jahr für drei Global Warming Levels (1,5°C, 2°C und 3°C); eigene Darstellung basierend auf Dottori et al. (2023)	24
Abbildung 8: Überflutungsschäden an Küsten in Deutschland durch Meeresspiegelanstieg und Anpassungskosten in Mio. USD/Jahr für verschiedene Zeitpunkte (2030, 2050, 2080, 2100) und Klimaszenarien (RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5), eigene Darstellung basierend auf DIVA (Hinkel et al. 2014), Daten verfügbar gemacht durch die Autoren.....	26
Abbildung 9: Schäden an Infrastruktur durch Küstenüberflutung in der Modellregion Nord EU-15 mit und ohne Anpassung in 2050 als % des BIP im Vergleich zu einem Szenario ohne Klimawandel mit sozioökonomischer Entwicklung entsprechend SSP2 und SSP5 für drei Klimaszenarien (RCP2.6, RCP4.5 und RCP8.5); eigene Darstellung basierend auf Parrado et al. (2020).....	30
Abbildung 10: Prozentuale Verluste des Bruttoinlandsprodukts (BIP) in Deutschland durch Hitzestress für die Jahre 2020, 2050 und 2080 für drei Szenarien (best case, mean und worst case), dargestellt mit (blau) und ohne (rot) Anpassungsmaßnahmen, eigene Darstellung basierend auf Szewczyk et al. (2021)	31
Abbildung 11: typische Cat Bonds-Struktur (aus Steiger 2024).....	162
Abbildung 12: strukturelle Darstellung von Katastrophenanleihen und Resilienzanleihen im Vergleich (nicht maßstäblich).....	167

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ergebnisse auf einen Blick.....	3
Tabelle 2: Übersicht sektoraler Anpassungskosten in Frankreich und Übertragung auf Deutschland, basierend auf Depoues et al. 2024.....	7
Tabelle 3: Hochrechnung von Anpassungskosten für deutsche Metropolen basierend auf Pro-Kopf Kostenschätzung.....	8
Tabelle 4: Übersicht ausgewertete Literatur nach Global Warming Level (GWL): Anzahl der Datenpunkte sowie Anzahl der Literaturquellen	16
Tabelle 5: Übersicht ausgewertete Literatur nach Betrachtungszeitraum (Anzahl der Datenpunkte je Zeitraum)	17
Tabelle 6: Schadens- und Anpassungskosten gegen Flusshochwasser in Mio. EUR für Deutschland (eigene Berechnung basierend auf Daten von Dottori et al. (2023))	23
Tabelle 7: Schadens- und Anpassungskosten in Mio. USD/Jahr für Küstenüberflutungen in Deutschland; Daten basieren auf DIVA (Hinkel et al. 2014), verfügbar gemacht durch die Autoren.	27
Tabelle 8: Überblick makroökonomische Kostenschätzungen mit Anpassung: Anzahl der Datenpunkte je Erwärmungsniveau (Spalte 2-5) und Anzahl der Quellen je Sektor (Spalte 6)	28
Tabelle 9: Jährliche Kosten (in Mio. EUR) und Benefit-Cost Ratios (BCR) für verschiedene Anpassungsmaßnahmen an Flusshochwasser in Abhängigkeit von globalen Erwärmungsszenarien (1,5°C, 2°C und 3°C). Spannbreiten repräsentieren die Quartilswerte (unteres und oberes Quartil: Q1 und Q3, sowie Median) aus den Modellen und Szenarien, basierend auf Dottori et al. (2023), Daten können direkt aus dem Supplementary Information Dokument zur Studie entnommen werden.....	33
Tabelle 10: Verhältnis klimabedingter Kosten ohne Anpassungsmaßnahmen zu Kosten mit Anpassungsmaßnahmen in verschiedenen Sektoren bezogen auf BIP-Verluste.	34
Tabelle 11: Übersicht der sektoralen Auswirkungen des Klimawandels basierend auf Klimaszenarien, sozioökonomischen Entwicklungen und zeitlichen Dimensionen.	37
Tabelle 12: Übersicht verwendeter Datenquellen für Analyse der Anpassungskosten im Gebäudesektor.....	42
Tabelle 13: Prozentualer Anteil von Gebäuden in verschiedenen Risikostufen, basierend auf Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V. (GDV) (2025).....	45
Tabelle 14: prozentuale Verteilung des Gebäudebestands in Deutschland nach Baujahr, basierend auf Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2024.....	46
Tabelle 15: Übersicht der Spannbreiten von Anpassungskosten je Gebäudetyp - Starkregen	47

Tabelle 16: Übersicht der Spannbreiten von Anpassungskosten je Gebäudetyp - Hochwasser.....	48
Tabelle 17: Übersicht der Spannbreiten von Anpassungskosten je Gebäudetyp - Hitze.....	49
Tabelle 18: Übersicht verschiedener Raumtypen und Differenzierung der Hitzebelastung.....	50
Tabelle 19: Genutzter Anpassungsgrad des Gebäudebestands in % nach Bundesland und Klimaszenario	51
Tabelle 20: Gesamtkosten für Anpassungsmaßnahmen an Starkregen im Gebäudesektor nach Kostenszenarien	52
Tabelle 21: Durchschnittliche Gesamtkosten je Raumtyp für die Anpassung des Gebäudesektors an Starkregen - niedriges Kostenszenario- niedriges Kostenszenario.....	53
Tabelle 22: Durchschnittliche Gesamtkosten je Raumtyp für die Anpassung des Gebäudesektors an Starkregen - mittleres Kostenszenario.....	53
Tabelle 23: Durchschnittliche Gesamtkosten je Raumtyp für die Anpassung des Gebäudesektors an Starkregen - hohes Kostenszenario.....	53
Tabelle 24: Gesamtkosten Anpassung an Hochwasser im Gebäudesektor nach Kostenszenarien	54
Tabelle 25: Durchschnittliche Gesamtkosten je Raumtyp für die Anpassung des Gebäudesektors an Hochwasser - niedriges Kostenszenario	55
Tabelle 26: Durchschnittliche Gesamtkosten je Raumtyp für die Anpassung des Gebäudesektors an Hochwasser - mittleres Kostenszenario	55
Tabelle 27: Durchschnittliche Gesamtkosten je Raumtyp für die Anpassung des Gebäudesektors an Hochwasser - hohes Kostenszenario	55
Tabelle 28: Anpassungskosten Gebäude an Hitze entlang verschiedener Klimawandel- und Kostenszenarien.....	56
Tabelle 29: Durchschnittliche Gesamtkosten an Hitze nach Raumtyp und Klimaszenario - niedriges Kostenszenario	57
Tabelle 30: Durchschnittliche Gesamtkosten an Hitze nach Raumtyp und Klimaszenario - mittleres Kostenszenario.....	57
Tabelle 31: Durchschnittliche Gesamtkosten an Hitze nach Raumtyp und Klimaszenario - hohes Kostenszenario	57
Tabelle 32: Übersicht erwarteter jährlicher Schäden durch Flusshochwasser in Deutschland.....	60
Tabelle 33: Übersicht vergangener Küstenhochwasser und Schadenshöhen für Deutschland.....	62
Tabelle 34: Ergebnisse Kosten für Entsiegelung	64

Tabelle 35: Übersicht des Anteils des TEN-T Netzwerks an gesamtdeutscher Verkehrsinfrastruktur	65
Tabelle 36: Geschätzte Anpassungskosten an Flusshochwasser für deutsche Verkehrsinfrastruktur bis Mitte des Jahrhunderts unter RCP6.0-Szenario	66
Tabelle 37: Geschätzte Anpassungskosten an Küstenhochwasser für deutsche Verkehrsinfrastruktur bis Mitte des Jahrhunderts unter RCP6.0-Szenario	66
Tabelle 38: Einmalige Investitionskosten ausgewählter baulicher Anpassungsmaßnahmen zum Schutz von Einfamilienhäusern vor Starkregen und Hochwasser (Sander et al. 2025).....	67
Tabelle 39: Übersicht von Maßnahmen zur Anpassung der Verkehrsinfrastruktur, basierend auf Schade et al. (2024)	68
Tabelle 40: Einheitspreise einzelner Küstenschutzmaßnahmen	70
Tabelle 41: Übersicht von Anpassungsmaßnahmen gegen Überflutung mit Kostenangaben aus Schade et al. (2024)	71
Tabelle 42: Ergebnisse im Überblick.....	75
Tabelle 43: Übersicht neuer Finanzierungsmechanismen	95
Tabelle 44: Ergebnisse auf einen Blick	101
Tabelle 45: Übersicht der Ex-ante Bewertungsverfahren.....	103
Tabelle 46: Übersicht verbreiteter Kriterien in der MKA	109
Tabelle 47: Übersicht der Kriterien in der ex-ante Bewertung des BNW (2024)	114
Tabelle 48: Anonymisierte Übersicht der interviewten Personen unterteilt in AkteurInnengruppen	204

Abkürzungsverzeichnis

ABK	Anpassungsbedarfskomponente
ABM	Adaptation Benefits Mechanism
ABS	Asset-Backed Securities
ACCREU	Assessing Climate Change Risk in Europe
AFK	Anpassung an die Folgen des Klimawandels
AIIB	Asian Infrastructure Investment Bank
ANK	Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz
APA	Aktionsplan Anpassung
APA IV	Aktionsplan Anpassung IV
AP	Arbeitspaket
ARL	Akademie für Raumentwicklung in der Leibniz-Gemeinschaft
BaFin	Bundesanstalt für Finanzdienstleistungsaufsicht
BAI	Bundesverband Alternative Investments e.V.
BBSR	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
BCR	Benefit-Cost Ratio
BEZ	Bundesergänzungszuweisungen
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BMF	Bundesministerium der Finanzen
BMI	Bundesministerium des Innern
BMK	Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (Österreich)
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
BMUKN	Bundesministerium für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz und nukleare Sicherheit
BMUV	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz
BMV	Bundesministerium für Verkehr
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
BMWE	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
BMWSB	Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen
BNW	Behördennetzwerk
bpb	Bundeszentrale für politische Bildung
CAT-Bonds	Katastrophenanleihen (Catastrophe Bonds)
CatNat	Catastrophes Naturelles (Naturkatastrophen)
CBI	Climate Bonds Initiative
CCI	Child Cyclone Index
CCR	Caisse Centrale de Réassurance
CCRIF	Caribbean Catastrophe Risk Insurance Facility
CGE	Computable General Equilibrium (Modell)
CGDD	Commissariat général au développement durable
CLO	Collateralized Loan Obligation

CMIP6	Coupled Model Intercomparison Project Phase 6
CO2	Kohlenstoffdioxid
CRDCs	Klima-resiliente Schuldenklauseln (Climate-Resilient Debt Clauses)
DAS	Deutsche Anpassungsstrategie
Difu	Deutsches Institut für Urbanistik
DIVA	Dynamic Interactive Vulnerability Assessment
DM	Deutsche Mark
DStGB	Deutscher Städte- und Gemeindebund
DWD	Deutscher Wetterdienst
EAD	Expected Annual Damage
EBA	Europäische Bankenaufsichtsbehörde
EBRD	European Bank for Reconstruction and Development
ECB	Europäische Zentralbank (European Central Bank)
EEA	Europäische Umweltagentur (European Environment Agency)
EFRE	Europäischer Fonds für regionale Entwicklung
EIB	Europäische Investitionsbank
EIOPA	European Insurance and Occupational Pensions Authority
EmBArk	Entwicklung und Klimaanpassung: Sozial-ökologische Barrieren und ihre Bedeutung für Klimaschäden und Verluste
EnEV	Energieeinsparverordnung
EPA	Environmental Protection Agency
ERI	Economic Resilience Index
ESG	Environmental, Social, and Governance
EZB	Europäische Zentralbank
FAG	Finanzausgleichsgesetz
FiFo	Finanzwissenschaftliches Forschungsinstitut an der Universität zu Köln
GAK	Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“
GBP	Pfund Sterling
GCM	General Circulation Models
GDV	Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft
GFG	Gemeindefinanzierungsgesetz
GG	Grundgesetz
GLOFRI S	Global Flood Risk Information System
GRW	Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Regionalen Wirtschaftsstruktur“
GTAP	Global Trade Analysis Project
GWL	Global Warming Levels
HD35	Jährliche Anzahl heißer Tage mit einer maximalen Temperatur von über 35 °C
HLNUG	Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie
HWS	Hochwasserschutz
IAMs	Integrierte Bewertungsmodelle (Integrated Assessment Models)
IAWAK	Informationsgestützte antizipative wasserhaushaltsbasierte Anpassung an den Klimawandel

ICMA	International Capital Market Association
IDB	Interamerikanische Entwicklungsbank (Inter-American Development Bank)
IFC	International Finance Corporation
IHK	Industrie- und Handelskammer
ILS	Insurance-Linked Securities
IMAA	Interministerielle Arbeitsgruppe Anpassung an die Folgen des Klimawandels
INSEK	Integriertes städtebauliches Entwicklungskonzept
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
JRC	Joint Research Centre
JTF	Fonds für einen gerechten Übergang (Just Transition Fund)
K-CLOs	Kommunale Klima-Collateralized Loan Obligations
KAnG	Klimaanpassungsgesetz
KAM	Kommunale KlimaanpassungsmanagerIn
KF	Kohäsionsfonds
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
KFA	Kommunaler Finanzausgleich
KNA	Kosten-Nutzen-Analyse
KPF	Klimaprognosefaktor
KRK	Klimarisikokomponente
KTF	Klima- und Transformationsfonds
KWA	Kosten-Wirksamkeits-Analyse
KWRA	Klimawirkungs- und Risikoanalyse
LANUV	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen
LBBW	Landesbank Baden-Württemberg
LED	Light Emitting Diode
LISFLOOD	Überflutungsmodell des Joint Research Centre (JRC) der Europäischen Kommission
LUBW	Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg
MdB	Mitglied des Bundestages
MCII	Munich Climate Insurance Initiative
MKA	Multikriterien-Analyse
MKUEM	Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie und Mobilität
MRIO	Multi-regionale Input-Output (Modelle)
MU	Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz (Niedersachsen)
MWIKE	Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Klimaschutz und Energie (Nordrhein-Westfalen)
NAP	Nationaler Anpassungsplan
NAS	Nationale Anpassungsstrategie
NHWSP	Nationales Hochwasserschutzprogramm
NIKO	Niedersächsisches Kompetenzzentrum Klimawandel
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
PACE	Property Assessed Clean Energy
PAGE	Policy Analysis of the Greenhouse Effect (Modell)

PIK	Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung
PLANAK	Planungsausschuss für Agrarstruktur und Küstenschutz
RAT	Risk Analysis Tool
RCM	Regional Climate Models
RCP	Representative Concentration Pathways
RegioStaR	Regionalstatistische Raumtypologie
SEAR	Solidarity and Emergency Aid Reserve
SEK	Schadenserfahrungskomponente
SenMVKU	Berliner Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt
SFDR	Sustainable Finance Disclosure Regulation
SGB	Sozialgesetzbuch
SH	Schleswig-Holstein
SoBEZ	Sonderbedarf-Bundesergänzungszuweisungen
SPV	Zweckgesellschaft (Special Purpose Vehicle)
SSP	Shared Socioeconomic Pathways
StA	Ständiger Ausschuss
StMUV	Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz
StMWi	Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie
TEN-T	Transeuropäisches Verkehrsnetz
THW	Technisches Hilfswerk
TSI	True Sale International
UBA	Umweltbundesamt
UCITS	Undertakings for Collective Investment in Transferable Securities
UHI	Urban-Heat-Island-Effekt
UMK	Umweltministerkonferenz
UNDRR	United Nations Office for Disaster Risk Reduction
UNEP	United Nations Environment Programme
UNICEF	Kinderhilfswerk der Vereinten Nationen (United Nations Children's Fund)
USD	US-Dollar
VAG	Versicherungsaufsichtsgesetz
VDB	Verband Deutscher Bürgschaftsbanken e.V.
VKB	Versicherungskammer Bayern
VKU	Verband kommunaler Unternehmen
WpHG	Wertpapierhandelsgesetz
WPKS	Wissenschaftsplattform Klimaschutz
WTW	Willis Towers Watson
ZEV	Zentrum für Europäischen Verbraucherschutz e.V.
ZKA	Zentrum KlimaAnpassung
ZUG	Zukunft-Umwelt-Gesellschaft
ZÜRS Geo	Zonierungssystem für Überschwemmungsrisiko und Einschätzung von Umweltrisiken

1 Einleitung

1.1 Hintergrund und Zielsetzung der Studie

Die zunehmenden Auswirkungen des Klimawandels stellen Deutschland vor erhebliche Herausforderungen. Extreme Wetterereignisse wie Hitzewellen, Starkregen, Dürren und Hochwasser verursachen bereits heute beträchtliche wirtschaftliche Schäden und erfordern eine systematische Anpassung zentraler Infrastrukturen, öffentlicher Dienstleistungen und gesellschaftlicher Prozesse. Mit dem Klimaanpassungsgesetz (KAnG; BMUV 2023b) und der Deutschen Anpassungsstrategie 2.0 (DAS 2.0; BMUV 2024) hat Deutschland wichtige Grundlagen für ein koordiniertes Vorgehen geschaffen.

Dennoch bestehen weiterhin große Unsicherheiten hinsichtlich der tatsächlichen finanziellen Bedarfe, der nachhaltigen Finanzierung und der Priorisierung von Anpassungsmaßnahmen. Trotz der klaren Zielsetzungen und Verpflichtungen lassen sowohl die DAS 2.0 als auch das KAnG die Frage der Finanzierung weitgehend unbeantwortet. Empirische Untersuchungen zeigen, dass die Verfügbarkeit finanzieller Ressourcen für die Umsetzung und den Unterhalt von Anpassungsmaßnahmen als außerordentlich wichtig erachtet wird. Kommunen, die nicht zu den klimapolitischen Vorreitern zählen, sind besonders auf externe Förderung angewiesen (Friedrich et al. 2024a). Eine umfassende Kommunalbefragung bestätigt, dass fehlende personelle und finanzielle Ressourcen die bedeutendsten Hemmnisse bei der Planung und Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen darstellen. Von 678 untersuchten Kommunen, die Maßnahmen planen oder bereits umgesetzt haben, nennen 80 % bzw. 73 % diese beiden Faktoren als zentrale Barrieren (Friedrich et al. 2024b).

Die fiskalischen Risiken des Klimawandels für öffentliche Haushalte sind erheblich und vielschichtig. Sie umfassen sowohl steigende Ausgaben für Klimaanpassung, Katastrophenhilfe und die Reparatur von Schäden nach einem Extremwetterereignis als auch potenzielle Einnahmeausfälle durch klimabedingte wirtschaftliche Störungen. Die besondere zeitliche Dimension dieser Risiken erschwert ihre angemessene Berücksichtigung in der gegenwärtigen Haushaltspolitik.

Um sicherzustellen, dass die begrenzten Haushaltsmittel für Klimaanpassungsmaßnahmen optimal eingesetzt werden, ist es entscheidend, bestehende Maßnahmen systematisch hinsichtlich ihrer Wirksamkeit zu evaluieren und darauf basierend vielversprechende Ansätze zu priorisieren. Priorisierung bedeutet dabei nicht zwangsläufig, dass die Maßnahmen und zur Verfügung stehenden Mittel dem gesamten Anpassungsbedarf gerecht werden, sondern zunächst, dass die vorhandenen finanziellen Mittel möglichst wirkungsvoll verwendet werden. Während die Zahl der Studien zu den Kosten des Klimawandels für Wirtschaft und Gesellschaft in Europa und Deutschland stetig zunimmt, gestaltet sich die Erstellung belastbarer Schätzungen zu den notwendigen Investitionen für Klimaanpassung weiterhin schwierig. Methodische Unsicherheiten bei Abgrenzung und Erfassung von Anpassungskosten – etwa weil Klimaanpassung sektorübergreifend und häufig in größere Investitionsvorhaben eingebettet ist – erschweren eine Mittelallokation nach Wirksamkeitskriterien. Entsprechend liegen Finanzierungsbedarfe bislang nur punktuell und mit eingeschränkter Vergleichbarkeit vor. Vor dem Hintergrund dieser Herausforderungen vergab die Wissenschaftsplattform Klimaschutz (WPKS) ein Forschungsvorhaben an ein Konsortium bestehend aus der adelphi research gGmbH und dem Wegener Center der Universität Graz. Der vorliegende Bericht zeigt die Ergebnisse dieser Forschung auf. Er analysiert, wie sich der Finanzierungsbedarf für Klimaanpassung in Deutschland zusammensetzt, welche methodischen und praktischen Herausforderungen bei der Kostenabschätzung bestehen und wie die öffentliche Hand – insbesondere die Kommunen – auf die wachsenden Anforderungen reagieren kann. Der Bericht wertet existierende

Schätzungen zu den bisherigen und zukünftigen Anpassungsausgaben in Deutschland aus und ergänzt diese durch die Übertragung internationaler Studien auf den deutschen Kontext. Dabei werden verschiedene methodische Ansätze angewendet: Bottom-up-Schätzungen, die auf der Addition einzelner Maßnahmen beruhen, und Top-down-Modelle, die gesamtwirtschaftliche Zusammenhänge und Wechselwirkungen abbilden.

Ein weiterer Fokus liegt auf der Frage, wie bestehende und künftige fiskalische Risiken durch Klimawandelfolgen und Anpassungsmaßnahmen die Haushalte von Bund, Ländern und Kommunen beeinflussen. Dazu werden sowohl direkte Kosten für Investitionen und Betrieb als auch indirekte Risiken wie Einnahmeausfälle oder steigende Ausgaben für Katastrophenschutz und Schadensbeseitigung betrachtet.

Darüber hinaus thematisiert der Bericht die Entwicklung und Bewertung innovativer Finanzierungsmechanismen, die über klassische Förderprogramme hinausgehen. Diskutiert werden unter anderem neue Instrumente wie Klimaresilienzbonos, Klimarisikoversicherungen, gezielte Umlagen und die Stärkung interkommunaler und öffentlich-privater Kooperationen. Ziel ist es, Wege aufzuzeigen, wie die Finanzierung von Klimaanpassung angesichts begrenzter Haushaltsmittel und wachsender Aufgaben langfristig tragfähig gestaltet werden kann.

Schließlich widmet sich der Bericht der Frage, wie Anpassungsmaßnahmen bereits im Vorfeld – also ex-ante – bewertet und priorisiert werden können. Vorgestellt und kritisch diskutiert werden verschiedene methodische Ansätze, von klassischen Kosten-Nutzen-Analysen über Multi-Kriterien-Bewertungen bis hin zu integrativen Bewertungsrahmen, die auch nicht-monetäre Nutzen und gesellschaftliche Co-Benefits berücksichtigen. Die Wirksamkeit von Maßnahmen und die effiziente Allokation knapper Ressourcen stehen dabei ebenso im Mittelpunkt wie die praktische Umsetzbarkeit und die Berücksichtigung lokaler Gegebenheiten.

Für alle thematisierten Bereiche zeigt der Bericht neben aktuellen Hürden auch Verbesserungsmöglichkeiten sowie zentrale Forschungsbedarfe auf.

Der Bericht beginnt mit einer Darstellung der geschätzten Anpassungskosten für Deutschland. Zunächst werden die Ergebnisse aus dem Bottom-up-Ansatz vorgestellt, bei dem die Kosten durch die Addition einzelner Maßnahmen und Sektoren bestimmt werden. Anschließend folgt eine Analyse der Anpassungskosten auf Basis des Top-down-Ansatzes, der gesamtwirtschaftliche Zusammenhänge und makroökonomische Effekte berücksichtigt. Im Anschluss erfolgt eine detaillierte Betrachtung zweier ausgewählter Bereiche: des Gebäudesektors und des Hochwasserschutzes. Für beide Bereiche werden spezifische Herausforderungen, Investitionsbedarfe und Umsetzungsbarrieren vertieft analysiert.

Das darauffolgende Kapitel widmet sich den fiskalischen Risiken, die sich durch die Auswirkungen des Klimawandels für die öffentlichen Haushalte auf den verschiedenen föderalen Ebenen ergeben. In diesem Zusammenhang werden auch die bestehenden Finanzierungs- und Ausgleichsmechanismen im Kontext der Klimaanpassung systematisch dargestellt und kritisch bewertet. Dabei werden bestehende Lücken identifiziert und Vorschläge für neue, ergänzende Finanzierungsinstrumente entwickelt.

Im abschließenden Kapitel werden drei zentrale Methoden zur ex-ante Bewertung von Anpassungsmaßnahmen detailliert beleuchtet: Kosten-Nutzen-Analysen, Kosten-Effektivitätsanalysen und Multi-Kriterien-Analysen. Diese Methoden werden jeweils hinsichtlich ihrer Stärken und Schwächen kritisch diskutiert. Der Bericht schließt mit Empfehlungen, wie diese Bewertungsansätze methodisch weiterentwickelt und in der Praxis breiter und effektiver eingesetzt werden können.

2 Finanzierungsbedarfe für Klimaanpassung in Deutschland

Tabelle 1: Ergebnisse auf einen Blick

ERGEBNISSE IM ÜBERBLICK

- Die jährlichen Investitionsbedarfe für Klimaanpassung in Deutschland bewegen sich – je nach Methode und Sektor – in einer Größenordnung von mehreren Milliarden Euro pro Jahr. Die tatsächlichen Bedarfe liegen vermutlich deutlich über den aktuell ausgewiesenen Zahlen.
- Bottom-up-Schätzungen auf Basis einzelner Maßnahmen und Sektoren ergeben einen jährlichen Investitionsbedarf von etwa 8,6 bis 10,6 Mrd. Euro, wobei insbesondere der Gebäudebestand und die Anpassung an Hitze als kostenintensive Bereiche hervorstechen.
- Top-down-Ansätze auf Basis makroökonomischer Modellierungen bestätigen die erhebliche Größenordnung des Anpassungsbedarfs und weisen zusätzlich auf indirekte Kosten und gesamtwirtschaftliche Effekte hin, die in sektoralen Betrachtungen häufig unberücksichtigt bleiben. Die Abschätzungen umfassen nur einen Teil der für Deutschland identifizierten Wirkungsketten und Wirkungsdimensionen und sind deshalb als konservative Abschätzungen der tatsächlichen Folgekosten des Klimawandels zu verstehen.
- Schadenskosten durch Binnen- und Küstenüberflutungen ohne Anpassung steigen mit der Zeit und sind unter einer starken Erwärmung (3°C GWL oder RCP8.5) besonders stark ausgeprägt; für Deutschland liegen Schätzungen von 5,3 Mrd. EUR für Binnenüberflutungen und 105 Mrd. USD für Küstenüberflutungen pro Jahr gegen Ende des Jahrhunderts vor.
- Schadenskosten mit Anpassung bleiben für alle Szenarien und Zeitpunkte deutlich niedriger. Die Anpassungskosten sind im Vergleich zu den Schadenskosten ohne Anpassung gering und zeigen eine moderate Entwicklung über die Zeit und zwischen den Szenarien.
- Im Gebäudesektor besteht der größte Anpassungsbedarf insbesondere bei der Nachrüstung des Bestands für den Schutz vor Hitze, Starkregen und weiteren Extremereignissen. Die erforderlichen Investitionen übersteigen deutlich die bisherigen Ausgaben.
- Im Bereich Hochwasserschutz zeigen die Analysen, dass bereits in der Vergangenheit hohe Schäden entstanden sind und auch künftig erhebliche Mehrinvestitionen notwendig sein werden, um die Risiken zu begrenzen.
- Sensitivitätsanalysen verdeutlichen, dass die Kostenschätzungen stark von zentralen Annahmen – etwa zum Schutzniveau, zu sozioökonomischen Entwicklungen oder zur Auswahl der Maßnahmen – abhängen. Die tatsächliche Bandbreite der Bedarfe ist daher groß.
- Nicht-finanzielle Barrieren wie lange Planungs- und Genehmigungszeiten, Flächenkonflikte, Engpässe in der Bauwirtschaft und administrative Hürden können die Umsetzung erheblich verzögern und verteuern.
- Die Abgrenzung von spezifischen Anpassungskosten gegenüber allgemeinen Investitionen in Resilienz und Modernisierung bleibt methodisch herausfordernd und führt zu Unsicherheiten in den ausgewiesenen Zahlen.
- Insgesamt besteht ein erheblicher Forschungsbedarf, insbesondere hinsichtlich der systematischen Erfassung des Status quo, der weiteren Differenzierung der Kosten nach Sektoren und Regionen sowie der Weiterentwicklung von Methoden zur Kostenabschätzung und Erfolgskontrolle.

2.1 Einleitung

Die Abschätzung des Finanzierungsbedarfs für Klimaanpassung ist eine wichtige Voraussetzung für eine wirksame und vorausschauende Anpassungspolitik in Deutschland. Angesichts der zunehmenden Auswirkungen des Klimawandels und der wachsenden Anforderungen an den Schutz von Bevölkerung, Infrastruktur und Wirtschaft ist es entscheidend, ein realistisches Bild der erforderlichen Investitionen und laufenden Kosten zu gewinnen.

Ziel dieses Kapitels ist es, die aktuellen Erkenntnisse zu den Finanzierungsbedarfen für Klimaanpassung in Deutschland systematisch zusammenzufassen und kritisch zu bewerten. Dabei werden sowohl bestehende Schätzungen aus unterschiedlichen methodischen Ansätzen als auch internationale Vergleichswerte herangezogen. Im Fokus stehen insbesondere die Unterschiede zwischen Bottom-up- und Top-down-Ansätzen, die jeweils unterschiedliche Perspektiven und Erkenntnisse zur Höhe und Zusammensetzung der Anpassungskosten bieten.

Zunächst werden die aktuellen Schätzungen zu den Anpassungskosten in Deutschland vorgestellt. Dabei werden zunächst die Ergebnisse des Bottom-up-Ansatzes präsentiert, bei dem die Kosten durch die Aggregation einzelner Maßnahmen und Sektoren ermittelt werden. Anschließend folgt eine Darstellung der Ergebnisse aus dem Top-down-Ansatz, der auf makroökonomischen Modellierungen und gesamtwirtschaftlichen Analysen basiert.

Im Anschluss werden zwei ausgewählte Bereiche in eigenen Abschnitten vertieft betrachtet: der Gebäudesektor und der Hochwasserschutz. Für beide Sektoren werden spezifische Herausforderungen, Investitionserfordernisse und Umsetzungsbarrieren detailliert analysiert. Ein weiterer Abschnitt widmet sich der Sensitivitätsbetrachtung: Es wird untersucht, wie stark die Ergebnisse von zentralen Annahmen – etwa zum Schutzniveau, zu sozioökonomischen Entwicklungen oder zur Auswahl der Maßnahmen – abhängen. Abschließend werden die wichtigsten methodischen und inhaltlichen Unsicherheiten sowie der daraus resultierende Forschungsbedarf herausgearbeitet und Empfehlungen für die Weiterentwicklung der Kosten- und Bedarfsabschätzung gegeben.

2.2 Analyse auf Makro-Ebene

2.2.1 Bottom-Up-Analyse

Die Herangehensweise eines Bottom-Up-Ansatzes konzentriert sich auf die detaillierte Analyse spezifischer Anpassungsmaßnahmen und deren Kosten. Die Kosten werden durch die Addition der einzelnen Kostenelemente berechnet, die für die Umsetzung jeder Maßnahme erforderlich sind. Hierzu können Studien-, Infrastruktur-, Betriebs- und Schulungskosten gehören.

Ein entscheidender Vorteil der Bottom-Up-Methode ist ihre Flexibilität und Anpassungsfähigkeit. Sie kann auf eine breite Palette von Anpassungsmaßnahmen angewendet werden und erfordert im Vergleich zu komplexeren ökonomischen Modellen weniger Daten. Ein prominentes Beispiel für die Bottom-Up-Herangehensweise ist die Kostenabschätzung für den nationalen Anpassungsplan (NAP) der Regierung von Fidschi. Dieser Plan nutzt ein Excel-basiertes Tool, das Fachabteilungen in Ministerien und nachgeordneten Behörden ermöglicht, Ressourcen- und Kostendaten einzugeben, um die Kosten der 160 Anpassungsmaßnahmen des NAP zu berechnen (Government of Fiji 2020). Die absoluten Zahlen sind aufgrund der unterschiedlichen Wirtschaftsstruktur und Infrastruktur jedoch nicht auf Deutschland übertragbar. Das methodische Vorgehen – die systematische Erfassung und Addition einzelner Maßnahmenkosten – könnte aber grundsätzlich auch für den deutschen Kontext genutzt werden.

Die Ermittlung der Finanzierungsbedarfe für Klimaanpassung in Deutschland mittels Bottom-up-Ansätzen ist mit verschiedenen Herausforderungen verbunden. Anders als bei klar abgrenzbaren Einzelprojekten, wie die Planung eines Windparks zur Erreichung von Emissionszielen, ist Klimaanpassung ein Querschnittsthema, das nahezu alle Bereiche des öffentlichen und privaten Handelns durchdringt – von der Stadtentwicklung über die Wasserwirtschaft bis hin zur Forst- und Landwirtschaft. Anpassungsmaßnahmen sind selten isoliert, sondern werden häufig im Rahmen umfassenderer Investitionen, Sanierungen oder Modernisierungen mitgedacht und umgesetzt. Dies erschwert eine eindeutige Zuordnung und eine präzise Quantifizierung der tatsächlich anfallenden Kosten.

Diese Problematik spiegelt sich auch in den Ergebnissen der im Rahmen dieser Studie durchgeführten Interviews¹ wider: ExpertInnen und PraktikerInnen betonen übereinstimmend, dass Klimaanpassung in der Praxis meist integraler Bestandteil anderer Maßnahmen ist und selten als eigenständiger Kostenfaktor ausgewiesen wird. Die bestehenden Bottom-Up-Schätzungen basieren daher vielfach auf Annahmen, Hochrechnungen und der Abgrenzung von Kostenanteilen, die explizit der Anpassung an den Klimawandel zugeordnet werden können. Trotz dieser methodischen Unsicherheiten liefern die vorliegenden Studien und Erhebungen wichtige Anhaltspunkte für den aktuellen und zukünftigen Finanzierungsbedarf.

In diesem Kapitel werden die verfügbaren Ergebnisse von Bottom-Up-Schätzungen für Deutschland vorgestellt. Dabei werden sowohl bundesweite Schätzungen als auch sektorale Analysen betrachtet, bevor die zentralen Erkenntnisse aus den Interviews mit AkteurInnen aus Verwaltung, Wirtschaft und Zivilgesellschaft vertieft werden. So entsteht ein umfassendes Bild der finanziellen Herausforderungen, aber auch der bestehenden Lücken und Unsicherheiten bei der Finanzierung der Klimaanpassung in Deutschland.

2.2.1.1 Betrachtung existierender Schätzungen

Die bislang vorliegenden Bottom-Up-Schätzungen zum Finanzierungsbedarf für Klimaanpassung in Deutschland liefern ein aufschlussreiches, aber keineswegs vollständiges Bild. Die Bandbreite der ausgewiesenen Summen verdeutlicht, wie stark die Ergebnisse von den verwendeten Methoden, den betrachteten Zeiträumen und der jeweiligen sektoralen Abgrenzung abhängen. Einen zentralen Referenzpunkt bietet die Erhebung der Umweltministerkonferenz (UMK) aus dem Jahr 2022. Hier wurde der Investitionsbedarf für Klimaanpassung, Naturschutz und natürlichen Klimaschutz auf Ebene der Länder und Kommunen bis 2030 auf insgesamt rund 55 Mrd. EUR geschätzt, davon rund 38 Mrd. EUR explizit für Klimaanpassungsmaßnahmen (MU 2022). Die Datengrundlage dieser Schätzung stellt eine Bottom-up-Erhebung dar, bei der die einzelnen Bundesländer ihre Bedarfe gemeldet und aggregiert haben. Besonders hervorzuheben ist, dass diese Zahlen als konservative Mindestbedarfe zu verstehen sind, da viele indirekte Kosten und langfristige Maßnahmen nicht vollständig erfasst wurden.

Die Studie von Heilmann et al. 2024 greift diese Schätzung auf und konkretisiert den jährlichen Finanzierungsbedarf für Klimaanpassung auf etwa 5,6 Mrd. EUR im Zeitraum 2024 bis 2030. Auch hier wird betont, dass die tatsächlichen Bedarfe vermutlich deutlich höher liegen, da zahlreiche Kostenbereiche und langfristige Maßnahmen bislang nur unzureichend berücksichtigt werden. Die Studie ordnet zudem rund 75 % der Investitionen den Kommunen zu, was die zentrale Rolle der lokalen Ebene bei der Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen unterstreicht.

¹ Die Auswertung beruht auf vertraulichen, leitfadengestützten Einzelinterviews unter geschütztem Gesprächsrahmen. Es wurden kommunale AkteurInnen, VertreterInnen von Landes- und Bundesinstitutionen sowie WissenschaftlerInnen befragt. Eine anonymisierte Übersicht findet sich in Anhang B.

Für die kommunale Ebene liefert das KfW-Kommunalpanel 2023 eine weitere wichtige Orientierung. Nach Angaben des Panels gaben deutsche Kommunen im Jahr 2021 etwa 1 Mrd. EUR für Klimaanpassung aus, wobei der geschätzte jährliche Investitionsbedarf für Klimaschutz und Klimaanpassung zusammen bei rund 5,8 Mrd. EUR liegt (Raffer 2023). Die Erhebung basiert auf einer bundesweiten Befragung und Hochrechnung, die die Ausgaben und Planungen der Kommunen systematisch erfasst.

Ergänzend dazu liefert die Analyse der Anpassungsausgaben des Bundes (Hölscher et al. 2025b) eine erste Übersicht über die tatsächlich bereitgestellten Mittel auf Bundesebene. Für das Jahr 2022 werden die Anpassungsausgaben des Bundes auf 2,07 bis 3,41 Mrd. EUR geschätzt. Diese Ausgaben verteilen sich auf zahlreiche Ressorts und Förderbereiche und sind bislang oft nicht klar als Anpassungsfinanzierung ausgewiesen.

Hinweis: Das BMUV bezifferte in einer Pressemitteilung den Gesamtfinanzierungsbedarf für Klimaanpassung bis 2030 auf 38 Mrd. EUR (Die Zeit 2024). Die genaue Datenbasis und Methodik dieser Schätzung sind jedoch nicht transparent nachvollziehbar, weshalb diese Zahl mit entsprechender Vorsicht zu interpretieren ist.

2.2.1.1.1 Annäherung durch Übertragung von Forschungsergebnissen aus Frankreich

Die Ergebnisse einer aktuellen Studie aus Frankreich werden in diesem Abschnitt genutzt, um eine erste Annäherung an die Investitionskosten für Klimaanpassung im Gebäudesektor zu ermöglichen. Diese Werte dienen als Orientierungsrahmen, bevor im weiteren Verlauf des Berichts – insbesondere in der Detailanalyse in Abschnitt 2.2.1.1.3.1 sowie in Abschnitt 2.3.1 – die Investitionsbedarfe für Deutschland vertieft betrachtet werden.

Die französische Studie wurde im Auftrag des Commissariat général au développement durable (CGDD) von I4CE und weiteren Partnern durchgeführt. Ziel der Studie war es, erstmals belastbare Schätzungen zu den zukünftigen Investitionsbedarfen für die Klimaanpassung in Frankreich vorzulegen. Im Fokus standen dabei drei besonders betroffene Sektoren: Gebäude, landgebundene Verkehrsinfrastruktur sowie die landwirtschaftliche Pflanzenproduktion. Die leitende Fragestellung lautete, welche Kosten in diesen Bereichen für verschiedene Anpassungspfade, die sich vor allem hinsichtlich des Ambitionsniveaus und der strategischen Vorbereitung unterscheiden, bis zum Jahr 2100 – insbesondere unter einem Szenario von +4°C Erwärmung – zu erwarten sind (Dépoues et al. 2024).

Methodisch basiert die Analyse auf einer Kombination aus Literatursauswertung, sektoralen Expertenworkshops und der Auswertung vorhandener technischer und ökonomischer Daten. Für jeden Sektor wurden zunächst die wichtigsten Klimarisiken identifiziert und dann verschiedene Anpassungsoptionen – von reaktiven Maßnahmen bis hin zu proaktiven Investitionen – hinsichtlich ihrer Kosten und Wirksamkeit bewertet. Die Studie betont, dass eine exakte Gesamtkostenschätzung für die Anpassung derzeit nicht möglich ist, liefert jedoch erstmals robuste Größenordnungen und einen methodischen Rahmen, der auch für den deutschen Kontext anschlussfähig ist.

Um die Ergebnisse der französischen Studie für den deutschen Kontext nutzbar zu machen, wurde ein pragmatischer Übertragungsansatz gewählt. Die in Frankreich ermittelten Investitionsbedarfe für die Klimaanpassung wurden zunächst auf die französische Bevölkerungszahl bezogen, um sektorale Pro-Kopf-Werte zu erhalten. Anschließend erfolgte eine Hochrechnung dieser Werte auf die deutsche Einwohnerzahl, um eine erste, größenordnungsmäßige Abschätzung der erforderlichen Anpassungsinvestitionen in Deutschland zu ermöglichen.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass Frankreich hinsichtlich Urbanisierungsgrad, Infrastruktur und geographischer Gegebenheiten von Deutschland abweicht und teilweise anderen Klimawandelauswirkungen ausgesetzt ist. Zudem hängt der Finanzierungsbedarf vieler

Anpassungsmaßnahmen nicht ausschließlich von der Bevölkerungszahl ab – insbesondere Infrastrukturmaßnahmen wie Deichbau oder Verkehrsanpassungen sind stärker von regionalen und sektoralen Faktoren beeinflusst. Die Übertragung auf Basis der Pro-Kopf-Werte erscheint hier dennoch sinnvoll, da die Ergebnisse der französischen Studie maßgeblich vom Gebäudesektor geprägt sind und andere Bereiche nicht in die Hochrechnung einbezogen wurden.

Tabelle 2: Übersicht sektoraler Anpassungskosten in Frankreich und Übertragung auf Deutschland, basierend auf Depoues et al. 2024

Sektor	Maßnahmentyp	Kostenschätzung Frankreich (EUR pro Jahr)	Hochrechnung Kosten Deutschland (EUR pro Jahr)
Gebäude	Anpassung an Hitze Neubauten	1 bis 2,5 Mrd. EUR	1,22 bis 3,24 Mrd. EUR
Gebäude	Anpassung an Hitze im Gebäudebestand	4,4 Mrd. EUR	5,37 Mrd. EUR
Gebäude	Organisatorische Maßnahmen ² zur Anpassung an Hitze	31 Mio. EUR	38 Mio. EUR
Gebäude	Organisatorische Maßnahmen zur Anpassung an Hochwasser	125 Mio. EUR	153 Mio. EUR
Verkehr	Anpassung der Schienen- und Straßeninfrastruktur	Keine verwertbare Angabe („hunderte Mio. oder sogar Mrd.“)	Keine Übertragung vorgenommen
Verkehr	Organisatorische Maßnahmen	Mehrere zehn Mio. EUR pro Jahr	Keine Übertragung vorgenommen
Landwirtschaftliche Pflanzenproduktion	Technologische Anpassungsmaßnahmen	1,5 Mrd. EUR	1,83 Mrd. EUR
Summe			8,6 Mrd. bis 10,6 Mrd. EUR

² Organisatorische Maßnahmen Beispiel Hitze: Maßnahmenpaket zur Wissensvermittlung und Stakeholder-Einbindung, Forschung und Erprobung bestehender Lösungen

Da für den Verkehrssektor in der Studie keine konkreten verwertbaren Zahlen angegeben wurden, erfolgte hier keine Verrechnung auf Deutschland. Die Übertragung der Ergebnisse für die beiden anderen Sektoren zeigt, dass sich ein jährlicher Investitionsbedarf für Klimaanpassungsmaßnahmen in Höhe von etwa 8,6 bis 10,6 Mrd. EUR ergibt. Besonders hervorzuheben ist dabei der hohe Anpassungsbedarf im Gebäudebestand, insbesondere im Hinblick auf den Schutz vor zunehmender Hitze. Diese Zahlen verdeutlichen, dass substanzielle und kontinuierliche Investitionen erforderlich sind, um die Widerstandsfähigkeit zentraler Infrastrukturen und Sektoren gegenüber den Folgen des Klimawandels langfristig zu sichern.

2.2.1.1.2 Kostenschätzung der Initiative BaumEntscheid

Die zivilgesellschaftliche Initiative BaumEntscheid hat einen Gesetzentwurf für das Land Berlin erarbeitet, der eine umfassende Begrünung der Stadt vorsieht, das BäumePlus-Gesetz. Ziel dieses Gesetzes ist es, Berlin bis 2040 hitzeresilient und klimaangepasst zu machen. Es sieht unter anderem vor, dass neue Straßenbäume gepflanzt werden, zahlreiche Grünflächen entstehen und Regenwasser effizient genutzt wird (Initiative Volksentscheid Baum et al. 2024). Für die im Gesetz enthaltenen Maßnahmen legt die Initiative eine Kostenschätzung vor. Laut dieser Schätzung belaufen sich die Gesamtkosten auf 7,2 Mrd. EUR, was etwa 500 Mio. EUR pro Jahr entspricht (Initiative Volksentscheid Baum et al. 2024). Hochgerechnet ergibt dies jährliche Pro-Kopf-Kosten von ca. 130 EUR. Zur Veranschaulichung möglicher Kostenordnungen für urbane Klimaanpassungsmaßnahmen wurde dieser Wert auf die fünf größten deutschen Städte übertragen:

Tabelle 3: Hochrechnung von Anpassungskosten für deutsche Metropolen basierend auf Pro-Kopf Kostenschätzung

Stadt	Einwohnerzahl (2022)	Jährliche Kosten geschätzt
Berlin	3 755 251	ca. 488 Mio. EUR
Hamburg	1 892 122	ca. 246 Mio. EUR
München	1 512 491	ca. 197 Mio. EUR
Köln	1 084 831	ca. 141 Mio. EUR
Frankfurt a. M.	773 068	ca. 100 Mio. EUR

Die Berechnungen beruhen auf einer pauschalen Pro-Kopf-Kostenannahme aus Berlin. Sie berücksichtigen weder lokale Unterschiede in Flächenverfügbarkeit, Baumarten, Pflege- und Instandhaltungskosten noch Synergieeffekte mit bestehenden Programmen. Darüber hinaus hängen die Begrünungskosten wesentlich stärker von der Stadtstruktur und dem Versiegelungsgrad als von der reinen Einwohnerzahl ab. Die Aussagekraft einer Pro-Kopf-Hochrechnung ist daher begrenzt und kann Unterschiede in den Stadtstrukturen nicht abbilden. Aus diesem Grund wurde die Hochrechnung ausschließlich auf andere urbane Räume und nicht auf die Gesamtbevölkerung in Deutschland angewendet. Die Zahlen sind daher nicht als exakte Budgetvorgaben zu verstehen, sondern dienen lediglich der Illustration der Größenordnung potenzieller Investitionen in deutschen Metropolen.

2.2.1.1.3 Schätzungen für einzelne Sektoren

Einen wichtigen Orientierungsrahmen für die sektorale Betrachtung liefert eine umfassende Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK 2023). Sie analysiert sowohl die bisherigen Kosten der Klimawandelfolgen als auch den zukünftigen Investitionsbedarf für Anpassungsmaßnahmen an Extremwetterereignisse in Deutschland. Es handelt sich dabei um eine eigenständige Studie, deren sektorale Kostenschätzungen nicht explizit in den zuvor genannten Gesamtkosten enthalten sind. Die ausgewiesenen Kosten umfassen sowohl Investitionen, die im öffentlichen Bereich (Bund und Kommunen) als auch im privaten Sektor anfallen. Eine kurze Erläuterung der jeweiligen Zuordnung erfolgt in den folgenden Abschnitten.

Für die zukünftigen Investitionen in Anpassungsmaßnahmen wird für den Zeitraum 2022 bis 2050 ein kumulierter Bedarf von rund 190 Mrd. EUR ausgewiesen. Besonders hohe Investitionen werden im Baugewerbe (69 Mrd. EUR), in der Landwirtschaft (24 Mrd. EUR), in der Wasserversorgung (16 Mrd. EUR) sowie in der Abwasser- und Abfallwirtschaft (16 Mrd. EUR) veranschlagt. Weitere relevante Sektoren sind Forschung und Entwicklung, Architektur- und Ingenieurbüros, öffentliche Verwaltung, Forstwirtschaft, Maschinenbau, die Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren sowie sonstige Wirtschaftszweige.

Die methodische Grundlage der Studie bildet das makroökonomische Modell PANTA RHEI, das sektorale und gesamtwirtschaftliche Effekte auf Basis von Szenarien quantitativ analysiert. Die Modellierung kombiniert Literaturwerte, Expertenschätzungen und die Auswertung vergangener Investitionen. Die Ergebnisse sind als konservative Untergrenzen zu interpretieren, da zahlreiche indirekte und schwer quantifizierbare Effekte – wie etwa langfristige Folgekosten oder Wechselwirkungen zwischen Sektoren – nicht vollständig abgebildet werden können.

Die sektorale Differenzierung der Investitionsbedarfe zeigt, dass insbesondere der Gebäudesektor vor erheblichen Herausforderungen steht. Die Studie weist das Baugewerbe als einen der Bereiche mit dem höchsten Anpassungsbedarf aus. Eine vertiefende Analyse der erforderlichen Investitionen im Gebäudesektor bietet eine aktuelle Studie im Auftrag der Branchenverbände (vgl. Abschnitt 2.2.1.1.3.1) sowie eine spezifische Detailanalyse im Rahmen dieses Berichts (vgl. Abschnitt 2.3.1).

2.2.1.1.3.1 Gebäudesektor und Bauwirtschaft

Die Klimaanpassung im Gebäudesektor ist zentral für die Zukunftssicherheit und Resilienz der deutschen Bauwirtschaft. Eine aktuelle Studie im Auftrag der Branchenverbände geht davon aus, dass für die Anpassung von Gebäuden an klimawandelbedingte Risiken – wie Hitze, Starkregen, Hochwasser, Sturm und Hagel – bis zum Jahr 2035 ein Investitionsbedarf von 137 Mrd. EUR im Szenario eines leichten Klimawandels entsteht (Sander et al. 2025). Im Szenario eines stärkeren Klimawandels steigt der Bedarf auf 237 Mrd. EUR. Das entspricht einem jährlichen Investitionsbedarf von 12,5 bis 21,5 Mrd. EUR, je nach Entwicklung der Klimarisiken.

Bemerkenswert ist, dass der Großteil der Investitionen (ca. 86 %) auf die Nachrüstung des bestehenden Gebäudebestands entfällt, während der Neubau nur einen vergleichsweise kleinen Anteil ausmacht. Die Anpassung an Starkregenereignisse und Hitzeperioden stellt dabei die größten Kostenblöcke dar (z. B. 65 Mrd. EUR für Starkregen, 44 Mrd. EUR für Hitze im leichten Szenario). Die Studie basiert auf einer detaillierten Modellierung, einer umfassenden Literatur- und Marktanalyse sowie Expertenworkshops. Sie betrachtet sowohl Einfamilienhäuser, Mehrfamilienhäuser als auch Nichtwohngebäude und differenziert nach verschiedenen Klimasignalen.

Die Studie zeigt zudem, dass die Umsetzung der Anpassungsmaßnahmen erhebliche personelle Ressourcen erfordert: Im leichten Klimawandelszenario werden bis 2035 jährlich rund 7.700 zusätzliche Vollzeitäquivalente benötigt, im starken Szenario sogar mehr als doppelt so viele. Die Transformation des Gebäudesektors hin zu mehr Klimaanpassung ist damit nicht nur eine technische, sondern auch eine arbeitsmarkt- und strukturpolitische Herausforderung.

2.2.1.1.3.2 Wasserwirtschaft

Neben dem Gebäudesektor zählt die Wasserversorgung und Abwasserentsorgung zu den Schlüsselbereichen der Klimaanpassung in Deutschland. Die Anpassung der wasserwirtschaftlichen Infrastruktur ist essenziell, um Versorgungssicherheit und Umweltstandards auch unter sich verändernden klimatischen Bedingungen zu gewährleisten. Die Modernisierung und Anpassung der Wasserversorgungs- und Abwasserinfrastruktur stellt einen signifikanten Investitionsposten im Bereich Klimaanpassung dar. Nach einer aktuellen Studie im Auftrag des Verbands kommunaler Unternehmen

(VKU) liegt der allgemeine Investitionsbedarf dieses Sektors für den Zeitraum 2025 bis 2044 bei rund 800 Mrd. EUR, was einem durchschnittlichen Jahresbedarf von 40 Mrd. EUR entspricht (VKU 2025). Diese Zahl umfasst sowohl den Erhalt und die Erneuerung der bestehenden Infrastruktur als auch die notwendigen Anpassungen an veränderte klimatische Bedingungen.

Aus den Rückmeldungen der Wasserwirtschaft und den Analysen der Studie ergibt sich, dass im Mittel etwa 10 bis 15 % der Investitionssumme explizit auf Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel entfällt. Das entspricht – konservativ gerechnet – 80 bis 120 Mrd. EUR bis 2044 beziehungsweise etwa 4 bis 6 Mrd. EUR pro Jahr. Die Abgrenzung des Anteils, der direkt auf Klimawandelanpassung zurückzuführen ist, ist in der Praxis jedoch schwierig, da bei jeder Erneuerung bereits die erwarteten Klimawandelfolgen mit eingeplant werden und Leitungsbauprojekte für viele Jahrzehnte ausgelegt sind.

Die Studie erfasst dabei vor allem die inkrementelle Anpassung bestehender Systeme – also die zusätzlichen Investitionen, die notwendig sind, um die Kernaufgaben der Trinkwasser- und Abwasserentsorgung auch unter veränderten klimatischen Bedingungen zu erfüllen. Transformative oder großskalige Infrastrukturprojekte (wie neue Fernleitungen oder Meerwasserentsalzung) sind in der Schätzung noch nicht enthalten. Die Bedarfe variieren zudem regional stark, abhängig von Wasserressourcen, Nachfrageentwicklung und den lokalen Auswirkungen des Klimawandels.

Die Klimaanpassungskosten im Wassersektor machen einen relevanten, aber keineswegs dominierenden Anteil der gesamten Investitionsbedarfe aus. Gleichzeitig verdeutlichen die Zahlen, dass die Finanzierung dieser Maßnahmen – angesichts steigender Kosten und begrenzter Gebührentragfähigkeit – eine zentrale gesellschaftliche und politische Aufgabe ist.

2.2.1.1.3.3 Forstwirtschaft

Die Forstwirtschaft in Deutschland ist in den letzten Jahren besonders stark von Extremwetterereignissen betroffen gewesen. Sturm, Dürre und Borkenkäfer verursachten allein in den Jahren 2018 bis 2020 wirtschaftliche Schäden von rund 13 Mrd. EUR (Deutscher Forstwirtschaftsrat 2021). Diese Summe umfasst Mindererlöse und Mehrkosten durch Kalamitätseinschlag, Hiebsunreife-Verluste, Wertzuwachsverluste, nicht absetzbares Schadholz sowie die Mehrkosten für Verwaltung und insbesondere für die Wiederbewaldung der Schadflächen. Das Schadholzaufkommen lag in diesem Zeitraum bei etwa 177 Mio. Kubikmetern, und es entstand eine wiederzubewaldende Schadfläche von 284.500 Hektar.

Die reinen Mehrkosten für die Wiederbewaldung der Kalamitätsflächen werden für diese drei Jahre auf rund 1,36 Mrd. EUR geschätzt – das entspricht etwa 450 Mio. EUR pro Jahr. Nach Einschätzung des Deutschen Forstwirtschaftsrats werden Mittel in dieser Größenordnung jedoch nicht nur kurzfristig, sondern jährlich benötigt, um den Wald zu erhalten und langfristig an den Klimawandel anzupassen. Dabei ist zu beachten, dass nicht alle Schäden und der damit verbundene Investitionsbedarf im öffentlichen Sektor entstehen, sondern ein erheblicher Teil auch von privaten WaldeigentümerInnen getragen werden muss.

Die bislang bereitgestellten Soforthilfeprogramme von Bund und Ländern belaufen sich auf rund 1,6 Mrd. EUR. Bei einem jährlichen Mindestbedarf von 450 Mio. EUR reicht diese Summe für etwa dreieinhalb Jahre – allerdings nur unter der Annahme, dass sämtliche Schäden und damit verbundene Investitionsbedarfe im öffentlichen Bereich entstehen und auch vollständig durch öffentliche Mittel gedeckt werden

Für den Zeitraum bis 2030 – also die kommenden sieben Jahre – ergibt sich daraus ein zusätzlicher Finanzierungsbedarf von rund 1,55 Mrd. EUR, um allein den Mindestbedarf für die Wiederbewaldung zu decken, sofern alle Kosten öffentlich getragen würden. Diese Summe stellt eine konservative

Untergrenze dar, da darüberhinausgehende Maßnahmen wie der Umbau zu klimaresilienteren Mischwäldern, Prävention, Forschung und Beratung noch nicht berücksichtigt sind.

Insbesondere der Privatwald, der rund die Hälfte der Waldfläche in Deutschland ausmacht, ist aufgrund seiner kleinteiligen Struktur besonders betroffen und auf zusätzliche Unterstützung angewiesen. Die Studie macht deutlich, dass die Anpassung des Waldes an den Klimawandel eine langfristige, generationenübergreifende Aufgabe ist, die – gemessen an den Gesamtkosten und den finanziellen Möglichkeiten der Forstbetriebe – dauerhaft gesellschaftliche und politische Unterstützung erfordert. Aus den genannten Zahlen wird allerdings nicht unmittelbar deutlich, welchen Anteil die Schäden an Umsatz oder Gewinnen der Forstwirtschaft ausmachen.

2.2.1.1.3.4 Administrative Kosten der Umsetzung des Klimaanpassungsgesetzes des Bundes (KAnG)

Neben den Investitionsbedarfen für konkrete Klimaanpassungsmaßnahmen ist auch der administrative Aufwand zu berücksichtigen, der mit der Umsetzung des Bundes-Klimaanpassungsgesetzes (KAnG) auf verschiedenen Ebenen verbunden ist. Im Haushalt des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) sind hierfür explizite Mittel vorgesehen, die ausschließlich für die Erfüllung der gesetzlichen Vorgaben benötigt werden. Dazu zählen insbesondere der Personalaufwand bei Bund, Ländern und Kommunen sowie die Kosten für die Erstellung von Klimaanpassungskonzepten, Klimarisikoplanungen, Monitoring, Berichtswesen und die Entwicklung von Strategien und Indikatoren.

Die jährlichen administrativen Kosten werden für den Bund auf etwa 2,75 Mio. EUR und für die Länder auf 830.000 bis 1,67 Mio. EUR geschätzt (BMUV 2023b). Hinzu kommen einmalige Kosten zwischen 66 Mio. und 1,9 Mrd. EUR auf Länderebene, abhängig von der konkreten Ausgestaltung. Besonders hervorzuheben sind die einmaligen Kosten für die Erstellung von Klimaanpassungskonzepten auf kommunaler Ebene. Unter der Annahme von durchschnittlich 100.000 EUR pro Konzept ergibt sich – je nach Anzahl der zu erstellenden Konzepte – ein Gesamtbedarf von bis zu 956 Mio. EUR; bei einer Verdopplung des Ansatzes auf 200.000 EUR pro Konzept verdoppelt sich entsprechend auch der Finanzierungsbedarf. Diese Ausgaben umfassen ausschließlich den administrativen Aufwand – Investitionen in konkrete Maßnahmen, wie etwa Hochwasserschutz oder Stadtgrün, sind darin nicht enthalten.

Diese administrativen Ausgaben sind eine notwendige Voraussetzung, um eine strategische, datenbasierte und koordinierte Klimaanpassungspolitik auf allen staatlichen Ebenen zu ermöglichen. Erst auf Grundlage dieser Konzepte und Verwaltungsstrukturen können in einem zweiten Schritt konkrete Anpassungsmaßnahmen geplant, finanziert und umgesetzt werden.

2.2.2 Top-Down-Analyse

Im Gegensatz zur oben beschriebenen Bottom-Up-Analyse werden Finanzierungsbedarfe bei der hier verwendeten Top-Down-Analyse nicht direkt erhoben, sondern basierend auf verschiedenen Modellierungsansätzen abgeschätzt. Aus diesen Top-Down-Studien ergeben sich Finanzierungsbedarfe daher nur indirekt: einerseits können die volkswirtschaftlichen Kosten der Klimawandelfolgen (BIP-Verluste) als Näherungsgröße für den Finanzierungsbedarf herangezogen. Andererseits kann die Gegenüberstellung von Anpassungskosten zu damit vermiedenen volkswirtschaftlichen Schäden genutzt werden, um kosteneffiziente Anpassungsoptionen zu identifizieren. Top-Down-Ansätze reichen von sektoralen bis zu gesamtwirtschaftlichen Methoden, die verschiedene Ansätze integrieren und komplexe Wechselwirkungen simulieren. Je nach Modelltyp ergeben sich so unterschiedliche Detaillierungsgrade und Erkenntnisse zur Höhe der volkswirtschaftlichen Klimaschäden. Deshalb erfolgt in Abschnitt 2.2.2.1 zunächst eine Darstellung der unterschiedlichen Modellierungsansätze zur

Quantifizierung von Klimawandelfolgen und Anpassung in Abschnitt 2.2.2.1.2, gefolgt von einer Darstellung der methodischen Herangehensweise, wie die Ergebnisse aus den verfügbaren Studien synthetisiert wurden, in Abschnitt 2.2.2.1.3. Die Ergebnisse der Auswertung werden dann in den Abschnitten 2.2.2.2 (Folgekosten) und 2.2.2.3 (Anpassungskosten) dargestellt.

2.2.2.1 Überblick über bestehende Modellierungsansätze zur Bewertung der Auswirkungen des Klimawandels und der Anpassung an den Klimawandel

Klimawandel verursacht ein breites Spektrum an wirtschaftlichen und sozialen Kosten. Diese Kosten umfassen sowohl direkte als auch indirekte Kosten, die sich aus physischen Schäden (z. B. Überschwemmungen, Hitzeschäden, Ernteverluste) oder daraus resultierenden Folgewirkungen (z. B. Produktionsausfälle, Lieferkettenstörungen, Ausfall kritischer Infrastrukturen) ergeben (Kousky 2014). Teilweise können diese Schäden marktbezogen sein, was bedeutet, dass sie mit beobachtbaren Preisen bewertet werden können, oder sie sind nicht-marktbezogen (z. B. Verlust von Lebensqualität, Ökosystemleistungen), was die Bewertung ungleich schwieriger, aber nicht unwichtiger macht (Boyd und Markandya 2021). Im Unterschied zu direkten Kosten erstrecken sich indirekte Kosten häufig über längere Zeiträume und wirken sich auf ein größeres geografisches Gebiet aus als der unmittelbare Ort der physischen Klimaschäden (Hallegatte et al. 2013).

Durch wirtschaftliche Verflechtungen führen die direkten und indirekten Marktschäden auch zu Rückwirkungen in der gesamten Volkswirtschaft und darüber hinaus. Wenn diese Effekte groß genug sind, können gesamtwirtschaftliche Indikatoren wie BIP, Beschäftigung oder Inflation betroffen sein. Allerdings können aggregierte Kennziffern wie das BIP die oft erheblichen Verteilungsprobleme, die im Zusammenhang mit Klimawandel auftreten, nicht abbilden. Auch können lokale Verluste national statistisch kaum sichtbar sein, für Betroffene jedoch gravierend ausfallen. Letztlich sollten Wohlfahrtsverluste als grundlegende Entscheidungsvariable berücksichtigt werden. Diese sind allerdings schwer messbar. Das BIP dient hier als unvollkommener Proxy, da es nicht den Konsumverlust oder den Rückgang des individuellen Nutzens (Konsumentenrente) vollständig erfasst – und weil es in manchen Fällen durch Reparaturinvestitionen sogar steigen kann, obwohl die Lebensqualität sinkt. Deshalb wird der Konsumrückgang oft als geeignetere Annäherung an Wohlfahrtsverluste betrachtet.

2.2.2.1.1 Auswirkungen des Klimawandels in Modellierungsansätzen

Grob können drei Ansätze unterschieden werden, um oben beschriebene Kostenarten zu erfassen bzw. zu modellieren. Der erste Ansatz umfasst prozess-basierte oder biophysikalische Modelle. Biophysikalische Modelle sind Modelle, die physikalische, chemische und biologische Prozesse in natürlichen oder genutzten Ökosystemen quantitativ abbilden, insbesondere um die Auswirkungen des Klimawandels auf z. B. Pflanzenwachstum, Bodenfunktionen und Wasserhaushalt zu bewerten. Im Vergleich zu rein ökonomischen oder sozialwissenschaftlichen Ansätzen liefern biophysikalische Modelle die naturwissenschaftliche Grundlage für Szenarien der Klimafolgen: Zum Beispiel können sie berechnen, wie sich eine Änderung der Temperatur oder eine Dürreperiode auf die Biomasseproduktion, Bodenerosion oder die Ausbreitung von Schädlingen auswirkt. Damit die Ergebnisse dieser biophysikalischen Simulationen als Input für wirtschaftliche oder integrierte Modelle verwendet und ihre makroökonomischen Folgen bewerten werden können, erfolgt eine monetäre Bewertung der jeweiligen Schäden. Je nach betrachtetem Sektor kann dafür ein statistischer Ansatz herangezogen werden (zum Beispiel Value of Statistical Life zur Bewertung vorzeitiger Todesfälle) oder die Bewertung erfolgt anhand eines Partialgleichgewichtsmodells, das bereits die physikalischen Größen mit einem Teil der Wirtschaft koppelt. Einzelne sektorale Klimawirkungen können dann zusammengezählt werden, um den gesamten wirtschaftlichen Gesamtschaden zu berechnen. Hierbei gibt es keine Wechselwirkungen zwischen den Sektoren.

Der zweite Ansatz basiert auf statistischen bzw. ökonometrischen Methoden, um Klima-Wirtschafts-Zusammenhänge auf gesamtwirtschaftlicher Ebene abzuschätzen. Dabei wird anhand historischer Daten und Zeitreihen analysiert, wie sich Klimavariablen – beispielsweise Temperaturveränderungen, Niederschlagsmuster oder Extremwetterhäufigkeit – auf gesamtwirtschaftliche Indikatoren wie das BIP auswirken. Typische Verfahren sind Regressionsanalysen, Paneldatenmodelle oder ökonometrische Zeitreihenmodelle, die den Einfluss klimatischer Faktoren isolieren, indem sie andere Einflussgrößen wie Bevölkerungswachstum, Kapitalstock oder technologische Entwicklung kontrollieren. So kann etwa untersucht werden, wie ein Anstieg der Durchschnittstemperatur um ein Grad Celsius statistisch mit Veränderungen der jährlichen Wachstumsrate des BIP korreliert. Die wirtschaftlichen Effekte des Klimawandels werden auf diese Weise für die gesamte Volkswirtschaft quantifiziert, ohne zuvor einzelne Sektoren separat zu modellieren. Dieser Ansatz greift daher auf beobachtete historische Zusammenhänge zurück, um Projektionen für die Zukunft zu erstellen.

Im dritten Ansatz werden Informationen aus einem oder beiden der ersten beiden Ansätze kombiniert und in einem makroökonomischen Modell simuliert. Dabei können mehrere Sektoren gleichzeitig betrachtet werden, wodurch wirtschaftliche Rückkopplungen und die langfristigen Klimawirkungen auf die gesamte Volkswirtschaft berücksichtigt werden. Durch die Abbildung komplexer Wechselwirkungen und Strukturveränderungen ermöglicht dieser Ansatz eine umfassende Abschätzung der ökonomischen Gesamtschäden des Klimawandels. Typische Beispiele für solche Modelle sind Computable General Equilibrium (CGE)-Modelle, multi-regionale Input-Output (MRIO)-Modelle sowie Integrated Assessment Modelle (IAMs). Im Vergleich zu IAMs wie DICE oder PAGE, die den integrierten Zusammenhang zwischen Klimaeffekten und wirtschaftlicher Entwicklung auf globaler Ebene über lange Zeiträume simulieren, sind CGE- und MRIO-Modelle räumlich und sektoral höher aufgelöst und somit besser geeignet, Klimawandelfolgen und Anpassung für einzelne Länder und Regionen zu untersuchen. Abbildung 1 stellt dar, wie Klimawandelfolgen in CGE- und MRIO-Modellen abgebildet werden können.

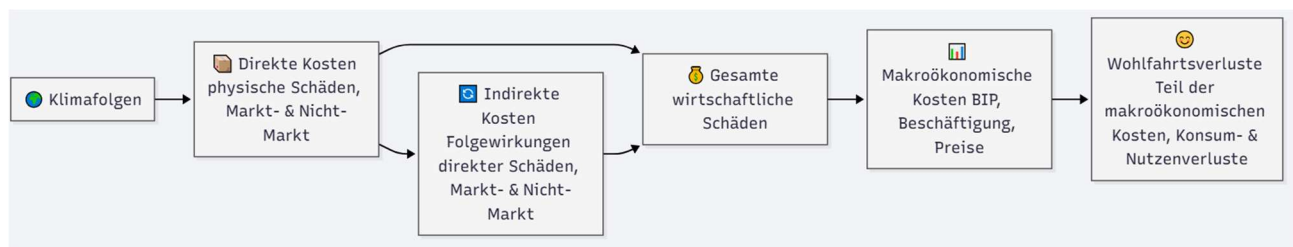


Abbildung 1: Modellierungsschritte in makroökonomischen Modellen, insbesondere CGE- und MRIO-Modellen

Die ökonomische Bewertung von Klimaschäden stellt eine große methodische Herausforderung dar, da die Wirkungen des Klimawandels komplex, sektorübergreifend und über lange Zeiträume verteilt sind. Jeder Ansatz hat seine Stärken und Schwächen. Prozessbasierte oder biophysikalische Modelle erfassen detailliert einzelne physische Schäden und übersetzen sie in monetäre Werte, vernachlässigen dabei jedoch oft sektorübergreifende Wechselwirkungen. Ökonometrische Top-down-Modelle basieren auf historischen Daten und statistischen Verfahren, um gesamtwirtschaftliche Klimaeffekte direkt abzuschätzen, bieten aber weniger Einblick in einzelne Schadensprozesse und sind auf vergangene Zusammenhänge angewiesen. Integrierte Modelle kombinieren Informationen aus beiden Ansätzen und simulieren komplexe wirtschaftliche Wechselwirkungen sowie langfristige Strukturveränderungen. Dadurch ermöglichen sie eine umfassende und ganzheitliche Abschätzung der wirtschaftlichen Klimafolgen, sind aber komplex und datenintensiv. Eine ausführliche Diskussion und Beschreibung der unterschiedlichen Ansätze mit ihren Limitationen und Einsatzbereichen kann in Piontek et al. (2021) nachgelesen werden.

Die meisten Modelle nutzen Kombinationen aus Klimaszenarien (Regional Concentration Pathways, RCPs) und sozioökonomischen Szenarien (Shared Socio-economic Pathways, SSPs), um die Effekte des

zukünftigen Klimawandels zu untersuchen. Üblicherweise werden Projektionen aus unterschiedlichen Klimamodellen (General Circulation Models, GCMs; meist regional heruntergebrochen durch Regional Climate Models, RCMs) verwendet, um den Unsicherheitsraum auszuleuchten. Diese unterschiedlichen Realisationen werden dann für unterschiedliche Zeiträume, beispielsweise jeweils eine Periode in der nahen Zukunft (um 2030), in der mittleren Zukunft (um 2050) und zu Ende des Jahrhunderts (2080 oder 2100), genauer untersucht. Die Effekte stellen somit durchschnittliche Veränderungen des Klimas (Durchschnitt über 20-30 Jahre) dar.

Zunehmend werden Endergebnisse für unterschiedliche Niveaus globaler Erwärmung (Global Warming Levels, GWL) dargestellt. Diese Überführung der Ergebnisse kann auf zwei unterschiedliche Arten erfolgen: Variante 1 nimmt das Niveau globaler Erwärmung zu Ende des Jahrhunderts, beispielsweise entspricht in dieser Herangehensweise RCP 2.6 einer globalen Erwärmung von etwas über 1.5°C in 2100, RCP4.5 einer globalen Erwärmung von etwas über 2°C in 2100, und RCP8.5 einer Erwärmung von 4°C in 2100. Anschließend werden alle Ergebnisse des jeweiligen RCP-Szenarios zu unterschiedlichen Zeitpunkten (z. B. 2030, 2050, 2080) dargestellt und alle Ergebnisse eines RCP-Szenarios demselben GWL zugeordnet. Der Vorteil dieses Ansatzes ist, dass die Zeitdimension erhalten bleibt, was für sozioökonomische Fragestellungen bedeutsam ist. Der Nachteil ist, dass die erreichte Erwärmung in den früheren Zeiträumen nicht dem GWL entspricht, sondern in der Regel niedriger ist. So kann es sein, dass Schadenskosten in einem 3°C-Szenario gleich hoch oder sogar niedriger sind als in einem 2°C oder 1.5°C Szenario. Variante 2 wertet jeden GCM-Lauf einzeln hinsichtlich der Frage aus, wann 1.5°C, 2°C oder 3°C global überschritten werden. Für dieses Jahr werden dann die Ergebnisse ausgewiesen. Somit werden für ein Erwärmungsniveau Ergebnisse aus unterschiedlichen RCPs und unterschiedlichen Jahren verglichen. Der Vorteil dieses Ansatzes ist es, dass die GWL exakt erreicht werden, der Nachteil, dass dies zu unterschiedlichen Zeitpunkten erfolgt und die Wirtschaftsstruktur (Bevölkerung, sektorale Zusammensetzung) durchaus sehr unterschiedlich sein kann und der Vergleich ökonomisch daher nur bedingt Sinn macht.

2.2.2.1.2 Klimawandelanpassung in Modellierungsansätzen

Obwohl bereits zahlreiche Studien die Folgen des Klimawandels quantifizieren, sind belastbare Bewertungen von Anpassungsmaßnahmen bislang vergleichsweise rar. Dabei können Anpassungsstrategien sehr unterschiedliche Formen annehmen und ihre Wirksamkeit ist stark vom jeweiligen Kontext und der Region abhängig. Die in Abschnitt 2.2.2.1.1 beschriebenen Modelle können unterschiedliche Anpassungsaktivitäten abbilden und somit ihr Schadensvermeidungspotential abschätzen. So können die direkten Kosten und Nutzen von Anpassung identifiziert werden. Die Abschätzung der volkswirtschaftlichen Rückwirkungen, die sich durch reduzierten Schaden und durch die Umsetzung von Anpassungshandlungen ergeben, bedürfen wiederum eines Modells, das die gesamte Volkswirtschaft abbildet und imstande ist, Anpassung zu modellieren.

Bei der modellgestützten Analyse von Anpassung, ist es zusätzlich wichtig zwischen zwei Anpassungsmechanismen zu unterscheiden. Das sind einerseits autonome Anpassungsprozesse, die oft auch als spontan und marktbasiert verstanden werden und tendenziell von privaten AkteurInnen unternommen werden und andererseits geplante Anpassungsaktivitäten, die gezielt und strategisch sind und tendenziell, aber nicht ausschließlich von öffentlichen AkteurInnen unternommen werden. Autonome Anpassungsprozesse können durch modellspezifische Parameter gesteuert werden, wodurch Anpassung implizit erleichtert wird, z. B. können ProduzentInnen oder KonsumentInnen durch höhere Substitutionselastizitäten besser zwischen unterschiedlichen Inputfaktoren oder Konsumgütern abtauschen, wenn Klimawandelfolgen bestimmte Faktoren oder Güter teurer machen, andere aber nicht. Geplante Anpassungsprozesse bedürfen der expliziten Modellierung mittels Implementierung exogener Daten hinsichtlich der Kosten sowie der direkten Schadensreduktion durch Anpassung. Das bedeutet, dass bereits Daten zu sowohl den Umsetzungskosten als auch den Benefits von Anpassung bekannt sein müssen, um die volkswirtschaftlichen Effekte abschätzen zu können.

Der Anpassungsgrad wird in der modellgestützten Analyse entweder endogen bestimmt oder exogen vorgegeben. Die endogene Bestimmung baut meist auf Kosten-Nutzen-Analysen auf: wenn die Relation von Anpassungsnutzen (vermiedene Schäden) zu Anpassungskosten (Investitionen, Instandhaltungskosten) größer 1 ist, so ist die Maßnahme kosteneffizient und wird in der makroökonomischen Analyse auf ihre sektorübergreifenden Wirkungen untersucht. In manchen, meist sektoralen Modellen wird auch die Summe aus Anpassungskosten (Investitionen) und Residualschäden (Schäden unter Berücksichtigung von Anpassung) minimiert und somit das kosteneffiziente Niveau von Anpassung bestimmt.

Alternativ wird der Anpassungsgrad in den Modellen exogen vorgegeben, indem beispielsweise vorgegeben wird, dass das momentane Anpassungsziel, beispielsweise Schutz vor einem 100-jährigen Überflutungsereignis, auch in Zukunft aufrechterhalten wird. Kommt es in Szenarien zu einer Ausdehnung der Besiedelung, wird dieser Standard auch auf dieses Gebiet angewandt. Auch ein höheres Erwärmungsszenario verändert in diesen Modellen den erforderlichen Anpassungsgrad. Einige Modelle dynamisieren auch das Anpassungsziel auf Basis beobachteter Zunahmen im Schutzniveau als Folge der Zunahme des Pro-Kopf-Einkommens oder der exponierten Bevölkerung. Welche der beiden Zugänge – exogene oder endogene Bestimmung des Anpassungsgrads – vorzuziehen ist, ist bis zu einem gewissen Grad Geschmacksfrage.

Trotz der wachsenden Relevanz von Klimaanpassung bleibt die Forschung zu Anpassung im Rahmen von makroökonomischen Modellen deutlich hinter den Erfordernissen zurück. Wei und Aaheim (2023) zeigen, dass bislang nur 97 Studien weltweit Anpassungsmaßnahmen mit CGE-Modellen analysieren. Von diesen berücksichtigen lediglich 37 explizit geplante Anpassung, und europäische Länder sind nur vereinzelt Gegenstand der Untersuchung – Deutschland bleibt dabei vollständig unbeachtet. Diese Zahlen verdeutlichen, wie groß die wissenschaftliche Lücke gerade für Volkswirtschaften und deren Anpassungsstrategien weiterhin ist. Seither sind allerdings zwei Studien in Deutschland unternommen worden, die wir in Abschnitt 2.2.2.3.2 diskutieren.

2.2.2.1.3 Herangehensweise: Synthese unterschiedlicher Ergebnisse

Die Auswahl der ausgewerteten Studien basiert auf dem 6. Sachstandsbericht des IPCC, Arbeitsgruppe II, Kapitel 13 (Bednar-Friedl et al. 2022), insbesondere den Figure 13.33 zugrunde liegenden Studien zu den volkswirtschaftlichen Folgen des Klimawandels in Europa. Ergänzt wurde diese Datenbasis um Publikationen, die aus großen europäischen Studien seitdem in wissenschaftlichen Journalen oder als Publikationen des European Publications Office veröffentlicht wurden (z. B. die PESETA-Studien des Joint Research Center), und um Studien, die explizit für Deutschland durchgeführt und beispielsweise durch das Umweltbundesamt beauftragt wurden.

Um die Ergebnisse aus den verschiedenen Arbeiten vergleichbar zu machen, wurden Informationen zu Szenarien vereinheitlicht. Einerseits wurden die Zeiträume angeglichen: die Ergebnisse für die kurze Frist bis 2030 umfassen alle Ergebnisse für den Zeitraum 2020-2030; für die mittlere Frist (mittleres Jahrhundert um 2050) den Zeitraum 2040-2065; lange Frist (Ende des Jahrhunderts; bis 2100) den Zeitraum 2070-2100. Entsprechend den Informationen in den Publikationen wurden Ergebnisse, die in RCPs ausgewiesen wurden, je nach Ergebnisverfügbarkeit entsprechend Variante 1 oder Variante 2 in GWL umgerechnet. Sofern Informationen zu Überschreitungszeitpunkten vorlagen, wurde diese Information ebenfalls genutzt, um Zeitperioden zu spezifizieren.

Die primäre ökonomische Vergleichsgröße sind Schadenskosten ausgedrückt in Prozent-Reduktionen des BIP oder der Wohlfahrt, wobei Wohlfahrtseffekte neben sektoralen Effekten auch nicht-marktliche Effekte wie Mortalität berücksichtigen können. In den meisten Studien wird ein Delta-Ansatz verfolgt, d. h. die Effekte werden relativ zu einem Baseline-Szenario ohne Klimawandel berechnet. Der Vorteil dieses Ansatzes ist, dass Ergebnisse aus Modellrechnungen mit unterschiedlichen Basisjahren

verglichen werden können und dass eine Umrechnung des Basisjahrs (Valorisierung) nicht erforderlich ist. Ein weiterer Vorteil ist, dass Ergebnisse aus unterschiedlichen Studien auch bei abweichenden Baseline-Entwicklungen, z. B. zur Entwicklung des CO₂-Preises oder demographische und strukturelle Veränderungen, vergleichbar bleiben.

Die Sammlung relevanter Literatur, die ökonomische Kosten für Klimawandelfolgen für Deutschland oder eine größere Region, die Deutschland inkludiert, umfasst 23 peer-reviewte Artikel bzw. Berichte, die insgesamt über 380 Werte zu unterschiedlichen Zeiträumen und Erwärmungsniveaus liefern. Diese Abschätzungen sind auf über 14 klimabedingte Schadenskategorien (Sektoren) verteilt und die Modellierungen berücksichtigen unterschiedliche Klimaszenarien sowie sozioökonomische Entwicklungen. Für eine bessere Vergleichbarkeit zeigt Tabelle 4 die Verteilung der Ergebnisse auf drei Erwärmungsniveaus und Tabelle 5 auf drei Betrachtungszeiträume. 317 der ausgewerteten Datenpunkte sind Schadenskosten ohne Anpassung, 66 Datenpunkte sind mit Anpassung. Der überwiegende Anteil der Datenpunkte (346) ist mittels CGE-Modellen generiert, gefolgt von MRIO-Modellen (29) sowie ökonometrischen Studien (10). Die größere Anzahl verfügbarer Datenpunkte aus CGE-Modellen resultiert nicht nur aus der höheren Anzahl an Publikationen, sondern auch aus der typischerweise größeren Vielfalt an Szenariokombinationen, die in CGE-Studien analysiert werden.

Tabelle 4: Übersicht ausgewertete Literatur nach Global Warming Level (GWL): Anzahl der Datenpunkte sowie Anzahl der Literaturquellen

Sektor	Datenpunkte je GWL			Anzahl der Quellen
	1.5°C	2°C	3°C	
Schäden an Infrastruktur durch Binnenhochwasser	15	38	26	6
Schäden an Infrastruktur durch Küstenüberflutung	11	19	27	8
Schäden im Transportsektor	10	10	10	2
Veränderung der Arbeitsproduktivität	10	9	35	7
Veränderung der Sterblichkeit durch Hitze	1	1	3	3
Veränderung der Energieversorgung	9	9	9	3
Veränderung des Energiebedarfs	6	7	8	3
Veränderung der landwirtschaftlichen Erträge	7	8	10	5
Veränderung forstwirtschaftlicher Erträge	6	6	6	1
Veränderung der Fischereierträge	6	6	6	1
Schäden durch Wasserknappheit und Dürre	1	1	1	1
Extremwetterereignisse			3	2
Tourismus			1	1
Sektorübergreifende Schäden	11	13	18	8
Anzahl der Datenpunkte	93	127	163	

Insgesamt liegen am meisten Abschätzungen für Schäden an Infrastruktur durch Küstenüberflutung, sowie Veränderung der Arbeitsproduktivität, vor. An dritter Stelle folgen Abschätzungen sektorübergreifender Schäden, die eine Reihe an unterschiedlichen Klimawandelfolgen berücksichtigen bzw. auf aggregierten Schadensfunktionen beruhen. Hinsichtlich der drei Erwärmungsszenarien gibt es mehr Modellierungsergebnisse für stärkere Erwärmungsszenarien. Für die Mitte des Jahrhunderts liegen rund doppelt so viele Schätzungen vor wie für die kurze und lange Frist (Ende des Jahrhunderts), was auch daran liegt, dass die meisten makroökonomischen Studien weniger gut für die lange Frist geeignet sind.

Tabelle 5: Übersicht ausgewertete Literatur nach Betrachtungszeitraum (Anzahl der Datenpunkte je Zeitraum)

Sektor	Kurzfristig (2030)	Mittelfristig (2050)	Langfristig (2080)
Schäden an Infrastruktur durch Binnenhochwasser	9	62	8
Schäden an Infrastruktur durch Küstenüberflutung	16	30	11
Schäden im Transportsektor	12	12	6
Veränderung der Arbeitsproduktivität	13	23	18
Veränderung der Sterblichkeit durch Hitze	1		2
Veränderung der Energieversorgung	10	10	7
Veränderung des Energiebedarfs	6	8	7
Veränderung der landwirtschaftlichen Erträge	7	9	9
Veränderung forstwirtschaftlicher Erträge	6	6	6
Veränderung der Fischereierträge	6	6	6
Wirtschaftliche Schäden durch Wasserknappheit und Dürre	1	1	1
Extremwetterereignisse		3	
Tourismus			1
Sektorübergreifende Schäden	11	13	18
Anzahl der Datenpunkte	98	185	100

2.2.2.2 Identifizierte wirtschaftliche Kosten des Klimawandels für Deutschland

Die volkswirtschaftlichen Kosten des Klimawandels können am besten mittels der Studien zu sektorübergreifenden Schäden angenähert werden (Abbildung 2). Je nach Studien variieren die Schätzungen erheblich, aber sowohl der Median als auch die Ergebnisse innerhalb einer Studie steigen mit dem GWL an. Bei 1.5°C Erwärmung beträgt der mittlere Effekt BIP-Verluste von 0,11 % und diese steigen auf 0,25 % bei 2°C und auf 0,61 % bei 3°C Erwärmung an. Die Konfidenzintervalle sind jedoch sehr breit und eine makroökonomische Studie findet BIP-Verluste von 11 % (Kotz et al. 2024b)³. Ähnlich hohe Effekte liefert auch eine Modellvariante eines CGE-Modelllaufs mit hoher Investitionsmobilität, die zu BIP-Verlusten für Deutschland von bis zu 19 % führt, im Vergleich zu maximal 3,7 % bei niedriger Investitionsmobilität, was die Standardannahme in CGE-Modellen ist (Parrado et al. 2021). Eine viel diskutierte makroökonomische Studie projiziert BIP-Zunahmen von 63 % für Deutschland zu Ende des Jahrhunderts (Burke et al. 2015); diese Studie berücksichtigt jedoch nur die Wirkung von höheren Jahresmitteltemperaturen, nicht aber Änderungen in Niederschlägen und Extremereignissen und widerspricht den meisten Studien in der Effektrichtung vor allem aber auch in der Effektstärke, weshalb die Studie von der weiteren Analyse als Ausreißer ausgeschlossen wurde.

Zusammenfassend kann man drei Schlussfolgerungen zu den sektorübergreifenden Schäden ziehen:

1. Die Abschätzungen der volkswirtschaftlichen Schadenskosten durch den Klimawandel steigen mit dem Erwärmungsniveau und über die Zeit.
2. Die Abschätzungen umfassen nur einen Teil der für Deutschland identifizierten Wirkungsketten und Wirkungsdimensionen und sind deshalb als konservative Abschätzungen der tatsächlichen Folgekosten des Klimawandels zu verstehen.
3. Neuere Abschätzungen sind tendenziell höher als frühere Abschätzungen, weshalb Schadenskosten von zumindest 1 % des BIP (durchschnittliche jährliche BIP-Verluste) und Schadenskosten jenseits der 10 % des BIP dezidiert nicht ausgeschlossen werden können.

Sektorübergreifende Schäden

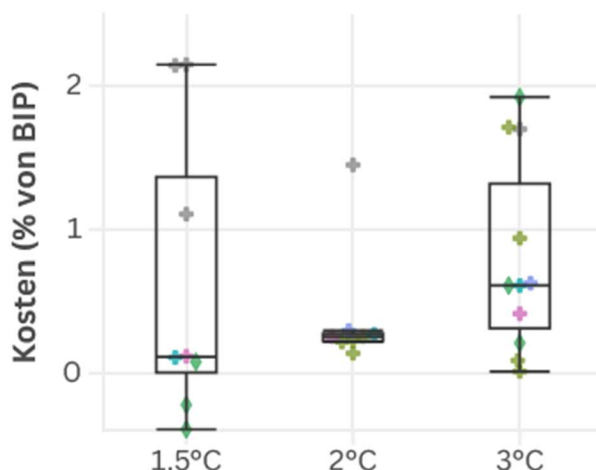


Abbildung 2: Sektorübergreifende Schäden als % des BIP nach Erwärmungsniveau (GWL)

Der Boxplot umfasst das 25 % und 75 % Perzentil. Online Link: <https://public.flourish.studio/visualisation/23898568/>; Berücksichtigte Quellen: Kahn et al. (2021); Szweczyk et al. (2020); Kompas et al. (2018); Parrado et al. (2021); Aaheim et al. (2017); Kotz et al. (2024b); Ciscar et al. (2018)

³ Schäden auf Länderebene als Medianwert werden von den AutorInnen hier bereitgestellt: pik-potsdam.de/~wenz/KotzLevermannWenz24_NAT_numbers.csv

Ein weiterer Grund, weshalb die sektorübergreifenden Schadenskosten vergleichsweise niedrig sind, liegt in den zugrundeliegenden sektoralen Schäden, deren volkswirtschaftlichen Effekte sich teilweise aufheben. So führen zwar Überflutungen an Küsten und Binnenhochwasser zu deutlichen BIP-Verlusten, genauso wie Verluste in der Arbeitsproduktivität sowie in abgeschwächter Form BIP-Verluste in der Energiebereitstellung und -versorgung und bei der Verkehrsinfrastruktur. Andererseits findet die Mehrzahl der Modellrechnungen BIP-Zunahmen in der Land- und Forstwirtschaft und Fischerei (Abbildung 6), zumindest unter Berücksichtigung von längeren Vegetationsperioden und höheren Temperaturen.

Im Folgenden werden nun die volkswirtschaftlichen Schäden je Schadensbereich (Sektor) genauer beschrieben. Im Vergleich zu den sektorübergreifenden Schäden ist der Trend über die Erwärmungsniveaus bei den sektoralen Schäden, insbesondere durch Überflutungen an Küsten und Binnenhochwasser (Abbildung 3), weniger eindeutig. Dies liegt einerseits daran, dass Niederschlags- und somit Überflutungsprojektionen mit größeren Unsicherheiten behaftet sind als Projektionen über den Temperaturanstieg. Andererseits ist das Schutzniveau gegenüber Hochwasser in Deutschland im Vergleich zu anderen europäischen Ländern als überdurchschnittlich hoch einzustufen. Drittens werden in diesen Modellrechnungen durchschnittliche jährliche Schäden berücksichtigt, nicht aber die Schäden beispielsweise eines Jahrhundertereignisses.

Bei der Veränderung des Energiebedarfs (Abbildung 4) spielen zwei gegenläufige Effekte eine Rolle: während zunächst der Effekt der Abnahme der Heizgradtage dominiert und somit der Energiebedarf sinkt, kommt es später bzw. bei einem höheren Erwärmungsgrad zu einer deutlichen Zunahme der Kühlgradtage und somit einer Zunahme des Energiebedarfs. Bei der Energiebereitstellung kommt es zu geringen BIP-Verlusten, die auf eine Abnahme des Wasserkraftpotenzials sowie die Variabilität in solarer Einstrahlung und Wind zurückzuführen sind.

Die Arbeitsproduktivität sinkt mit zunehmender Erwärmung, dies gilt zumindest innerhalb der jeweiligen Studien (Abbildung 5). Die Heterogenität hinsichtlich der Effektstärke ist jedoch zwischen den Studien hoch, weshalb der Median des BIP-Verlusts mit dem Erwärmungsgrad nicht eindeutig zunimmt. Für die hitzebedingte Übersterblichkeit kann auf Grund der wenigen vorliegenden makroökonomischen Abschätzungen die gleiche Schlussfolgerung gezogen werden, bedarf aber weiterer Absicherung durch zusätzliche Studien.

Unzureichende Studien für eine vergleichende Auswertung liegen für Schäden im Tourismus, durch Extremwetterereignisse sowie für wirtschaftliche Schäden durch Dürre vor. Hier bedarf es zusätzlicher Forschungsvorhaben.

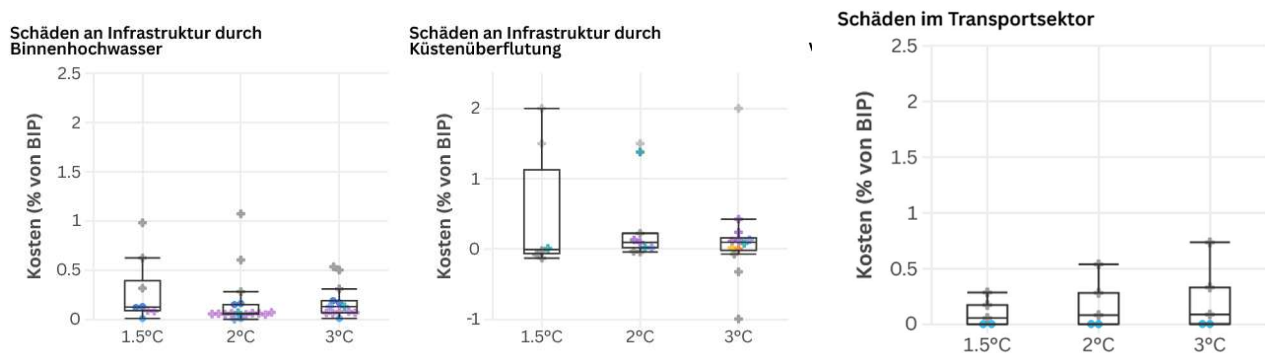


Abbildung 3: Sektorale Effekte durch Überflutungen als % des BIP nach Erwärmungsniveau (GWL)

Der Boxplot umfasst das 25 % und 75 % Perzentil. Online Link: <https://public.flourish.studio/visualisation/23898568/>
 Berücksichtigte Quellen: Binnenhochwasser: Ciscar et al. (2018); Dottori et al. (2023); Knittel et al. (2024); Koks et al. (2019); Parrado et al. (2021); Szweczyk et al. (2020); Küstenüberflutungen: Bachner et al. (2022); Ciscar et al. (2018); Dellink et al. (2019); Parrado et al. (2020); Pycroft et al. (2016); Roson und Sartori (2016); Szweczyk et al. (2020); Verkehrssektor: Parrado et al. (2021); Flaute et al. (2024)

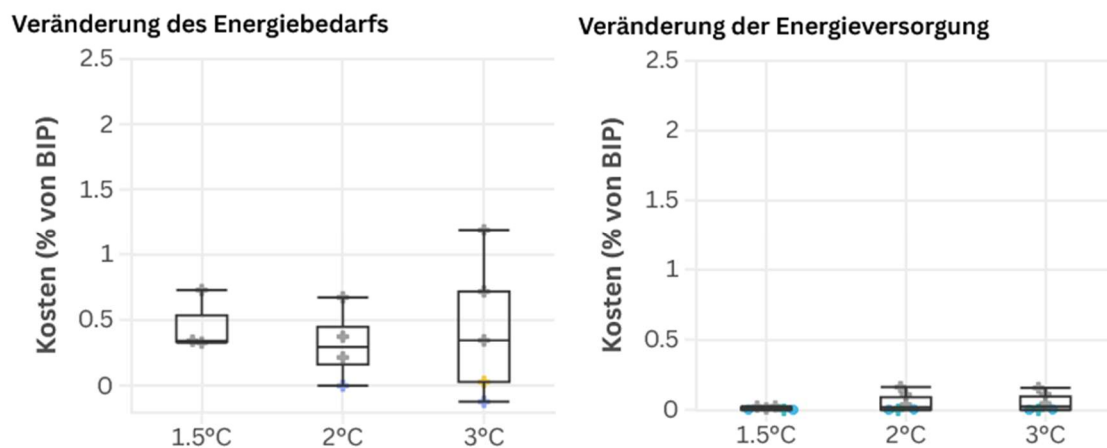
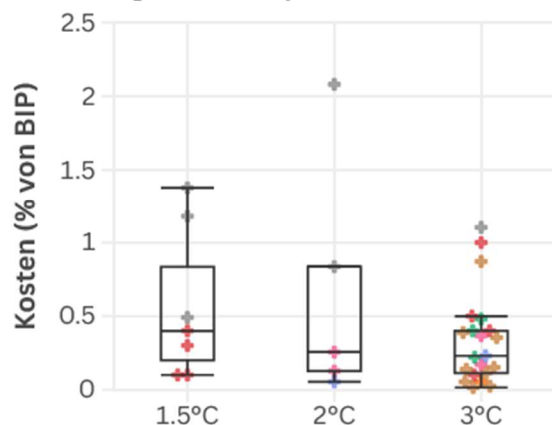


Abbildung 4: Sektorale Effekte durch Änderungen des Energiebedarfs und Energiebereitstellung als % des BIP nach Erwärmungsniveau (GWL)

Der Boxplot umfasst das 25 % und 75 % Perzentil. Online Link: <https://public.flourish.studio/visualisation/23898568/>
 Berücksichtigte Quellen: Energiebedarf: Parrado et al. (2021); Ciscar et al. (2018); Dellink et al. (2019); Energieversorgung: Flaute et al. (2024); Parrado et al. (2021); Szweczyk et al. (2020)

Veränderung der Arbeitsproduktivität



Veränderung der Sterblichkeit durch Hitze

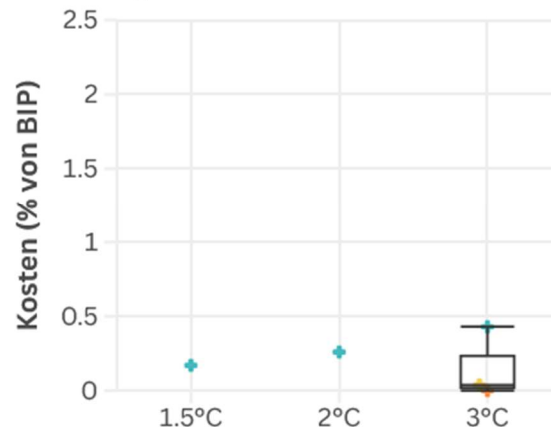
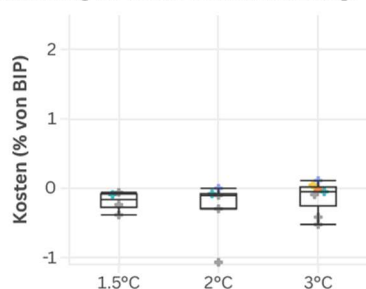


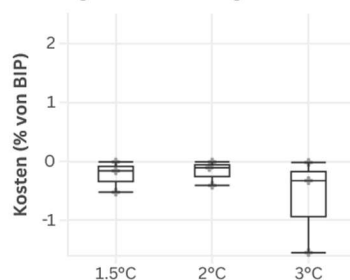
Abbildung 5: Sektorale Effekte durch Arbeitsproduktivitätsverluste und hitzebedingte Mortalität als % des BIP nach Erwärmungsniveau (GWL)

Der Boxplot umfasst das 25 % und 75 % Perzentil. Online Link: <https://public.flourish.studio/visualisation/23898568/>
Berücksichtigte Quellen: Arbeitsproduktivität: Ciscar et al. (2018); García-León et al. (2021); Knittel et al. (2024); Orlov et al. (2020); Parrado et al. (2021); Roson und Sartori (2016); Szweczyk et al. (2021); Sterblichkeit: Dellink et al. (2019); Szweczyk et al. (2020); Roson und Sartori (2016)

Veränderung der landwirtschaftlichen Erträge



Veränderung der Fischereierträge



Veränderung forstwirtschaftlicher Erträge

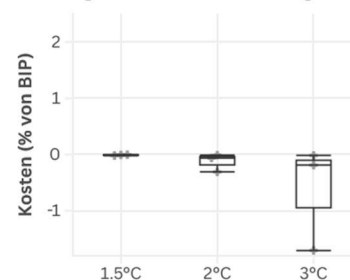


Abbildung 6: Sektorale Effekte Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Fischerei als % des BIP nach Erwärmungsniveau (GWL)

Der Boxplot umfasst das 25 % und 75 % Perzentil. Online Link: <https://public.flourish.studio/visualisation/23898568/>
Berücksichtigte Quellen: Landwirtschaft: Parrado et al. (2021); Dellink et al. (2019); Roson und Sartori (2016); Ciscar et al. (2018); Szweczyk et al. (2020); Fischerei: Parrado et al. (2021); Forstwirtschaft: Parrado et al. (2021)

2.2.2.3 Anpassungskosten

Abschätzungen zu Anpassungskosten für Deutschland aus Modellierungsstudien gibt es aus sektoralen bzw. biophysikalischen Modellen für die Bereiche Infrastrukturschäden durch Flusshochwasser (Dottori et al. 2023) und durch Küstenüberflutung (Meeresspiegelanstieg) (Hinkel et al. 2014). Volkswirtschaftliche Analysen, die zusätzlich zu Klimawandelfolgen auch Anpassungsoptionen modellieren, sind ebenso rar. In der wissenschaftlichen Literatur finden sich bislang lediglich sechs Publikationen für Deutschland bzw. eine größere Region, die Deutschland umfasst, welche Anpassungsmaßnahmen explizit berücksichtigen (Bachner et al. 2022; Flaute et al. 2024; Knittel et al. 2024; Lutz et al. 2025b; Parrado et al. 2020; Szweczyk et al. 2021). Die Ergebnisse der zwei sektoralen Modellierungen sowie der sechs volkswirtschaftlichen Studien stellen wir hier dar.

2.2.2.3.1 Sektorale Studien

Eine umfassende Abschätzung von Anpassungsmaßnahmen gegenüber Schäden durch Flusshochwasser erfolgt in Dottori et al. (2023) mittels des bereits häufig eingesetzten Überflutungsmodells LISFLOOD, das vom Joint Research Centre (JRC) der Europäischen Kommission entwickelt wurde und öffentlich zur Verfügung steht. Dottori et al. (2023) bewerten vier zentrale Anpassungsstrategien zur Reduzierung des

zukünftigen Hochwasserrisikos in Europa anhand von Modellberechnungen und Kosten-Nutzen-Analysen. Sie projizieren bis zum Jahr 2100 unter drei verschiedenen globalen Erwärmungsszenarien (1,5°C, 2°C, 3°C). Für jede der vier Anpassungsstrategien (Deicherhöhung, Rückhalteflächen und -becken, Gebäudesicherung (flood proofing) und Umsiedlung) simulieren sie die Auswirkungen auf künftige Hochwasserschäden und die Exposition der Bevölkerung.

Die Kosten-Nutzen-Analyse optimiert den Nutzen (vermiedene wirtschaftliche Schäden) sowie die Kosten für Umsetzung und Instandhaltung über die Lebensdauer der Maßnahmen. Für alle Maßnahmen außer Hochwasserschutz an Gebäuden (flood proofing) wurden die Investitionskosten unter Annahme einer Verteilung der Baukosten zwischen 2020 und 2050 berechnet, während die Instandhaltungskosten von 2050 bis 2100 berücksichtigt werden. Hochwasserschutzmaßnahmen an Gebäuden haben im Vergleich zu den anderen Maßnahmen eine begrenzte Lebensdauer, daher werden für den Zeitraum 2060–2090 zusätzliche Baukosten für Ersatzmaßnahmen angesetzt. Die Instandhaltungskosten betragen 1 % der gesamten Baukosten. Aus dieser Berechnung ergibt sich ein kostenoptimales Schutzniveau. Der Effekt der angewandten Maßnahmen (Schutzniveau bei Deicherhöhungen und Retentionsflächen oder Schadensreduktionsrate bei Hochwasserschutz am Gebäude und Umsiedlung) nimmt linear von 2020 (kein Effekt) bis zum Zielwert 2050 zu und bleibt danach konstant. Zukünftige Kosten und Nutzen werden dann auf heutige Werte abgezinst, mit einem Abzinsungssatz von 3 % im Falle Deutschlands.

Deicherhöhung bedeutet bestehende Flussdeiche zu erhöhen oder zu verlängern, um die maximale Menge an Flusswasser, die vom Gewässer aufgenommen und schadlos abgeleitet werden kann, zu steigern. Die Maßnahme umfasst je nach regionalem Kontext den Neubau oder die Erhöhung bestehender dauerhafter Dämme entlang des Flussnetzes. Die Kosten werden auf Basis der zusätzlichen benötigten Deichhöhe und der insgesamt verlängerten Deichlinie berechnet (Dottori et al. 2023).

Flutrückhalteflächen und -becken (Detention Areas) sind entlang von Flussläufen angelegte Bereiche, die dazu dienen, bei extremen Hochwasserereignissen vorübergehend Überschwemmungswasser zurückzuhalten. Dadurch werden Spitzenabflüsse reduziert und zeitlich verzögert. Diese Flächen sind meist von einem Deich umgeben und erfassen Hochwasser oberhalb eines definierten Pegelstands über Steuerungsbauwerke wie Rohre oder Überläufe. Die kontrollierte Rückführung des Wassers in den Flusskanal erfolgt über entsprechende Auslassstrukturen. Im Unterschied zu Retentionsbecken, die dauerhaft Wassermengen speichern, erfolgt bei Flutrückhaltebecken die Speicherung temporär – auch wenn in Einzelfällen eine permanente Speicherung möglich sein kann. Sowohl Retentionsflächen als auch Rückhalteflächen und -becken gelten als naturbasierte Lösungen, da sie das natürliche Rückhaltevermögen von Überschwemmungsgebieten nutzen und durch technische Einrichtungen ergänzen, um eine sichere Aufnahme, Speicherung und Ableitung von Hochwasser zu gewährleisten. In (Dottori et al. 2023) werden nur Flutrückhalteflächen und -becken (Detention Areas) modelliert.

Hochwasserschutzmaßnahmen an Gebäuden umfassen bauliche und nicht-bauliche Anpassungen, die darauf abzielen, Schäden an der Bausubstanz und dem Inventar durch Überschwemmungen zu verhindern oder zu minimieren. Trockene Hochwassersicherung (dry-flood proofing) macht Gebäude bis zu einer erwarteten Wasserspiegelhöhe wasserdicht, etwa durch die Abdichtung von Kellerräumen. Feuchte Hochwassersicherung (wet-flood proofing) erlaubt das kontrollierte Eindringen von Wasser in die Gebäude und reduziert Schäden durch an die Hochwassereinwirkung angepasste Nutzung und Ausstattung, z. B. durch wasserfeste Baumaterialien und Mobiliar (Dottori et al. 2023).

Die Umsiedlung wird als Anpassungsmaßnahme verstanden, bei der Gebäude und Bevölkerung aus hochwassergefährdeten Gebieten in sichere Zonen verlagert werden. Modellannahmen gehen von einer linearen Beziehung zwischen reduzierter Bebauungsfläche und Kosten aus, die Bau, Landkauf, Abriss und höhere Kosten für mehrstöckige Gebäude umfassen. Infrastruktur- und Landwirtschaftsflächen werden nicht berücksichtigt. Zielorte der Umsiedlung sowie soziale Akzeptanz werden nicht modelliert.

Die Kosten-Nutzen-Analyse berechnet für jede Strategie den abgezinnten Nettowert aus den gesamten Implementierungskosten (Investitionen und Instandhaltung) und den eingesparten ökonomischen Schäden (vermiedene Hochwasserverluste) über die Lebensdauer der Maßnahmen. Somit können dann Schäden einmal mit und einmal ohne Anpassung dargestellt werden. Abbildung 7 veranschaulicht die jährlichen Kosten verschiedener Anpassungsstrategien an den Klimawandel für Temperaturanstiege von 1,5°C, 2°C und 3°C (Tabelle 6 enthält die detaillierten Daten). Die blauen Balken von Abbildung 7: Erwartete jährliche Schäden (Expected Annual Damage, EAD) und Anpassungskosten für vier Anpassungsoptionen: Rückhalteflächen, Deichverstärkung, Gebäudesicherung und Umsiedlung, in Mio. EUR pro Jahr für drei Global Warming Levels (1,5°C, 2°C und 3°C); eigene Darstellung basierend auf Dottori et al. (2023) zeigen die erwarteten jährlichen Schäden (Expected Annual Damage, EAD), während die orangefarbenen Zusatzbalken jeweils die jährlichen Anpassungskosten markieren. Die hier dargestellten Ergebnisse entsprechen dem Median aus einer Vielzahl von Szenarienkombinationen. Die Bandbreiten der Ergebnisse werden in Abschnitt 2.2.3.1.1 diskutiert.

Die Ergebnisse zeigen, dass die erwarteten Schadenskosten mit steigendem Temperaturniveau deutlich zunehmen. Im Falle „Keine Anpassung“ steigt die Schadenshöhe von rund 2.800 Mio. EUR/Jahr (1,5°C) auf ca. 5.300 Mio. EUR/Jahr (3°C). Die Implementierung von Anpassungsmaßnahmen wie Rückhalteflächen oder Deichverstärkungen bietet eine erhebliche Reduktion des EAD in allen Erwärmungsszenarien. Gleichzeitig entstehen durch diese Maßnahmen zusätzliche jährliche Kosten, die jedoch im Vergleich zu den eingesparten Schadenskosten bei Verzicht auf Anpassung moderat ausfallen. Besonders effizient erscheinen die Optionen der Rückhalteflächen und Deicherhöhung, da sowohl Schadenskosten als auch Anpassungskosten in allen Temperaturszenarien relativ niedrig bleiben. Hingegen führen Hochwasserschutzmaßnahmen an Gebäuden oder Umsiedlung zwar zu einer Absenkung der Schäden, verursachen jedoch auf Grund des relativ geringen Schadensreduktionspotenzials und trotz der niedrigen Anpassungskosten in Summe etwa gleich hohe Gesamtkosten – vor allem bei starker Erwärmung. Die Analyse zeigt, dass Anpassung die Schadenskosten erheblich senken kann, die Residualschäden aber dennoch mit steigender Erwärmung zunehmen. Die Kostenwirksamkeit aller Anpassungsmaßnahmen steigt mit dem Grad der globalen Erwärmung. Dies liegt daran, dass der Nutzen (vermiedene Schäden) voraussichtlich schneller wächst als die Umsetzungskosten, was durch die zunehmende Häufigkeit von Überschwemmungen und die damit verbundene Exposition verursacht wird. Eine Einschränkung dieser Studie ist, dass die Kombination verschiedener Maßnahmen in dieser Modellierungsstudie nicht betrachtet wurde.

Tabelle 6: Schadens- und Anpassungskosten gegen Flusshochwasser in Mio. EUR für Deutschland (eigene Berechnung basierend auf Daten von Dottori et al. (2023))

		1.5°C		2°C		3°C	
		EAD	Anpassungs-kosten	EAD	Anpassungs-kosten	EAD	Anpassungs-kosten
Keine Anpassung		2812		3671		5330	
Anpassung	Rückhalteflä-chen	956.1	221	954.5	280	1066	383
	Deichverstär-kung	1237.3	262	1248.1	340	1385.8	454
	Gebäudesi-cherung	2809.2	0.3	3663.7	1.2	5314	4.7
	Umsiedlung	2812	0.1	3671	0.1	5330	0.3

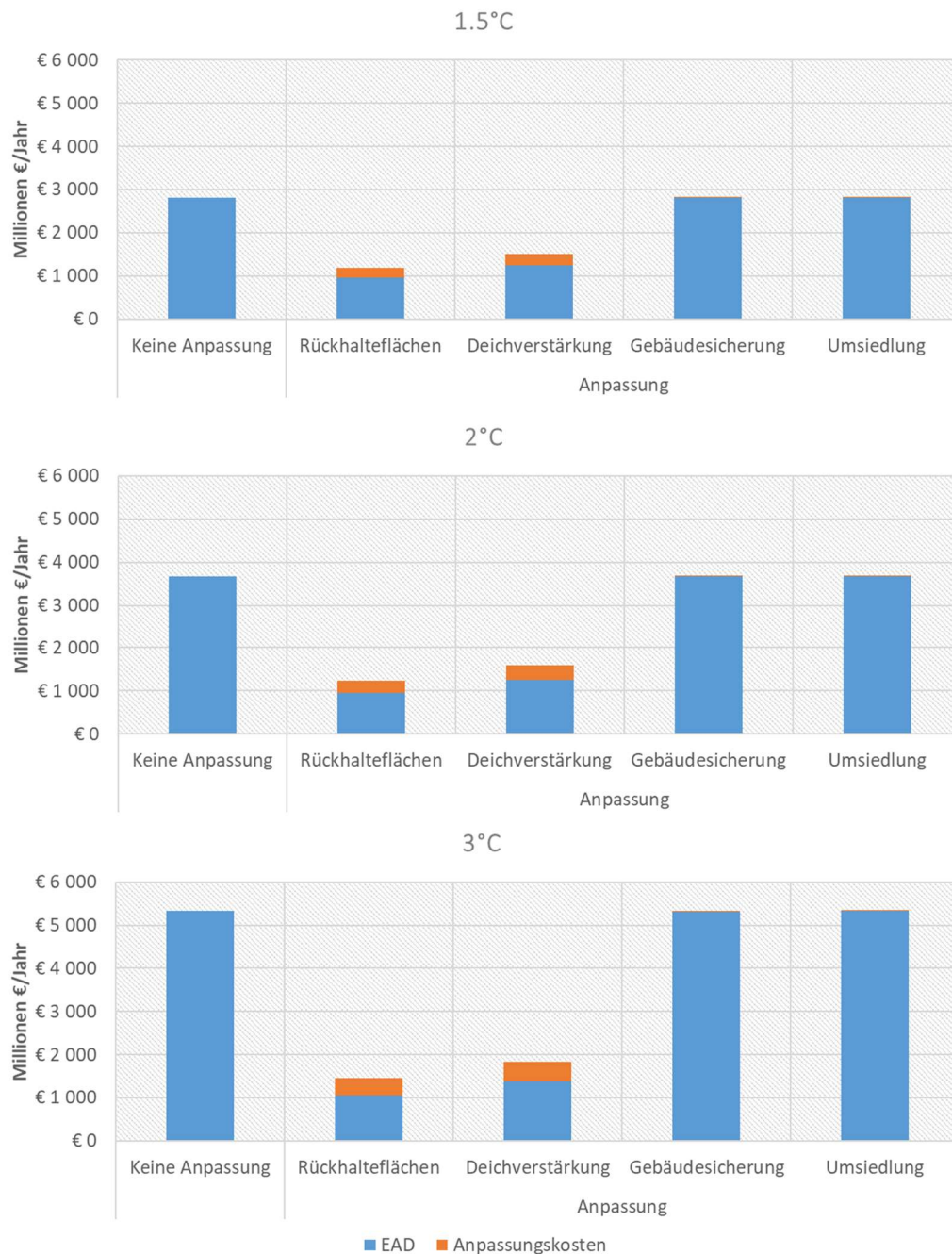


Abbildung 7: Erwartete jährliche Schäden (Expected Annual Damage, EAD) und Anpassungskosten für vier Anpassungsoptionen: Rückhalteflächen, Deichverstärkung, Gebäudesicherung und Umsiedlung, in Mio. EUR pro Jahr für drei Global Warming Levels (1,5°C, 2°C und 3°C); eigene Darstellung basierend auf Dottori et al. (2023)

Infrastrukturschäden durch Küstenüberflutungen sowie Anpassungskosten werden anhand des DIVA-Modells (Hinkel et al. 2014) berechnet, das ebenso bereits in zahlreichen Publikationen verwendet wurde und über ein öffentliches Repository verfügt. DIVA (Akronym für Dynamic Interactive Vulnerability Assessment) stellt ein Ökosystem von Werkzeugen und Daten für die Modellierung von Küstenfolgen und Anpassungsmaßnahmen auf unterschiedlichen räumlichen und zeitlichen Skalen bereit.

Abbildung 8 zeigt die jährlichen Schadens- und Anpassungskosten in Mio. USD für verschiedene Zeitpunkte (2030, 2050, 2080, 2100) und Klimaszenarien (RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5). Für jeden Zeitpunkt und jedes Klimaszenario gibt es jeweils ein Szenario ohne zusätzliche Anpassung und eines mit

Anpassung. In dem Szenario ohne zusätzliche Anpassung fallen jedoch immer noch Instandhaltungskosten an, die mit der bereits bestehenden Infrastruktur verbunden sind. Das Szenario mit Anpassung unterstellt explizite Investitionen in den Bau neuer Infrastruktur, um das Schutzniveau aufrecht zu erhalten. Das bedeutet beispielsweise, dass Deiche erhöht werden müssen, um in Zukunft auch noch vor einer 100-jährigen Flut zu schützen. Gezeigt werden hier Kosten für eine sozioökonomische Entwicklung entsprechend SSP2 sowie der Durchschnitt über zwei Klimamodelle (HadGEM2-ES und IPSL-CM5A-LR).

In allen dargestellten Szenarien steigt das Schadenspotenzial durch Küstenüberflutungen (blaue Balken) im Zeitverlauf deutlich an, wobei die Zunahme mit dem Klimaszenario deutlich beschleunigt wird (zur besseren Sichtbarkeit sind die Skalen der vertikalen Achse nicht vereinheitlicht). Besonders ausgeprägt sind die Schadenskosten unter RCP8.5, die bis zum Jahr 2100 auf über 100.000 Mio. USD/Jahr steigen, sofern keine Anpassungsmaßnahmen getroffen werden. Im Gegensatz dazu bleibt das Schadensniveau bei Implementierung von Anpassungsmaßnahmen über den gesamten Zeitraum und für alle Szenarien auf niedrigem Niveau, wobei die Anpassungsausgaben (orangefarbene Balken) nur sehr wenig ansteigen und deutlich niedriger sind als die potenziell vermiedenen Schäden.

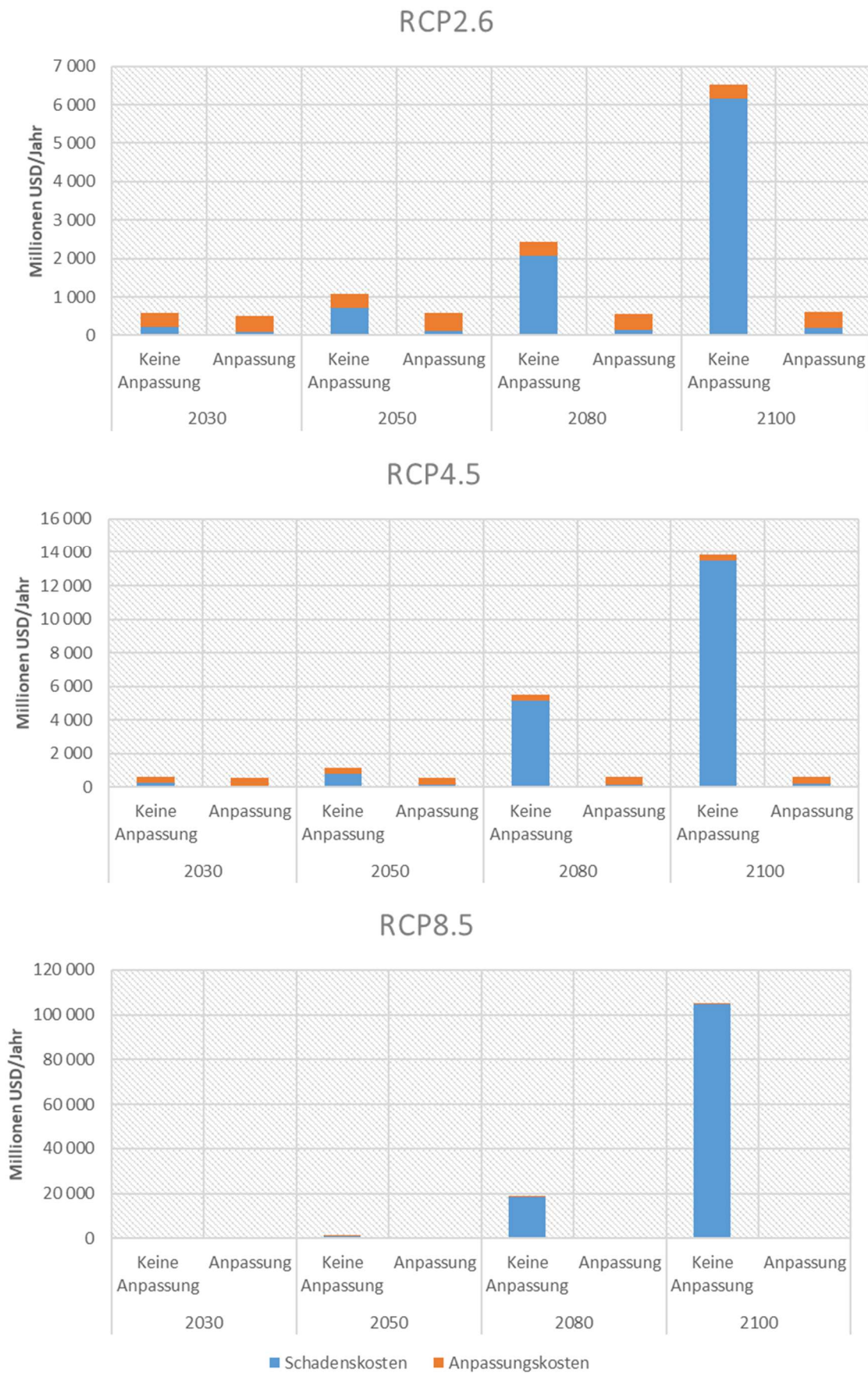


Abbildung 8: Überflutungsschäden an Küsten in Deutschland durch Meeresspiegelanstieg und Anpassungskosten in Mio. USD/Jahr für verschiedene Zeitpunkte (2030, 2050, 2080, 2100) und Klimaszenarien (RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5), eigene Darstellung basierend auf DIVA (Hinkel et al. 2014), Daten verfügbar gemacht durch die Autoren.

Tabelle 7: Schadens- und Anpassungskosten in Mio. USD/Jahr für Küstenüberflutungen in Deutschland; Daten basieren auf DIVA (Hinkel et al. (2014), verfügbar gemacht durch die Autoren.

		RCP2.6		RCP4.5		RCP8.5	
	Zusätzliche Anpassung	Schadenskosten	Anpassungskosten	Schadenskosten	Anpassungskosten	Schadenskosten	Anpassungskosten
2030	nein	225	361	248	362	220	230
	ja	86	416	94	490	94	526
2050	nein	721	361	799	362	1 002	230
	ja	116	477	119	468	121	524
2080	nein	2 071	361	5 126	361	18 602	230
	ja	146	420	149	485	178	496
2100	nein	6 167	361	13 508	362	104 966	230
	ja	182	420	179	469	216	496

Die Ergebnisse der beiden Studien zeigen, dass Schadenskosten durch Binnen- und Küstenüberflutungen ohne Anpassung mit der Zeit steigen und unter einer starken Erwärmung (3°C GWL oder RCP8.5) besonders stark ausgeprägt sind – 5,3 Mrd. EUR für Binnenüberflutungen und 105 Mrd. USD für Küstenüberflutungen pro Jahr gegen Ende des Jahrhunderts. Schadenskosten mit Anpassung bleiben für alle Szenarien und Zeitpunkte deutlich niedriger, d. h. Anpassung ist eine kosteneffiziente Strategie. Gleichzeitig zeigt sich auch, dass die Schadenskosten mit und ohne Anpassung bei Küstenüberflutungen deutlich höher sind als bei Binnenhochwasser. Die Anpassungskosten sind im Vergleich zu den Schadenskosten ohne Anpassung gering und zeigen eine moderate Zunahme über die Zeit und zwischen den Szenarien.

Ergänzend sei darauf hingewiesen, dass die Schadenskosten und Investitionsbedarfe im Bereich Hochwasserschutz in einem eigenen Kapitel (Kapitel 2.3.2) nochmals gesondert betrachtet werden. Dort werden weitere Quellen und Analysen herangezogen, die über die in diesem Abschnitt dargestellten sektoralen und makroökonomischen Modellierungen hinausgehen.

2.2.2.3.2 Makroökonomische Studien

Betrachtet man jene volkswirtschaftlichen Studien, die nicht nur Klimawandelfolgen, sondern explizit auch Anpassung modellieren, so verringert sich die Anzahl der Abschätzungen für Deutschland bzw. eine größere Region, die Deutschland beinhaltet, drastisch (siehe Tabelle 8 im Vergleich zu Tabelle 4). Die hier dargestellten 66 Abschätzungen stammen aus den bereits oben genannten sechs Publikationen (Bachner et al. 2022; Flaute et al. 2024; Knittel et al. 2024; Lutz et al. 2025b; Parrado et al. 2020; Szewczyk et al. 2021). Zwei Publikationen beschäftigen sich mit Küstenüberflutung (Bachner et al. 2022; Parrado et al. 2020), während die anderen Sektoren von je einer Publikation untersucht werden. Für Auswirkungen auf hitzebedingte Arbeitsproduktivitätsverluste gibt es zwar eine volkswirtschaftliche Abschätzung zum Schadenreduktionspotential von Anpassung, jedoch ohne die Kosten der Anpassung zu berücksichtigen (Szewczyk et al. 2021).

Tabelle 8: Überblick makroökonomische Kostenschätzungen mit Anpassung: Anzahl der Datenpunkte je Erwärmungsniveau (Spalte 2-5) und Anzahl der Quellen je Sektor (Spalte 6)

Sektor	1.5°C	2°C	3°C	Total	Anzahl der Quellen
Schäden an Infrastruktur durch Küstenüberflutung	2	6	10	18	2
Schäden an Infrastruktur durch Binnenhochwasser	4	18	10	32	1
Veränderung der Arbeitsproduktivität			9	9	1
Schäden im Transportsektor	2	2	2	6	1
Extremwetterereignisse			1	1	1
Total	8	26	32	66	6

Die beiden Publikationen, die sich mit den Auswirkungen von Küstenüberflutungen auf die Infrastruktur sowie den entsprechenden Anpassungsmaßnahmen auf makroökonomischer Ebene befassen, basieren auf Daten des DIVA-Modells (Parrado et al. 2020; Bachner et al. 2022). Die Studie von Bachner et al. (2022) untersucht die makroökonomischen Effekte von Anpassungsstrategien angesichts eines starken Meeresspiegelanstiegs bis zum Jahr 2050 mit einem Fokus auf Europa, wobei Deutschland eine eigene Modellregion darstellt. Hierbei werden Szenarien verwendet, die unterschiedliche klimatische und sozioökonomische Entwicklungen (RCPs und SSPs) abbilden. Im Fokus stehen zwei zentrale Anpassungsoptionen: technische Schutzmaßnahmen (z. B. Küstenschutz durch Deiche) und reaktive Migration aus nicht geschützten, hochwassergefährdeten Gebieten (autonome Anpassung). Die Modellierung berücksichtigt, dass Personen aus hochwassergefährdeten Küstenregionen ohne ausreichenden Schutz abwandern können, und vergleicht die makroökonomischen Kosten verschiedener Anpassungsstrategien. Dabei werden differenzierte Schwellenwerte herangezogen, um Migration und Küstenschutz in Abhängigkeit von lokalen wirtschaftlichen und demografischen Gegebenheiten auszulösen. Zur Simulation der gesamtwirtschaftlichen Effekte wird ein CGE-Modell eingesetzt.

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass in den meisten untersuchten Regionen eine Kombination aus technischen Schutzmaßnahmen und geplanter Migration zu geringeren makroökonomischen Kosten führt als der alleinige Einsatz von Hochwasserschutzmaßnahmen. Dennoch erweisen sich Hochwasserschutzmaßnahmen in nahezu allen Regionen als wirtschaftlich sinnvoll. Für Deutschland zeigt sich bei einem moderaten Klimaszenario (RCP4.5), dass die BIP-Verluste für die Jahre 2030 und 2050 zwischen den Szenarien mit und ohne Anpassung sowie mit und ohne Migration nahezu identisch bleiben. Bei einem stärkeren Erwärmungsszenario (RCP8.5) wird jedoch bis zur Mitte des Jahrhunderts eine Reduktion der BIP-Verluste durch Anpassungsmaßnahmen deutlich (Bachner et al. 2022).

Je nach Szenario hinsichtlich des Abschmelzens des Eisschildes verringert alleiniger Hochwasserschutz die BIP-Verluste in Deutschland im Jahr 2050 von 0,43 % auf 0,18 % bei einem hohen Abschmelzscenario und von 0,24 % auf 0,2 % bei einem mittleren Abschmelzscenario. Wird zusätzlich Migration berücksichtigt, steigen die verbleibenden BIP-Verluste leicht an und reduzieren sich lediglich auf 0,23 % (Bachner et al. 2022).

Parrado et al. (2020) untersuchen die fiskalischen Effekte von Klimawandelanpassungsmaßnahmen und analysieren dabei die makroökonomischen Auswirkungen von Schäden an der Infrastruktur infolge von Küstenüberflutungen. Die Studie verwendet ebenfalls ein CGE-Modell, um die gesamtwirtschaftlichen

Effekte zu simulieren, und quantifiziert die Schäden mit und ohne Anpassungsmaßnahmen im Jahr 2050 als prozentualen Anteil des BIPs. Deutschland wird als Teil der Modellregion Nord EU-15 berücksichtigt. Die Analyse erfolgt im Vergleich zu einem Referenzszenario ohne Klimawandel, wobei die sozioökonomische Entwicklung gemäß SSP2 und SSP5 berücksichtigt wird. Die Untersuchung umfasst drei Klimaszenarien, die durch die RCPs definiert sind: RCP2.6 (geringe Erwärmung), RCP4.5 (moderate Erwärmung) und RCP8.5 (starke Erwärmung). Bezüglich Anpassung wird angenommen, dass das erwünschte Schutzniveau nicht konstant gehalten wird, sondern – entsprechend einer empirischen Relation – mit steigendem Pro-Kopf-Einkommen, steigender Bevölkerung und fortschreitenden Anstieg des Meeresspiegels zunimmt.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Schäden an der Infrastruktur durch Küstenüberflutungen ohne Anpassungsmaßnahmen in allen Klimaszenarien signifikant sind und mit zunehmender Erwärmung sowie unter Annahme einer sozioökonomischen Entwicklung gemäß SSP5 tendenziell zunehmen. Die Implementierung von Anpassungsmaßnahmen, wie technischem Küstenschutz und Migration, führt zu einer deutlichen Reduktion der BIP-Verluste. Die Effektivität dieser Maßnahmen variiert jedoch in Abhängigkeit von der Kombination aus Klimaszenario und sozioökonomischem Entwicklungspfad (Parrado et al. 2020).

Abbildung 9 zeigt die projizierten Schäden an der Infrastruktur durch Küstenüberflutungen im Jahr 2050, ausgedrückt als prozentualer Anteil des Bruttoinlandsprodukts (BIP) in der Modellregion Nord EU-15, unter verschiedenen Klimaszenarien (RCP2.6, RCP4.5 und RCP8.5) und sozioökonomischen Entwicklungspfaden (SSP2 und SSP5). Die Balken stellen die Schäden mit (blau) und ohne (rot) Anpassungsmaßnahmen dar.

Die Schäden ohne Anpassung sind in allen Szenarien erheblich und steigen mit zunehmender Intensität des Klimawandels (von RCP2.6 zu RCP8.5). Unter SSP5, das von einer ressourcenintensiven und stark wachsenden Wirtschaft ausgeht, sind die Schäden durch Küstenüberflutungen deutlich höher als unter SSP2. Dies liegt daran, dass SSP5 eine ressourcenintensive Entwicklung mit höherer wirtschaftlicher Aktivität und größerer Verwundbarkeit gegenüber Klimarisiken beschreibt. Die Implementierung von Anpassungsmaßnahmen reduziert die Schäden in allen Szenarien erheblich. Die Reduktion der Schäden ist unter SSP5 besonders ausgeprägt. Die Schäden nehmen außerdem stark mit steigender Erwärmung zu. Unter RCP2.6 sind die Schäden sowohl mit als auch ohne Anpassung am geringsten, während sie unter RCP8.5 am höchsten sind.

Die Ergebnisse von Parrado et al. (2020) zeigen, dass sowohl die Intensität des Klimawandels (RCPs) als auch die sozioökonomischen Rahmenbedingungen (SSPs) entscheidende Faktoren für die Höhe der Schäden durch Küstenüberflutungen sind. Anpassungsmaßnahmen können die wirtschaftlichen Verluste erheblich reduzieren, insbesondere in Szenarien mit hoher sozioökonomischer Entwicklung (SSP5) und starker Erwärmung (RCP8.5). Dies unterstreicht die Notwendigkeit einer Kombination aus Klimaschutz (zur Begrenzung der Erwärmung) und gezielten Anpassungsstrategien, um die wirtschaftlichen Auswirkungen des Klimawandels zu minimieren.

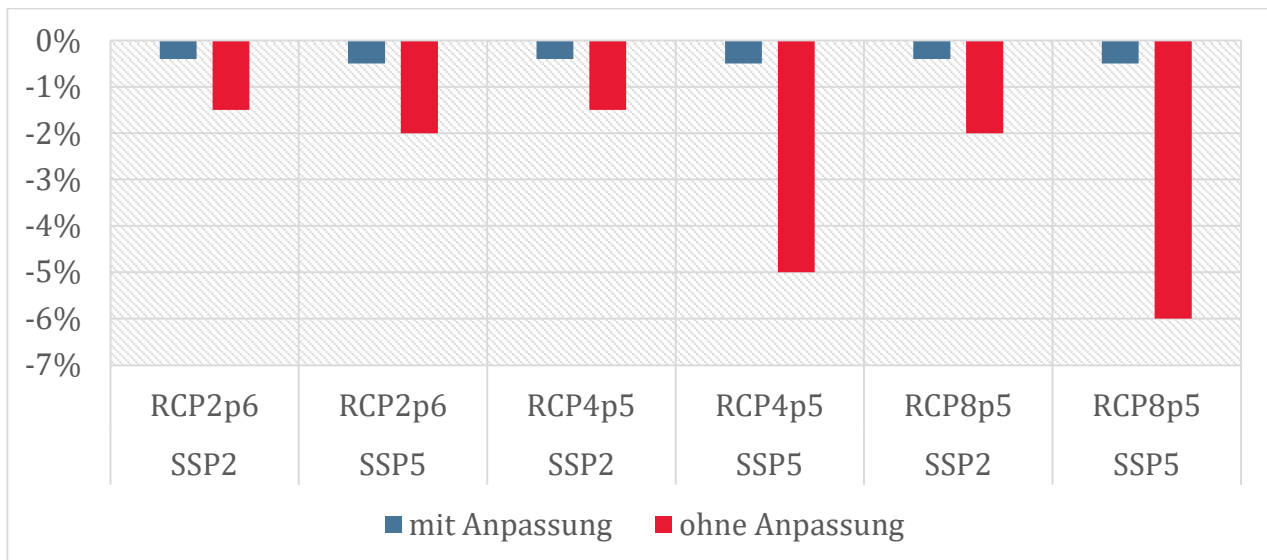


Abbildung 9: Schäden an Infrastruktur durch Küstenüberflutung in der Modellregion Nord EU-15 mit und ohne Anpassung in 2050 als % des BIP im Vergleich zu einem Szenario ohne Klimawandel mit sozioökonomischer Entwicklung entsprechend SSP2 und SSP5 für drei Klimaszenarien (RCP2.6, RCP4.5 und RCP8.5); eigene Darstellung basierend auf Parrado et al. (2020)

Knittel et al. (2024) untersuchen die makroökonomischen Auswirkungen von Überflutungsschäden entlang von Flüssen unter Berücksichtigung verschiedener Versicherungssysteme; die Studie ist für die EU angelegt, die Ergebnisse werden für Deutschland gesondert ausgewertet. Während die Gesamteffekte der analysierten Versicherungslösungen auf das BIP nur marginale Unterschiede aufweisen, zeigen die Ergebnisse der Studie, dass die Wahl des Versicherungssystems die Verteilung der finanziellen Lasten zwischen öffentlichen und privaten AkteurInnen erheblich beeinflusst. Demnach sind auch die Maße für Wohlfahrt ein wichtigerer Indikator in diesem Kontext. Hier zeigt sich je nach Klimaszenario, -modell und sozioökonomischer Entwicklung eine Reduktion des privaten Wohlfahrtsverlusts von 24 bis 44 % bei einer Umstellung auf eine Public-Private Partnership und eine Reduktion von 30 bis 52 % bei Umstellung auf eine Solidaritätslösung, d. h. eine Pflichtversicherung mit einheitlichen Prämien. Somit würden sich die Wohlfahrtsverluste durch Hochwasser in Deutschland gegenüber dem momentanen Versicherungssystem (freiwillige private Versicherung) in beiden Pflichtversicherungsvarianten in etwa halbieren, da für den Staat weniger ad hoc staatliche Katastrophenhilfe erforderlich ist, somit das öffentliche Budget weniger unter Stress gerät und die Haushalte anstelle von einmaligen hohen Wiederherstellungskosten mit in Summe niedrigeren, allerdings regelmäßigen Ausgaben für Versicherungen konfrontiert sind.

Szewczyk et al. (2021) analysieren die Auswirkungen von Hitzestress auf die Arbeitsproduktivität in Europa, einschließlich Deutschland. Die Studie verwendet Klimadaten aus dem EURO-CORDEX-Programm, die auf dem Szenario RCP8.5 basieren, einem Szenario mit hohen Treibhausgasemissionen. Dieses Szenario dient dazu, die potenziellen Auswirkungen von Hitzestress auf die Arbeitsproduktivität unter Bedingungen starker globaler Erwärmung zu analysieren. Die Untersuchung erstreckt sich über drei Zeiträume: die 2020er Jahre (nahe Zukunft), die 2050er Jahre (mittelfristige Zukunft) und die 2080er Jahre (langfristige Zukunft). Die Ergebnisse werden dabei mit einer Referenzperiode aus den 1990er Jahren verglichen, um die Veränderungen im Laufe der Zeit zu bewerten. Es werden außerdem drei Szenarien berücksichtigt, die aus Unsicherheiten aus der Verwendung verschiedener Klimamodelle und Expositions-Reaktions-Funktionen (Impact Functions) resultieren. Die Ergebnisse werden somit für ein „best“, „mean“ und „worst case“ Szenario dargestellt.

Abbildung 10 zeigt die projizierten Verluste des Bruttoinlandsprodukts (BIP) in Prozent, die durch Hitzestress verursacht werden, für die drei Szenarien (best case, mean, worst case) und Zeiträume (2020, 2050, 2080). Die Verluste werden sowohl für den Fall mit Anpassungsmaßnahmen (blau) als auch

ohne Anpassungsmaßnahmen (rot) dargestellt. Die BIP-Verluste nehmen in allen Szenarien und Zeiträumen zu, wobei die Verluste ohne Anpassungsmaßnahmen stets höher ausfallen als mit Anpassung. Im Worst-Case-Szenario im Jahr 2020 liegen die Verluste bei etwa -0,15 % ohne Anpassung und -0,14 % mit Anpassung. Bis 2050 steigen die Verluste auf etwa -0,35 % ohne Anpassung und -0,29 % mit Anpassung. Im Jahr 2080 sind die Verluste am höchsten und erreichen etwa -0,9 % ohne Anpassung und -0,65 % mit Anpassung.

Während Deutschland im Vergleich zu südlichen Ländern wie Spanien oder Griechenland von Hitzestress weniger stark betroffen ist, zeigen die Ergebnisse dennoch regionale Unterschiede. Besonders Berufe mit moderater bis hoher körperlicher Belastung, wie in der Landwirtschaft oder im Bauwesen, könnten in Deutschland Produktivitätsverluste verzeichnen. Anpassungsmaßnahmen wie der verstärkte Einsatz von Klimaanlage und tragbarer Robotik könnten auch in Deutschland helfen, die negativen Effekte zu mindern. Deutschland wird zudem als eines der Länder hervorgehoben, das aufgrund seiner technologischen Fortschritte und höheren Robotisierungsraten von solchen Anpassungen profitieren könnte.

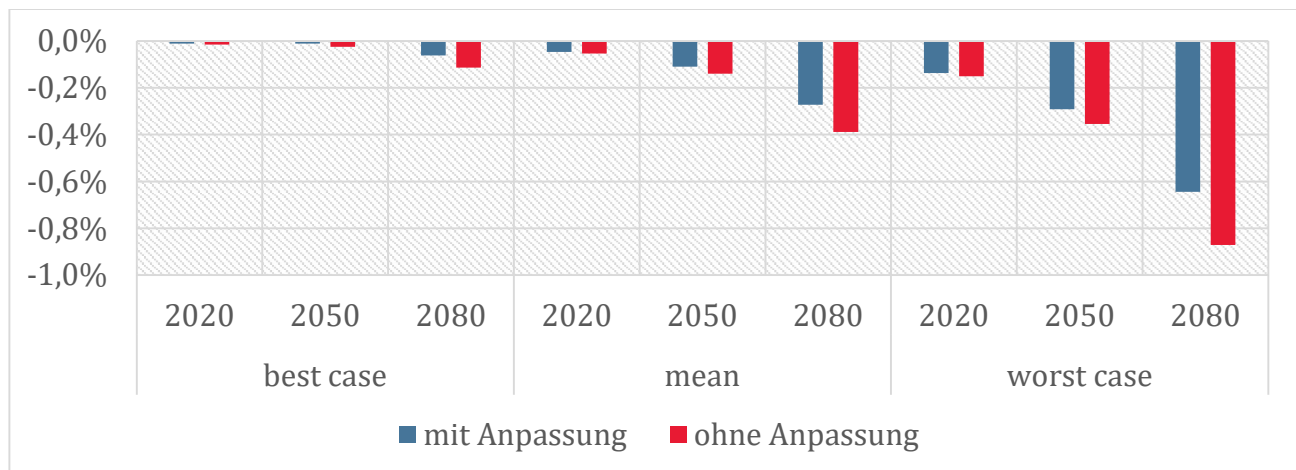


Abbildung 10: Prozentuale Verluste des Bruttoinlandsprodukts (BIP) in Deutschland durch Hitzestress für die Jahre 2020, 2050 und 2080 für drei Szenarien (best case, mean und worst case), dargestellt mit (blau) und ohne (rot) Anpassungsmaßnahmen, eigene Darstellung basierend auf Szewczyk et al. (2021)

Flaute et al. (2024) untersuchen in einer Studie die volkswirtschaftlichen Auswirkungen ausgewählter Klimarisiken (Straßensperrungen durch Überschwemmung, Kühlwassermangel für Kohlekraftwerke, hitzebedingte Krankenhausaufenthalte) für Deutschland unter drei sozioökonomischen Szenarien (Trend, Stabilität, Dynamik). Die Effekte werden mit dem Makromodell PANTA RHEI berechnet. Volkswirtschaftlich werden vergleichsweise geringe Schäden gefunden, die meist im jährlichen Durchschnitt unter 0,004 % des BIP liegen. Die Schäden variieren je nach sozioökonomischem Szenario: Im Dynamik-Szenario mit stärkerem Wachstum und höherer Verkehrsnutzung sind sie am höchsten, im nachhaltigen Stabilität-Szenario am geringsten. Anpassungsmaßnahmen wie der Ausbau der Straßenentwässerung können die Schäden um rund 20 % reduzieren und bringen zusätzlich positive wirtschaftliche Impulse durch Investitionen. Makroökonomisch liegen somit die jährlichen durchschnittlichen Schäden bei unter 0,003 % des BIPs. Gesundheitliche Mehrkosten durch Hitze spielen zwar eine Rolle, haben jedoch nur sehr geringe Auswirkungen auf das BIP und wurden somit nicht quantifiziert.

In einer weiteren Studie analysieren Lutz et al. (2025b) die Auswirkungen von Extremwetterereignissen auf das deutsche Bruttoinlandsprodukt (BIP) bis zur Mitte des Jahrhunderts. Dabei werden unterschiedliche Mitigationsszenarien sowohl ohne als auch mit Berücksichtigung von

Anpassungsmaßnahmen untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass das BIP unter dem Szenario ohne Anpassung um bis zu –0,8 % beeinträchtigt wird, während unter Einbeziehung eines breiten Spektrums an Anpassungsstrategien der Rückgang auf –0,5 % reduziert werden kann.

Eine Herausforderung bei der Einordnung der Ergebnisse der letzten zwei Studien liegt in der fehlenden Konsistenz mit den etablierten Klimaszenarien sowie den wirtschaftlichen und demographischen Entwicklungen, wie sie in vergleichbaren Szenarien dargestellt werden. Die Analyse ist dabei stark an Annahmen gebunden und basiert nicht auf konsistenten, integrierten Szenarien, was die Aussagekraft und Vergleichbarkeit der Resultate einschränkt.

2.2.3 Sensitivitätsbetrachtung

Die Abschätzung zukünftiger Finanzierungsbedarfe für Klimaanpassungsmaßnahmen ist mit erheblichen Unsicherheiten behaftet. Bei der Betrachtung von Finanzierungsbedarfen spielt daher eine wichtige Rolle, wie sensibel die Schätzungen, auf denen die Ableitung der Finanzierungsbedarfe beruht, auf unterschiedliche Annahmen und Szenarien reagieren. Zu den zentralen Faktoren in diesem Kontext zählen die unterschiedlichen Emissionsszenarien, Klimamodelle und sozioökonomischen Projektionen, die alle erheblichen Einfluss auf die Schätzungen von Anpassungskosten haben. Die nachfolgenden Abschnitte beleuchten die wesentlichen Einflussfaktoren und erläutern, wie sie die Kostenschätzungen beeinflussen. Zunächst erfolgt eine Abschätzung auf Basis der in Abschnitt 2.2.2 ausgewerteten Studien. Anschließend werden in Abschnitt 0 weitere Einflussfaktoren aufbereitet sowie methodische Einschränkungen quantitativer Ansätze betrachtet.

2.2.3.1 Abschätzung der Veränderung des Finanzierungsbedarfs basierend auf Modellstudien

Eine quantitative Abschätzung der Veränderung des zukünftigen Finanzierungsbedarfs für Klimawandelanpassung ist eine komplexe und herausfordernde Aufgabe, da sie von einer Vielzahl an Unsicherheiten und Wechselwirkungen geprägt ist. Dennoch können unterschiedliche Ansätze dabei helfen, diese Herausforderung zu strukturieren und erste Orientierungspunkte zu schaffen. Wir präsentieren hier drei Ansätze, die unterschiedliche Perspektiven auf die komplexe Aufgabe der Finanzierungsabschätzung bieten und je nach Verfügbarkeit von Daten und spezifischen Fragestellungen kombiniert oder einzeln angewendet werden können: erstens die Berücksichtigung der Veränderungen der Anpassungskosten selbst, zweitens das Schadensreduktionspotential von Anpassung und drittens die Entwicklung der Schadenskosten in Abhängigkeit von unterschiedlichen Analysezeiträumen sowie Szenarien zur sozioökonomischen Entwicklung, zur Klimaentwicklung und zu den zugrundeliegenden Klimamodellen. Alle drei Ansätze werden für die in Abschnitt 2.2.2 ausgewerteten Studien angewandt oder dargestellt.

2.2.3.1.1 Fokus auf Anpassungskosten

Der erste Ansatz basiert auf den sektoralen Modellierungsstudien, die spezifische Anpassungsziele wie die Aufrechterhaltung eines konstanten oder kostenoptimierten Schutzniveaus berücksichtigen. Die Anpassungskosten werden hier für verschiedenen Szenarien ausgewiesen und bieten so eine Grundlage für die Abschätzung der Veränderung des Finanzierungsbedarfs. Allerdings ist dieser methodische Zugang derzeit nur für eine begrenzte Auswahl von Klimawandelfolgen verfügbar, was die Anwendbarkeit einschränkt.

Ein Beispiel für den ersten Ansatz kann für die Studie von Dottori et al. (2023) gezeigt werden. Diese präsentiert durchschnittliche jährliche Schadenskosten, die durch Flusshochwasser entstehen, sowie Anpassungskosten für vier Anpassungsoptionen unter Berücksichtigung zweier zentraler Einflussfaktoren: (1) Änderungen des Erwärmungsszenarios und (2) Modellunsicherheiten. Im

Abschnitt 2.2.2.3.1 wurden bereits die Medianwerte dieser Studie präsentiert, jedoch ohne auf die Unsicherheiten einzugehen, die bei der Ableitung der Finanzierungsbedarfe eine Rolle spielen können.

Die Modellierungen in der Studie basieren auf einem breiten Ensemble von Klimaprognosen sowie langfristigen sozioökonomischen Entwicklungsszenarien, wodurch eine Vielzahl möglicher Zukunftspfade berücksichtigt wird. Unsicherheiten in den Ergebnissen werden durch die Darstellung von Median- und Interquartilwerten aus zahlreichen Modellläufen quantifiziert, was eine robuste Einschätzung der potenziellen Schadenskosten ermöglicht. Tabelle 9 zeigt die jährlichen Kosten (in Mio. EUR) für verschiedene Anpassungsmaßnahmen in Abhängigkeit von unterschiedlichen globalen Erwärmungsszenarien (1,5°C, 2°C und 3°C). Die Spannbreiten der Kosten spiegeln Unsicherheiten wider, die sich aus den zugrunde liegenden Modellen und Szenarien ergeben.

Tabelle 9: Jährliche Kosten (in Mio. EUR) und Benefit-Cost Ratios (BCR) für verschiedene Anpassungsmaßnahmen an Flusshochwasser in Abhängigkeit von globalen Erwärmungsszenarien (1,5°C, 2°C und 3°C). Spannbreiten repräsentieren die Quartilswerte (unteres und oberes Quartil: Q1 und Q3, sowie Median) aus den Modellen und Szenarien, basierend auf Dottori et al. (2023), Daten können direkt aus dem Supplementary Information Dokument zur Studie entnommen werden⁴

		1.5°C			2°C			3°C		
	Anpassungsoption	Q1	med	Q3	Q1	med	Q3	Q1	med	Q3
Kosten (in Mio. EUR)	Rückhalteflächen	136	221	330	182	280	425	255	383	568
	Deichverstärkung	157	262	409	210	340	508	289	454	672
	Gebäudesicherung	0,1	0,3	2,5	0,2	1,2	9,8	0,6	4,7	78,6
	Umsiedlung	0	0,1	0,3	0	0,1	0,3	0	0,3	0,5
Benefit-Cost Ratio (BCR)	Rückhalteflächen	3,10	3,5	4,10	3,20	3,8	4,90	3,10	3,8	5,20
	Deichverstärkung	2,10	2,6	3,20	2,30	3	3,90	2,50	3,2	4,30
	Gebäudesicherung	2,00	3,4	5,00	1,70	2,2	3,70	1,70	2	2,80
	Umsiedlung	3,30	4,5	6,00	3,30	4,4	6,00	3,00	4,3	6,00

Auch die Kosten für Deichverstärkungen nehmen mit steigender Erwärmung zu. Sie liegen bei 1,5°C zwischen 157 und 409 Mio. EUR pro Jahr und steigen bei 3°C auf 289 bis 672 Mio. EUR, was ausgehen von der Untergrenze von 167 Mio. EUR pro Jahr einer Zunahme von etwa 84 % und ausgehend von der Obergrenze von 409 Mio. EUR einer Zunahme um 64 % entspricht. Die Kosten für Gebäudesicherungen zeigen eine besonders starke Zunahme mit der Erwärmung. Während sie bei 1,5°C noch relativ gering sind (0,1 bis 2,5 Mio. EUR pro Jahr), steigen sie bei 3°C drastisch auf 0,6 bis 78,6 Mio. EUR. Dies deutet darauf hin, dass die Schäden an Gebäuden bei höheren Erwärmungsniveaus exponentiell zunehmen könnten. Die Kosten für Umsiedlungen bleiben in allen Szenarien vergleichsweise gering, mit einer leichten Zunahme von 0 bis 0,3 Mio. EUR bei 1,5°C und 2°C auf 0 bis 0,5 Mio. EUR bei 3°C. Die geringen Kosten für Umsiedlungen sind unter anderem darauf zurückzuführen, dass Umsiedlung in den wenigsten Regionen eine kosteneffiziente Maßnahme darstellt.

Die Spannbreiten sind bei allen Maßnahmen erheblich, was auf die Unsicherheiten in den zugrunde liegenden Klimamodellen, sozioökonomischen Szenarien und Annahmen über die Wirksamkeit der Maßnahmen hinweist. Auch nehmen die Spannbreiten der Anpassungskosten mit höheren Erwärmungsszenarien tendenziell zu. Dies zeigt, dass die Unsicherheiten in den Modellierungen bei extremeren Klimaszenarien noch größer werden, was die Planung und Priorisierung von Anpassungsmaßnahmen erschwert. Dennoch ist die Richtung der Effekte robust: In allen Quartilen

⁴ https://static-content.springer.com/esm/art%3A10.1038%2Fs41558-022-01540-0/MediaObjects/41558_2022_1540_MOESM1_ESM.pdf

liegen die Benefit-Cost-Ratios der Anpassungsmaßnahmen deutlich über 1, somit kann man schlussfolgern, dass die untersuchten Maßnahmen gegen Binnenhochwasser in Deutschland jedenfalls kosteneffizient sind.

2.2.3.1.2 Analyse des Schadensreduktionspotenzials

Ein weiterer Ansatz besteht darin, das Verhältnis der klimabedingten Kosten ohne Anpassungsmaßnahmen zu den Residualkosten mit Anpassungsmaßnahmen (und unter Berücksichtigung der Anpassungskosten) für jene Bereiche zu analysieren, wo es diese Abschätzung bereits gibt. Dieses Verhältnis kann als Indikator für die Wirksamkeit der modellierten Anpassungsstrategien dienen und auf Bereiche übertragen werden, in denen entsprechende Abschätzungen fehlen. Der Ansatz ist sehr grob, aber in vielen Bereichen weiß man bereits recht gut über die klimabedingten Kosten Bescheid, während Informationen zu den direkten Anpassungskosten oft fehlen. Die bereits ersichtlichen sektorspezifischen Unterschiede in diesen Verhältnissen können dabei helfen, Prioritäten für Investitionen zu setzen und den zukünftigen Finanzierungsbedarf gezielt zu planen. Der Ansatzpunkt hierfür sind die ökonomischen klimabedingten Kosten auf der einen Seite und ein Anpassungsziel auf der anderen Seite, das es erlaubt, anhand der hier dargestellten Wirksamkeitsindikatoren den Finanzierungsbedarf zu ermitteln.

Tabelle 10 zeigt das Verhältnis der klimabedingten Kosten ohne Anpassungsmaßnahmen zu den Kosten bei Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen in verschiedenen Sektoren. Dieses Verhältnis dient als Indikator, um die potenzielle Wirksamkeit von Anpassungsmaßnahmen und den zukünftigen Finanzierungsbedarf für deren Umsetzung abzuschätzen. Ein höheres Verhältnis deutet darauf hin, dass Anpassungsmaßnahmen besonders effektiv sind, da sie die Schäden im Vergleich zum Szenario ohne Anpassung deutlich reduzieren. Die Ergebnisse zeigen, dass die Wirksamkeit von Anpassungsmaßnahmen stark vom jeweiligen Sektor abhängt. Besonders bei Küstenüberflutungen und Extremwetterereignissen können Anpassungsmaßnahmen erhebliche Schadensreduktionen bewirken, während in anderen Bereichen wie Binnenhochwasser die Effekte geringer sind.

Tabelle 10: Verhältnis klimabedingter Kosten ohne Anpassungsmaßnahmen zu Kosten mit Anpassungsmaßnahmen in verschiedenen Sektoren bezogen auf BIP-Verluste.

Sektor	Klimabedingte Kosten ohne Anpassung gegenüber Kosten bei Anpassungsmaßnahmen	Anmerkung zur Anpassung	Quellen
Schäden an Infrastruktur durch Küstenüberflutung	3	Strukturelle Maßnahmen und Absiedelung	Parrado et al. (2020); Bachner et al. (2022)
Extremwetterereignisse	1.6	breites Spektrum an Anpassungsmaßnahmen	Lutz et al. (2025b)
Veränderung der Arbeitsproduktivität	1.4	Kühlung im Innenraum, Nutzung von Exorobotik, keine Anpassungskosten	Szewczyk et al. (2021)
Schäden im Transportsektor	1.3	Annahme Anpassung reduziert Schäden um 20 %	Flaute et al. (2024)
Schäden an Infrastruktur durch Binnenhochwasser	1.0	unterschiedliche Versicherungslösungen	Knittel et al. (2024)

Das Verhältnis von 3 zeigt, dass die Schäden durch Küstenüberflutungen ohne Anpassung dreimal so hoch sind wie bei Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen. Dies deutet einerseits auf eine hohe Wirksamkeit von Maßnahmen wie strukturellen Schutzbauten und Absiedelung hin, andererseits aber auch auf einen hohen Finanzierungsbedarf im Sinne einer hohen Priorität, um diese Maßnahmen umsetzen zu können und zukünftige Schäden zu minimieren.

Für Extremwetterereignisse sind die Schäden ohne Anpassung etwa 1,6-mal höher als mit Anpassungsmaßnahmen. Dies zeigt, dass ein breites Spektrum an Anpassungsmaßnahmen, wie z. B. Frühwarnsysteme oder resilientere Bauweisen, die Schäden signifikant reduzieren kann, wenn auch nicht so stark wie im Fall von Küstenüberflutungen.

Das Verhältnis von 1,4 deutet darauf hin, dass die negativen Auswirkungen auf die Arbeitsproduktivität ohne Anpassungsmaßnahmen wie Kühlung in Innenräumen oder der Einsatz von Exorobotik um 40 % höher sind. Da aber hier keine direkten Anpassungskosten berücksichtigt wurden, könnten die makroökonomischen Kosten unterschätzt werden.

Mit einem Verhältnis von 1,3 zeigt sich, dass Anpassungsmaßnahmen im Transportsektor die volkswirtschaftlichen Schäden um rund ein Viertel reduzieren können. Dies basiert auf der Annahme einer direkten Schadensreduktion von 20 %, was die Grundlage der Berechnung darstellt. Somit zeigt sich, dass das Reduktionspotential durch wirtschaftliche Verflechtung verstärkt werden kann.

Das Verhältnis von 1,0 impliziert, dass die untersuchten Anpassungsmaßnahmen (Versicherungen) als Schutz gegen Binnenhochwasser keine signifikante Reduktion der Schäden bewirken. Dies liegt daran, dass die modellierte Maßnahme eine Anpassung der Versicherungslösungen darstellt, die vor allem die Verteilung der Kosten beeinflusst und weniger die gesamtwirtschaftlichen Effekte. Andere Maßnahmen gegen Binnenhochwasser, wie Verbauungen und Retentionsflächen, weisen jedoch ein deutlich günstigeres Kosten-Nutzenverhältnis auf (vgl. Tabelle 9).

2.2.3.1.3 Berücksichtigung der Schadenskostenentwicklung

Der dritte Ansatz konzentriert sich auf die Abschätzung der Schadenskosten, die ein Bild der potenziell vermeidbaren Schäden liefern. Obwohl sich daraus nicht unmittelbar spezifische Anpassungsinvestitionen ableiten lassen, können diese Kosten als Orientierungsrahmen für sinnvolle Anpassungsmaßnahmen dienen. Höhere prognostizierte Schadenskosten deuten auf einen potenziell erhöhten Anpassungsbedarf hin, was die Dringlichkeit entsprechender Investitionen unterstreicht.

Die Herangehensweise dieses Ansatzes basiert auf der systematischen Analyse und Aggregation von Spannbreiten der Ergebnisse aus verschiedenen Studien. Ziel ist es, einen Durchschnittswert zu berechnen, der als Anhaltspunkt für die Größenordnung der Einflussfaktoren dient. Dabei werden klimatische Szenarien berücksichtigt, indem Faktoren berechnet werden, die den Unterschied zwischen einem starken und einem schwachen Klima- bzw. Erwärmungsszenario quantifizieren. Dies ermöglicht eine Einschätzung der Sensitivität der Schäden gegenüber unterschiedlichen Klimapfaden. Die Analyse umfasst auch den Einfluss sozioökonomischer Entwicklungen, indem starke (belastende bzw. vulnerable) sozioökonomische Szenarien mit schwachen (weniger belastenden) Szenarien verglichen werden. Dies berücksichtigt Faktoren wie Bevölkerungswachstum, Urbanisierung und wirtschaftliche Entwicklung. Zusätzlich wird zwischen der nahen Zukunft und der fernen Zukunft unterschieden, um die zeitliche Entwicklung der Schäden und Anpassungskosten zu erfassen. Die Berechnungen werden sektoral durchgeführt, um Unterschiede zwischen den verschiedenen Sektoren zu identifizieren. Dies ermöglicht eine differenzierte Analyse der sektoralen Sensitivitäten und Anpassungsbedarfe. Die berechneten Faktoren geben an, wie stark sich die Schäden oder Kosten zwischen den Szenarien unterscheiden. Ein höherer Wert deutet auf eine stärkere Sensitivität des Sektors gegenüber den spezifischen Veränderungen hin. Ein Wert von 1 bedeutet, dass die Schäden im betrachteten Szenario,

beispielsweise bei starker Erwärmung, gleich hoch sind wie im Vergleichsszenario, beispielsweise bei schwacher Erwärmung. Ein Wert von 2 würde eine Verdopplung der Schäden bedeuten, usw.

Tabelle 11 zeigt die berechneten Faktoren für verschiedene Sektoren und Szenarien. Die letzte Spalte gibt an, wie viele Studien für die jeweiligen Sektoren berücksichtigt wurden, was auch die Reihung der Sektoren bedingt. Einige Sektoren, wie wirtschaftliche Schäden durch Wasserknappheit und Dürre, zeigen eine Änderung der Effektrichtung je nach Erwärmungsszenario, weshalb kein Schadensreduktionspotenzial berechnet werden kann: Andere Sektoren, wie die Forstwirtschaft und Fischerei, zeigen laut der verfügbaren Studien ausschließlich positive Effekte und somit kann ebenfalls kein Schadensreduktionspotenzial berechnet werden. Für Extremwetterereignisse und den Tourismus wurde jeweils nur ein Szenario berücksichtigt, weshalb ebenfalls keine Sensitivitätsanalyse durchgeführt werden kann.

Für die restlichen Sektoren konnten Faktoren berechnet werden und die Ergebnisse verdeutlichen, dass sowohl die klimatischen als auch die sozioökonomischen Szenarien sowie die zeitliche Dimension einen erheblichen Einfluss auf die Schäden haben. Zudem werden sektorale Unterschiede sichtbar, die auf die spezifischen Sensitivitäten der einzelnen Sektoren hinweisen.

Schäden an der Infrastruktur durch Küstenüberflutung weisen den höchsten Faktor von 8,6 in der zeitlichen Dimension auf, was bedeutet, dass sich die Schäden in der fernen Zukunft fast verneunfachen im Vergleich zur nahen Zukunft. Das ist konsistent mit dem Verständnis, dass der Meeresspiegelanstieg ein langsamer Prozess ist, der vor allem gegen Ende des Jahrhunderts zu starken Auswirkungen führt. Für die Anpassung kann das bedeuten, dass der Finanzierungsbedarf in der langen Frist um den Faktor 8,6 höher ist als in der kurzen Frist. Allerdings ist die Anpassung gegenüber Meeresspiegelanstieg häufig stark strukturell geprägt, hat lange Vorlaufzeiten und Umsetzungsphasen. Dieser Indikator verstärkt also die Dringlichkeit, rechtzeitig in Anpassung zu investieren. Eine stärkere Erwärmung sowie sozioökonomische Entwicklung können die Schäden in diesem Sektor auch um etwas mehr als den Faktor 5 erhöhen.

Die Veränderung der Arbeitsproduktivität zeigt eine vergleichsweise moderate Sensitivität gegenüber Klimaszenarien mit einem Faktor von 2,9. Dies bedeutet, dass die Produktivitätsverluste bei starker Erwärmung fast dreimal so hoch sind wie bei schwacher Erwärmung. Die sozioökonomische Entwicklung hat mit einem Faktor von 2,8 einen ähnlichen Einfluss. In der zeitlichen Dimension beträgt der Faktor 4,1, was darauf hinweist, dass die Auswirkungen in der fernen Zukunft mehr als viermal so hoch sein könnten wie in der nahen Zukunft.

Sektorübergreifende Schäden weisen mit einem Faktor von 1,6 in der Dimension der sozioökonomischen Entwicklung vergleichsweise geringe Unterschiede auf. In der zeitlichen Dimension beträgt der Faktor 2,1, was bedeutet, dass die Schäden in der fernen Zukunft etwa doppelt so hoch sein könnten wie in der nahen Zukunft. Die Sensitivität gegenüber Klimaszenarien ist mit einem Faktor von 3,9 höher, was bedeutet, dass stärkere Erwärmungsszenarien die sektorübergreifenden Schäden signifikant erhöhen können.

Schäden an der Infrastruktur durch Binnenhochwasser zeigen mit einem Faktor von 1,2 in der Dimension der Klimaszenarien eine vergleichsweise geringe Spannbreite. Dies bedeutet, dass die Schäden bei starker Erwärmung zwar höher sind als bei schwacher Erwärmung, die Unterschiede jedoch weniger ausgeprägt sind. Die absoluten Schäden können dennoch hoch sein, da Binnenhochwasserereignisse bereits unter moderaten Szenarien erhebliche Auswirkungen haben. Auch die sozioökonomische Entwicklung hat mit einem Faktor von 1,1 eine geringe Spannbreite, was darauf hindeutet, dass belastende sozioökonomische Szenarien die Schäden nur leicht verstärken. In der zeitlichen Dimension beträgt der Faktor 1,7, was darauf hinweist, dass die Schäden in der fernen Zukunft moderat höher sein könnten als in der nahen Zukunft. Dies zeigt, dass die Anpassung an

Binnenhochwasserereignisse zwar weniger stark von den Szenarien abhängt, aber dennoch von Bedeutung ist, da die absoluten Schäden auch bei geringen Spannbreiten erheblich sein können.

Schäden im Transportsektor zeigen eine moderate Sensitivität gegenüber Klimaszenarien mit einem Faktor von 2,6. Dies bedeutet, dass die Schäden bei starker Erwärmung mehr als doppelt so hoch sein können wie bei schwacher Erwärmung. Die sozioökonomische Entwicklung hat mit einem Faktor von 2 einen ähnlichen, aber etwas geringeren Einfluss. In der zeitlichen Dimension beträgt der Faktor 4,7, so dass Schäden in der fernen Zukunft also fast fünfmal so hoch sein könnten wie in der nahen Zukunft. Dies unterstreicht die Notwendigkeit, langfristige Anpassungsstrategien für den Transportsektor zu entwickeln.

Tabelle 11: Übersicht der sektoralen Auswirkungen des Klimawandels basierend auf Klimaszenarien, sozioökonomischen Entwicklungen und zeitlichen Dimensionen.

Ausgewiesen werden Mittelwerte über die Datenpunkte aus den verschiedenen Studien. Zerlegung in Beitrag aus Klimaszenarien (hohe relativ zu niedriger Erwärmung), sozioökonomischer Entwicklung (hohe im Vergleich zu niedriger Vulnerabilität bzw. Exposition) und Zeitraum (Ende bzw. Mitte des Jahrhunderts)

Sektor	Klima-szenarien	Sozio-ökonomische Entwicklung	Zeitraum	Anzahl Quellen
Schäden an Infrastruktur durch Küstenüberflutung	5.3	5.3	8.6	6
Veränderung der Arbeitsproduktivität	2.9	2.8	4.1	6
Sektorübergreifende Schäden	3.9	1.6	2.1	5
Schäden an Infrastruktur durch Binnenhochwasser	1.2	1.1	1.7	4
Schäden im Transportsektor	2.6	2.0	4.7	2
Veränderung der Energieversorgung	6.4	4.6	1.9	2
Veränderung des Energiebedarfs	3.0	3.5	3.5	2
Veränderung der Sterblichkeit durch Hitze	2.5	-	-	1
Wirtschaftliche Schäden durch Wasserknappheit und Dürre	Effektrichtung ändert sich von positiv bei niedriger Erwärmung zu negativ bei starker Erwärmung			
Extremwetterereignisse	nur ein Szenario berücksichtigt			
Tourismus	nur ein Szenario berücksichtigt			
Veränderung landwirtschaftlicher Erträge	Effektrichtung schwankt zwischen positiv und negativ			
Veränderung forstwirtschaftlicher Erträge	positive Effekte, kein Schadensreduktionspotential			
Veränderung der Fischereierträge	positive Effekte, kein Schadensreduktionspotential			

Schäden durch Veränderungen in der Energieversorgung weisen mit einem Faktor von 6,4 die höchste Sensitivität gegenüber Klimaszenarien auf. Dies bedeutet, dass die Schäden bei starker Erwärmung mehr als sechsmal so hoch sein könnten wie bei schwacher Erwärmung. Auch die sozioökonomische Entwicklung hat mit einem Faktor von 4,6 einen erheblichen Einfluss, was darauf hindeutet, dass belastende sozioökonomische Szenarien die Schäden in diesem Bereich deutlich verstärken können. In der zeitlichen Dimension beträgt der Faktor 1,9, was darauf hinweist, dass die Schäden in der fernen Zukunft moderat höher sein könnten als in der nahen Zukunft. Dies zeigt, dass die Energieversorgung besonders anfällig für Klimaveränderungen ist und frühzeitige Anpassungsmaßnahmen erforderlich sind.

Die Veränderung des Energiebedarfs zeigt eine moderate Sensitivität gegenüber Klimaszenarien mit einem Faktor von 3,0. Dies bedeutet, dass der Energiebedarf bei starker Erwärmung etwa dreimal so stark beeinflusst wird wie bei schwacher Erwärmung. Die sozioökonomische Entwicklung hat mit einem Faktor von 3,5 einen ähnlichen Einfluss, was darauf hindeutet, dass belastende sozioökonomische Szenarien den Energiebedarf ebenfalls signifikant verändern können. In der zeitlichen Dimension beträgt der Faktor 3,5, was darauf hinweist, dass die Auswirkungen in der fernen Zukunft mehr als dreimal so hoch sein könnten wie in der nahen Zukunft.

Letztlich zeigen Szewczyk et al. (2021), dass Schäden durch Veränderung der Sterblichkeit durch Hitze mit einem höheren Erwärmungsszenario um das 2,5-fache höher sind als bei niedriger Erwärmung. Für die Dimensionen sozioökonomische Entwicklung und Zeitraum wurden keine Szenarien modelliert, sodass keine weiteren Aussagen zu diesen Einflussfaktoren gemacht werden können. Dennoch verdeutlicht der Faktor, dass die Anpassung an Hitzewellen und die Verbesserung des Gesundheitsschutzes in einem Szenario starker Erwärmung von zentraler Bedeutung sind.

2.2.3.2 Aufbereitung weiterer relevanter Faktoren

Dieses Kapitel bündelt zentrale Einflussfaktoren für Sensitivitätsanalysen. Zugleich zeigt der Abgleich mit den herangezogenen Studien, dass viele dieser Faktoren in den Modellierungen nur teilweise oder gar nicht explizit sensitiv variiert werden – ein klarer Hinweis auf bestehenden Forschungsbedarf. Beispielhaft wurden hierfür folgende Studien herangezogen: Bachner et al. 2022), Lutz et al. 2025b), (Parrado et al. 2020) und Knittel et al. 2024).

2.2.3.2.1 Anpassungsniveau und Restrisiko

Das Anpassungsniveau beschreibt, welches Schutzniveau gegen Klimarisiken (z. B. Hochwasser, Hitzewellen) durch Anpassungsmaßnahmen erreicht werden soll. Es legt fest, wie stark etwa eine Infrastruktur, ein Gebäude oder ein Gebiet gegen bestimmte Extremereignisse geschützt werden soll. Ein hohes Anpassungsniveau bedeutet, dass ein sehr hoher Schutz angestrebt wird – beispielsweise durch besonders robuste Bauweisen, hohe Deiche oder umfassende Gebäudekühlung. Dies führt zu entsprechend höheren Investitions- und laufenden Kosten. Umgekehrt kann ein niedrigeres Schutzniveau gewählt werden, was zwar geringere Kosten verursacht, aber auch zu höheren verbleibenden Risiken und potenziellen Schäden führt.

Das Restrisiko ist das Risiko, das trotz aller getroffenen Anpassungsmaßnahmen bestehen bleibt – also die verbleibende Gefahr von Schäden durch Klimafolgen. Es ist praktisch unmöglich, alle Risiken vollständig zu eliminieren, da dies unverhältnismäßig hohe Kosten verursachen würde. Stattdessen wird in der Praxis ein akzeptables Restrisiko definiert, das – etwa aus wirtschaftlichen, technischen oder gesellschaftlichen Gründen – hingenommen wird. Die Höhe des akzeptierten Restrisikos ist eine bewusste politische und gesellschaftliche Entscheidung und beeinflusst maßgeblich, wie weitreichend und kostenintensiv die gewählten Anpassungsmaßnahmen ausfallen.

Die Wahl des Anpassungsniveaus und des Restrisikos ist immer eine Abwägung zwischen Kosten und Nutzen. Ein sehr hohes Schutzniveau kann in Einzelfällen zu extrem hohen Kosten führen, während ein zu niedriges Niveau zu inakzeptablen Schäden und Folgekosten führen kann. In der Kosten-Nutzen-Analyse werden daher verschiedene Szenarien durchgerechnet, um die Auswirkungen unterschiedlicher Schutzniveaus und Restrisiken auf die Gesamtkosten und die verbleibenden Schäden zu verdeutlichen. Die optimale Lösung liegt meist in einem ausgewogenen Verhältnis zwischen vertretbaren Kosten und einem gesellschaftlich tolerierbaren Restrisiko (Watkiss 2022). Die vorangegangenen Studien operationalisieren diese Abwägung auf unterschiedliche Weise und illustrieren das verbleibende Restrisiko:

Bachner et al. (2022) vergleichen beispielsweise unterschiedliche Anpassungsniveaus indirekt, indem sie vier Fälle durchspielen: gar keine Anpassung, nur Schutzbauten (Deiche), nur Rückzug/Migration und eine Kombination – und zeigen dabei, dass trotz Maßnahmen stets ein Rest an Schäden bestehen bleibt und die Kosten-Nutzen-Abwägung je nach Region unterschiedlich ausfällt.

Lutz et al. (2025b) setzen unterschiedliche Schutzniveaus über Szenarien und Sensitivitäten um (ohne/mit Anpassung, kombiniert, Verdopplung der Schäden und Maßnahmen) und zeigen dabei, dass trotz Anpassung ein Restschaden bleibt; ein formal festgelegtes “akzeptiertes Restrisiko” wird jedoch nicht kalibriert.

Parrado et al. (2020) setzen unterschiedliche Schutzniveaus über Szenarien um: ohne zusätzliche Anpassung (Schutzniveau auf altem Stand) versus mit zusätzlichem Küstenschutz durch Deiche, dessen angestrebtes Schutzniveau endogen mit Wohlstand und Bevölkerungsdichte wächst; dadurch werden Schäden deutlich reduziert, aber nicht vollständig vermieden, es bleibt also ein Restrisiko. Ein politisch festgelegter “akzeptabler” Restschadensschwellenwert wird dabei nicht kalibriert, sondern Residualschäden ergeben sich aus den Modellannahmen.

2.2.3.2.2 Auswahl und Wirksamkeit der Maßnahmen

Die Kosten hängen stark davon ab, welche konkreten Anpassungsmaßnahmen gewählt werden und wie deren Wirksamkeit eingeschätzt wird. Unterschiedliche technische Lösungen (z. B. Bauweise, Schutzstandards) und deren Kosten sollten ebenso variiert werden wie Annahmen zur tatsächlichen Effizienz der Maßnahmen. Besonders relevant ist dabei auch die Kombination der Maßnahmen zu sogenannten Maßnahmenpaketen, da Einzelmaßnahmen oft anders wirken als ein ganzes Bündel. Die Unsicherheit über die tatsächliche Wirkung der Maßnahmen ist ein zentraler Aspekt, der in Sensitivitätsanalysen Berücksichtigung finden sollte.

Ein weiterer wichtiger Faktor ist der Grad der Vorbereitung: Proaktive, gut geplante Maßnahmen sind in der Regel langfristig kosteneffizienter als rein reaktive Ansätze, bei denen Schäden erst nach Eintritt eines Ereignisses behoben werden. Die Art und Weise, wie ambitioniert und vorausschauend die Anpassungsstrategie ausgestaltet ist, sollte daher ebenfalls in die Analyse einfließen.

Wie groß der Einfluss der Auswahl von Anpassungsmaßnahmen auf die Kostenbetrachtung ist, zeigt das Beispiel der Spannbreiten von Anpassungskosten für Gebäude nach Sander et al. (2025). Für die Anpassung von einem Einfamilienhaus an Hitze beläuft sich die Spannbreite der Kosten, je nach Maßnahmenauswahl, auf 14.600 EUR bis 62.800 EUR. Bei einem Mehrfamilienhaus sind es sogar 28.250 EUR bis 143.000 EUR (Sander et al., 2025).

Die Literatur belegt, dass Maßnahmenwahl und -bündelung die Ergebnisse stark prägen: Bachner et al. (2022) zeigen, dass Kombinationen aus Schutzbauten und Rückzug/Migration oft kosteneffizienter sind als reine Schutzstrategien; Lutz et al. (2025b) quantifizieren die Wirkung eines konkreten nationalen Maßnahmenpakets und variieren Schadens- bzw. Anpassungsintensitäten; Parrado et al. (2020) fokussieren eng auf Deiche (Investition und laufende Pflege) ohne Alternativen zu variieren; Knittel et al. (2024) belegen, dass institutionelle Versicherungsarrangements (freiwillig/solidarisch/PPP) gesamtwirtschaftliche Verluste und Lastverteilung spürbar beeinflussen, aber keine technischen Schutzstandards ersetzen. Insgesamt werden technische Varianten und Wirkungsgrade einzelner Maßnahmen selten systematisch sensitiv durchgespielt.

2.2.3.2.3 Abgrenzung von zusätzlichen Anpassungskosten

Die geschätzten Kosten der Anpassung hängen zudem davon ab, ob Maßnahmen der allgemeinen Daseinsvorsorge oder des Resilienzaufbaus in ihrer Gesamtheit ebenfalls einbezogen werden (Lutz et al. 2025a). Ein zentrales Problem besteht darin, dass viele Maßnahmen des allgemeinen

Resilienzaufbaus – wie etwa die Modernisierung von Infrastruktur, die Erhöhung von Baustandards oder die Verbesserung des Katastrophenschutzes – sowohl dem Klimaschutz als auch der allgemeinen Daseinsvorsorge oder anderen politischen Zielen dienen können (Raffer 2023). Ob und in welchem Umfang Kosten solcher Maßnahmen der Klimaanpassung zugerechnet werden, ist methodisch komplex und kann die Gesamtsumme der Anpassungsausgaben erheblich beeinflussen. Differenzrechnungen, die versuchen, nur den tatsächlich durch den Klimawandel verursachten Mehraufwand herauszurechnen, sind aufwendig und mit weiteren Unsicherheiten verbunden. In der Praxis werden daher häufig Maßnahmen in ihrer vollen Höhe in die Kostenabschätzung einbezogen, da eine differenzierte Zuordnung zu aufwendig und ressourcenintensiv wäre.

Diese Vorgehensweise führt dazu, dass die ausgewiesenen Anpassungskosten je nach Abgrenzung und Methodik stark variieren können. Es ist daher wichtig, die jeweilige Abgrenzung und die zugrunde liegenden Annahmen bei der Kostenbewertung transparent zu machen. Für Sensitivitätsanalysen empfiehlt sich, unterschiedliche Varianten der Kostenabgrenzung zu betrachten, um die Bandbreite möglicher Ergebnisse sichtbar zu machen und die Auswirkungen verschiedener Zurechnungsweisen auf die Gesamtkosten zu verdeutlichen.

Keine der oben behandelten Studien integriert eine systematische Sensitivitätsanalyse unterschiedlicher Abgrenzungsvarianten (z. B. inkl./exkl. Daseinsvorsorge oder Co-Benefits). Alle arbeiten mit engen, klar definierten Kostenannahmen; Transparenz über Annahmen ist gegeben, aber die Auswirkung alternativer Zurechnungsweisen auf Gesamtkosten wird nicht durchgespielt.

2.2.3.2.4 Kostenarten

Zu entscheiden ist auch, welche Kostenarten betrachtet werden: Umfasst die Analyse nur einmalige Investitionskosten oder auch mittel- bis langfristige Pflege- und Instandhaltungskosten? Gerade bei langlebigen Infrastrukturen sind die laufenden Kosten oft erheblich und sollten in einer umfassenden Betrachtung nicht fehlen (Dépoues et al. 2024).

Der Zeitpunkt der Umsetzung und die Lebensdauer der jeweiligen Investition beeinflussen die Gesamtkosten maßgeblich. Kurzlebige Maßnahmen können mehrfach erneuert werden, während langlebige Investitionen eine vorausschauende Planung erfordern. Langfristige Infrastrukturmaßnahmen haben generell andere Kostenprofile als kurzfristige Lösungen.

Zur Veranschaulichung der Kostenstruktur in den Modellstudien: Bachner et al. (2022) berücksichtigen sowohl Bau- als auch laufende Pflegekosten und die zeitliche Wirkung auf die Wirtschaft; nicht geprüft wird jedoch, wie alternative Pflegequoten oder unterschiedliche Lebensdauern der Anlagen die Gesamtkosten beeinflussen. Ähnlich integrieren Parrado et al. (2020) einmalige Investitionskosten (Deichbau) sowie laufende Betriebs- und Instandhaltungskosten und modellieren die zeitliche Umsetzung über das Szenario hinweg; eine Sensitivität zu unterschiedlichen Sätzen für laufende Kosten, zu Lebensdauern oder Ersatzzyklen der Infrastruktur ist allerdings nicht enthalten.

2.2.3.2.5 Nicht-finanzielle Barrieren und Umsetzungshindernisse

Neben den finanziellen Aspekten bestehen zahlreiche weitere Barrieren, die die Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen erschweren und die Kosten oft indirekt erhöhen. Zu den wichtigsten Hindernissen zählen lange Planungs- und Genehmigungszeiten, komplexe rechtliche Verfahren, häufige Klagen, Flächenkonflikte sowie Engpässe in der Bauwirtschaft und bei Lieferketten. Auch historische Altlasten, wie kontaminierte Böden, können bestimmte Maßnahmen erheblich verzögern oder verteuern.

Weitere, auch in den geführten ExpertInnen-Interviews benannte, Umsetzungshindernisse sind lange Planungs- und Genehmigungszeiten, Flächenkonflikte sowie Engpässe in der Bauwirtschaft und bei

Lieferketten. Historische Altlasten wie kontaminierte Böden erschweren bestimmte Maßnahmen zusätzlich. Diese Faktoren führen dazu, dass Anpassungsmaßnahmen deutlich später oder gar nicht umgesetzt werden können und sich die tatsächlichen Kosten im Vergleich zu den ursprünglich geplanten Investitionen erhöhen (Lutz et al. 2025a). Gleichzeitig sind viele dieser Aspekte extrem schwer quantifizierbar und lassen sich in klassischen Kostenabschätzungen kaum oder gar nicht systematisch abbilden.

Keine der vier Studien integriert eine systematische Sensitivitätsanalyse zu nicht-finanziellen Barrieren (Planung, Recht, Flächen, Kapazitäten, Lieferketten, Altlasten). Bachner et al. (2022) weisen solche nicht-finanziellen Hürden nur am Rand als Limitation aus und quantifizieren sie nicht: Sie betonen, dass öffentliche Schutzmaßnahmen aus knappen Budgets finanziert werden und Verteilungsfragen aufwerfen, berücksichtigen aber keine Verzögerungen durch Recht, Planung oder Kapazitätsengpässe in ihrer Sensitivitätsanalyse.

2.3 Detailbetrachtung von zwei Handlungsfeldern

Neben dieser übergreifenden Betrachtung von Finanzierungsbedarfen der Klimaanpassung in Deutschland wurden im Rahmen dieser Studie zwei Sektoren ausgewählt, für die eine detaillierte Betrachtung erfolgte. Für diese beiden Bereiche wurde anhand vorhandener Datensätze eine Annäherung an die potenziellen Anpassungskosten vorgenommen. Die Auswahl der betrachteten Sektoren erfolgte zum einen mit Blick darauf, wo besonders signifikante Schadenskosten durch die Auswirkungen des Klimawandels zu erwarten sind und somit Anpassungsinvestitionen eine besondere Dringlichkeit haben. Weitere Auswahlkriterien waren die Abgrenzbarkeit der betrachteten Anpassungsbedarfe, das Vorhandensein verwertbarer Datensätze sowie die Beeinflussbarkeit durch politische Entscheidungen auf Bundesebene. So ist zwar im Landwirtschaftssektor ein signifikanter Anpassungsbedarf zu erkennen, jedoch liegen viele politische und förder-finanzielle Entscheidungen hier nicht in nationaler Hand, sondern erfolgen auf Ebene der EU. Basierend auf diesen Überlegungen wurde zum einen der Gebäudesektor und zum anderen das Handlungsfeld Hochwasserschutz für die Detailbetrachtung ausgewählt.

2.3.1 Detailbetrachtung Gebäudesektor

Der Gebäudesektor steht in Deutschland vor erheblichen Herausforderungen durch die zunehmenden Auswirkungen des Klimawandels. Extreme Wetterereignisse wie Starkregen, Hochwasser und Hitzewellen verursachen bereits heute erhebliche Schäden an Gebäuden und Infrastrukturen. Neben den direkten Folgekosten im Schadensfall entstehen auch langfristige Belastungen, wenn notwendige Anpassungsmaßnahmen nicht rechtzeitig umgesetzt werden. Eine belastbare Abschätzung der Investitionskosten ist daher entscheidend, um den politischen und gesellschaftlichen Handlungsbedarf zu quantifizieren, Förderinstrumente gezielt auszurichten und Eigentümer wie Kommunen bei der Priorisierung von Maßnahmen zu unterstützen.

Vor diesem Hintergrund zielt die vorliegende Analyse darauf ab, die potenziellen Kosten für Klimaanpassungsmaßnahmen im Gebäudebestand Deutschlands systematisch zu erfassen. Grundlage hierfür sind mehrere bundesweite Datenquellen, die Informationen zu Gebäudebestand, Risikoeinschätzungen und Kostenansätzen liefern.

2.3.1.1 Datenquellen

Die in der nachfolgenden Tabelle zusammengefassten Datenquellen bilden die Grundlage dieser Analyse.

Tabelle 12: Übersicht verwendeter Datenquellen für Analyse der Anpassungskosten im Gebäudesektor

Herausgeber, Autor	Name	Datentyp
Sander et al. 2025	Klimaanpassung in der Bauwirtschaft – Zukunftssicherheit und Wachstumschance für die Bauwirtschaft	Kostenschätzungen zu Klimaanpassung abhängig vom Gebäudetyp und Klimasignal
Statistisches Bundesamt 2023	Gebäude (Gebietsstand 15.05.2022)	Anzahl an Gebäudetypen und Eigentumsverhältnissen auf Gemeinde-Landes, Bundesebene
BBSR 2024	Referenztabellen zu Raumgliederungen des BBSR. Gebietsstand 31.12.2023	Kategorisierung von Gemeinden in Raumtypen Genutzte Kategorie: Regionalstatistischer Raumtyp Gemeindetyp 5 (Regio (2023) Name)
GDV 2025	„ZÜRS Geo“ – Zonierungssystem für Überschwemmungsrisiko und Einschätzung von Umweltrisiken	Risikoabschätzung des Gebäudebestands Deutschlands für Hochwasser und Starkregen
Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2024	Gebäude (Gebietsstand 15.05.2022): Baujahr (Jahrzehnte)	Baujahr Gebäudebestand Deutschland

Auf Basis dieser Datenquellen wurden verschiedene Annahmen bezüglich der voraussichtlichen Anpassungskosten im Gebäudesektor getroffen und die Daten miteinander verschränkt, um differenzierte Kostenszenarien für den Gebäudebestand zu erstellen.

2.3.1.1.1 Kostendaten für Anpassungsmaßnahmen nach Klimasignal

Die Grundlage für die Berechnung der Anpassungskosten bilden die Kostenschätzungen aus der Studie von Sander et al. (2025). In dieser Studie wurden für die drei zentralen Klimasignale – Starkregen, Hochwasser und Hitze – jeweils spezifische Maßnahmenpakete entwickelt, die typische bauliche und technische Anpassungsmaßnahmen für verschiedene Gebäudetypen (Einfamilienhaus, Mehrfamilienhaus, Nichtwohngebäude) umfassen. Die Anpassungsniveaus sind funktional über den Umfang und die Kombination der Maßnahmenpakete definiert; eine formal-quantitative Zieldefinition im Sinne festgelegter Schutzziele (z. B. Wiederkehrintervalle wie HQ100 oder Grenzwerte für sommerliche Innenraumtemperaturen) wird in der Studie nicht ausgewiesen. Die Auslegung erfolgt szenariobasiert (RCP 2.6/8.5) und gebäudetypbezogen über die Kosten- und Umsetzungsumfänge der Pakete.

Für jedes Klimasignal wurden die Maßnahmenpakete so zusammengestellt, dass sie die jeweils relevanten Risiken adressieren.

Für Starkregen umfasst dieses Maßnahmenpaket beispielsweise

- Objektschutzmaßnahmen an Gebäudeöffnungen (z. B. druckwasserdichte Fenster, Türen, Lichtschächte), Rückstausicherung für Entwässerungssysteme
- Abdichtung von Kellern und Wandflächen
- Anpassung der Geländeoberfläche zur Ableitung von Oberflächenwasser
- Installation von Notstromsystemen für Pumpen.

Für Hochwasserschutz sind es

- Erhöhung der Sockel- und Fundamenthöhe bei Neubauten
- Nutzung hochwasserresistenter Baumaterialien in gefährdeten Geschossen
- Mobile Hochwasserschutzsysteme (Schotts, Dämme)
- Schutz und Verlagerung von Haustechnik aus gefährdeten Bereichen
- Geländeanpassungen (Aufschüttungen, Deichvorlagen).

Das Maßnahmenpaket für die Anpassung an Hitze umfasst

- Außenliegende Verschattungssysteme (Rollläden, Markisen)
- Begrünung von Dächern und Fassaden
- Einbau von Sonnenschutzverglasung
- Verbesserung der Wärmedämmung in Dach- und Außenwandbereichen
- Installation effizienter Kühlungssysteme (z. B. Splitgeräte, Wärmepumpen mit Kühlfunktion).

Die Studie differenziert die Kosten für diese Maßnahmenpakete nach Gebäudetyp und gibt für jede Kombination von Gebäudetyp und Klimasignal eine Bandbreite von Minimal- bis Maximalwert der Anpassungskosten an. Diese Bandbreiten spiegeln unterschiedliche Ausstattungsniveaus, Gebäudeeigenschaften und regionale Preisunterschiede wider. Für Mehrfamilienhäuser wurden zudem Synergieeffekte berücksichtigt, sodass die Kosten nicht linear mit der Anzahl der Wohneinheiten steigen, sondern mit zunehmender Gebäudegröße pro Wohneinheit sinken können. Diese Maßnahmenpakete und die Spannbreite der damit verbundenen Kosten wurden als Datenbasis für die Berechnungen in den nachfolgenden Abschnitten genutzt.

2.3.1.1.2 Gebäudebestandsdaten

Für die Analyse der Klimaanpassungskosten im Gebäudesektor wurde auf die Gebäudebestandsdaten des Zensus zurückgegriffen (Statistisches Bundesamt 2023, Stand: 15.02.2022). Die Zensusdatenbank enthält flächendeckend für alle Gemeinden in Deutschland Angaben zur Anzahl der Wohngebäude sowie zur Verteilung auf verschiedene Gebäudetypen.

Für die vorliegende Auswertung wurde ein dreistufiges, indikatorbasiertes Klassifikationsschema verwendet: (i) Einfamilienhaus, (ii) Mehrfamilienhaus und (iii) Nichtwohngebäude. Die Typzuordnung erfolgte über die Anzahl der Wohnungen je Gebäude: Gebäude mit genau einer Wohnung wurden als Einfamilienhäuser, Gebäude mit mehr als einer Wohnung als Mehrfamilienhäuser klassifiziert. Zusätzlich zur Typableitung über die Wohnungsanzahl wurde für die Kostenansätze die Zensus-Kategorie „Gebäude mit Wohnraum“ genutzt, die sich in „Wohngebäude“ und „sonstige Gebäude mit Wohnraum“ gliedert. Den in Sander et al. (2025) definierten Kostensätzen für „Nichtwohngebäude“ wurden dabei die „sonstigen Gebäude mit Wohnraum“ zugeordnet, da diese gemischt genutzten Gebäude (mit administrativen/gewerblichen Anteilen) die Anpassungskosten von Gebäuden mit verschiedener Nutzung am besten widerspiegeln.

Die Zensusdaten liegen kleinräumig auf Gemeindeebene vor und ermöglichen dadurch eine bundesweit konsistente Erfassung und Auswertung des Gebäudebestands nach Typ. Sie bilden die Grundlage für die Verknüpfung mit weiteren Datensätzen, wie etwa der siedlungsstrukturellen Raumtypisierung des

BBSR, um regionale Unterschiede in der Gebäudestruktur und deren klimabezogene Risiken analysieren zu können.

Aufbauend auf den Zensusdaten zum Gebäudebestand und zur Verteilung der Gebäudetypen wurde im nächsten Schritt eine siedlungsstrukturelle Einordnung aller Gemeinden vorgenommen. Diese Klassifizierung nach Raumtypen des BBSR ermöglicht es, die Gebäudestruktur und die klimabezogenen Risiken nicht nur nach Bauform, sondern auch nach Urbanisierungsgrad und Siedlungsdichte differenziert zu betrachten.

2.3.1.1.3 Raumtypisierung von Gemeinden und Städten

Für verschiedene Klimasignale, insbesondere für Hitzebelastung, ist eine Differenzierung nach verschiedenen Urbanisierungsgraden bei der Analyse notwendig, da abhängig hiervon die Belastung stark variiert. Zu diesem Zweck wurden deutsche Gemeinden und Städte anhand der siedlungsstrukturellen Raumtypen des BBSR klassifiziert. Die Raumtypisierung des BBSR basiert auf der sogenannten Regionalstatistischen Raumtypologie (RegioStaR), die regelmäßig aktualisiert und an den aktuellen Gebietsstand angepasst wird. Ziel dieser Typisierung ist es, Gebiets- und Gemeindeeinheiten mit ähnlichen siedlungsstrukturellen, demographischen und ökonomischen Merkmalen zu Gruppen zusammenzufassen, um regionale Unterschiede in Entwicklung und Infrastrukturplanung besser analysieren zu können.

Die Einteilung erfolgt auf Gemeindeebene und unterscheidet verschiedene Raumtypen, die sich insbesondere durch Merkmale wie Siedlungsdichte, Größe, Zentralität und urbane Funktionen auszeichnen. Für die vorliegende Studie wurden die folgenden fünf Raumtypen genutzt:

- Kleinstädtischer, dörflicher Raum
- Städtischer Raum
- Zentrale Stadt, Mittelstadt
- Regiopole und Großstadt
- Metropole.

Diese Raumtypen erlauben eine differenzierte Betrachtung der Gebäudestruktur und der klimabezogenen Risiken je nach Urbanisierungsgrad. Die Zuordnung jeder Gemeinde zu einem dieser Typen erfolgte anhand der „Regionalstatistischen Raumtypologie Gemeindetyp 5 (RegioStaR 2023)“, wie sie vom BBSR bereitgestellt und in den verwendeten Referenztabellen dokumentiert ist. Durch die Berücksichtigung dieser Raumtypen konnten die Anpassungskosten nicht nur auf Bundesebene, sondern auch differenziert nach Siedlungsstruktur analysiert und interpretiert werden.

2.3.1.1.4 Bestimmung von Risikostufen – Hochwasser und Starkregen

Nicht alle Gebäude in Deutschland sind in gleichem Maße einem Risiko durch Hochwasser oder Starkregen ausgesetzt. Für die vorliegende Analyse wurde daher eine Differenzierung von Risikoeinstufungen anhand einer Kategorisierung des GDV vorgenommen, die wiederum aus dem ZÜRS-Geo-System abgeleitet ist. Die vorliegende Analyse greift die prozentualen Anteile betroffener Gebäude auf und wendet diese an. Damit handelt es sich um einen bewusst vereinfachten, status-quo-orientierten Ansatz, der keine zukünftigen Veränderungen oder bereits umgesetzte Schutzmaßnahmen berücksichtigt und so eine Kostenschätzung im Sinne einer oberen Bandbreite liefert. Konkret wurde angenommen, dass für Gebäude in der mittleren Risikostufe die niedrigen geschätzten Anpassungskosten entlang der Spannbreite von Sander et al. (2025) anfallen, während bei Gebäuden in der hohen Risikostufe Kosten am oberen Ende der Spannbreite anfallen.

Es wird unterstellt, dass alle Gebäude in diesen beiden Risikokategorien noch keine oder nur unzureichende Anpassungsmaßnahmen umgesetzt haben und daher der volle Kostenansatz greift. Für

die Berechnung der Gesamtkosten wurden die Anteile der betroffenen Gebäude in jeder Gemeinde – getrennt nach mittlerem und hohem Risiko – mit dem jeweiligen Kostenansatz aus Sander et al. (2025) multipliziert. Beispiel: Eine Gemeinde mit 6,1 % Gebäuden in der mittleren Risikokategorie und 1,5 % in der hohen Risikokategorie erhält zwei Teilkostenbeträge (mittleres Risiko × niedriger Kostenansatz, hohes Risiko × höherer Kostenansatz), die anschließend summiert werden. Auf diese Weise ergeben sich die Gesamtkosten pro Gemeinde, welche anschließend für die Auswertung auf Landes- oder Bundesebene aggregiert wurden.

Wie erwähnt basieren die Risikoeinstufungen für Starkregen und Hochwasser auf dem „ZÜRS Geo“-Zonierungssystem des GDV. Dieses System weist für jede Adresse in Deutschland eine Gefährdungsklasse für Überschwemmung, Rückstau und Starkregen aus. Für Starkregen werden drei Gefährdungsklassen (gering, mittel, hoch), für Hochwasser vier Gefährdungsklassen vergeben. Grundlage sind unter anderem regionale Hochwasserstatistiken, topographische Merkmale und Erfahrungswerte aus der Versicherungswirtschaft. Die Klassifizierung erlaubt eine bundesweite, adressgenaue Risikoeinschätzung und dient unter anderem der Beitragskalkulation für Elementarschadenversicherungen.

Tabelle 13: Prozentualer Anteil von Gebäuden in verschiedenen Risikostufen, basierend auf GDV (2025)

Klimasignal	Risikostufe	Anteil am Gebäudebestand (%)
Starkregen	Risikostufe „gering“	22,4
	Risikostufe „mittel“	65,8
	Risikostufe „hoch“	11,8
Hochwasser	Risikostufe „gering“	92,4
	Risikostufe „mittel“	6,1
	Risikostufe „hoch“	1,5

2.3.1.1.5 Bestimmung von Risikostufen – Hitze

Da für das Klimasignal Hitze im Gegensatz zu Starkregen und Hochwasser keine flächendeckenden Risikoeinstufungen des GDV vorliegen, wurde als pragmatischer Proxy das Baujahr der Gebäude herangezogen. Diese Herangehensweise ermöglicht eine bundesweit konsistente Einschätzung der Hitzebetroffenheit, auch wenn sie keine regionalen Unterschiede in der Wärmebelastung abbildet.

Die Risikobewertung basiert auf der Annahme, dass das Baujahr eines Wohngebäudes ein pragmatischer Proxy für den sommerlichen Wärmeschutz und damit für die Hitzebetroffenheit sein kann. In mehreren Studien wurde ein Zusammenhang zwischen dem Bualter und einer erhöhten Verwundbarkeit gegenüber Hitzeeinwirkung empirisch nachgewiesen (Vandentorren et al. 2006). Die in der Forschung verwendeten Baujahresgrenzen variieren jedoch erheblich, und es existiert bislang keine einheitlich anerkannte bualtersbezogene Typisierung der Hitzebetroffenheit im Gebäudebestand.

Die hier verwendete Einteilung in drei Risikokategorien (hoch, mittel, gering) folgt der lokalen Klassifikation der Stadt Köln (2011), die auch vom Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (Bach et al. 2013) aufgegriffen wurde. In Köln wurde beobachtet, dass:

- Gebäude vor 1975 häufig nachträglich gedämmt wurden und dadurch einen zumindest mittleren sommerlichen Wärmeschutz aufweisen,
- Gebäude zwischen 1975 und 2004 vielfach nicht saniert wurden und entsprechend über einen schlechteren Dämmstandard verfügen,

- Gebäude ab 2005 deutlich höhere gesetzliche Anforderungen an den Wärmeschutz erfüllen (z. B. EnEV 2004) und daher tendenziell besser gegen Hitze geschützt sind.

Diese spezifische Einteilung basiert nicht auf einer bundesweit etablierten Systematik, sondern wurde mangels detaillierterer Daten auf nationaler Ebene als nächstliegende und methodisch nachvollziehbare Lösung übernommen. Sie ermöglicht eine grobe, aber nachvollziehbare Einordnung der Hitzebetroffenheit im Gebäudebestand. Die prozentuale Verteilung der Gebäude in Deutschland nach Baualtersklassen wurde der Zensusdatenbank (Stand: 15.05.2022) entnommen.

Auf dieser Grundlage ergibt sich folgende Kategorisierung:

Tabelle 14: prozentuale Verteilung des Gebäudebestands in Deutschland nach Baujahr, basierend auf Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2024

Risikostufe	Baujahre	prozentualer Anteil am Gebäudebestand	Begründung
Hoch	1975–2004	34 %	Viele Gebäude ohne nachträgliche Sanierung, schlechter Dämmstandard
Mittel	vor 1975	55 %	Überwiegend Altbauten, teils nachträglich gedämmt, teils unsaniert
Gering	ab 2005	16 %	Neubauten mit verschärften Anforderungen an Wärmeschutz

Wie bei Starkregen wird auch für Hitze angenommen, dass bei geringem Risiko keine Maßnahmen umgesetzt werden, bei mittlerem Risiko Maßnahmen am unteren Ende und bei hohem Risiko Maßnahmen am oberen Ende der Kostenspanne berücksichtigt werden.

2.3.1.1.6 Definition einer Kostenspanne je Klimasignal und Risikostufe

Wie in den vorherigen Abschnitten beschrieben wurden für die drei betrachteten Klimasignale jeweils unterschiedliche Risikokategorien bestimmt. In der weiteren Analyse wurde die Annahme getroffen, dass für Gebäude der mittleren Risikostufe Anpassungsmaßnahmen umgesetzt werden, die tendenziell am niedrigeren Ende der von Sander et al. (2025) erarbeiteten Kostenspanne liegen. Für Gebäude in der hohen Risikostufe wird davon ausgegangen, dass Maßnahmen am oberen Ende der Kostenspanne umgesetzt werden. Um jedoch jeweils eine Spannbreite von Kosten abzubilden, wurde nicht lediglich der Minimal- und Maximalwert der gesamten Kostenspanne genutzt, sondern pro Risikostufe eine Bandbreite von Kosten definiert. Diese Bandbreite umfasst für die mittlere Risikostufe das 1. bis 20. Perzentil der Gesamtkostenspanne und für die hohe Risikostufe das 80. bis 100. Perzentil. Für jede Risikostufe wurde entlang dieser Bandbreite jeweils ein Minimalwert, ein Maximalwert sowie ein mittlerer Wert berechnet.

Dieses Vorgehen ermöglicht die Ableitung von drei Szenarien für die Entwicklung der Anpassungskosten: ein minimales (Szenario 1), ein mittleres (Szenario 2) und ein maximales Szenario (Szenario 3). Damit kann die Bandbreite der möglichen Kosten systematisch abgebildet und

Unsicherheiten in der Risikoanalyse transparenter berücksichtigt werden. Dies entspricht dem Versuch, eine möglichst realistische Bandbreite an Anpassungskosten abzubilden. Würde lediglich ein einzelner Kostenwert für die Berechnung verwendet, würde dies eine Genauigkeit suggerieren, die die aktuellen Daten nicht hergeben.

Die folgenden Tabellen geben wieder, wie die Kostenschätzungen, Risikostufen und betroffenen Gebäude für die einzelnen Gebäudetypen und Klimasignale in der Analyse miteinander verknüpft wurden:

Tabelle 15: Übersicht der Spannbreiten von Anpassungskosten je Gebäudetyp - Starkregen

Starkregen							
Gebäudetyp	Kostenpanne Anpassung (min.-max.) [EUR]	Kosten Risikostufe „mittel“			Kosten Risikostufe „hoch“		
		Anteil Gebäude (%)	66		Anteil Gebäude (%)	12	
Einfamilienhaus	3.600 –45.000	Unteres Ende der Kostenpanne			Oberes Ende der Kostenpanne		
		Kosten min	Kosten mittel	Kosten max	Kosten min	Kosten mittel	Kosten max
		3600	7740	11.880	36720	40860	45000
Mehrfamilienhaus	7.000 - 110.000	Unteres Ende der Kostenpanne			Oberes Ende der Kostenpanne		
		Kosten min	Kosten mittel	Kosten max	Kosten min	Kosten mittel	Kosten max
		7000	18.300	29.600	87400	98700	110000
Nichtwohngebäude	11.300 – 276.00	Unteres Ende der Kostenpanne			Oberes Ende der Kostenpanne		
		Kosten min	Kosten mittel	Kosten max	Kosten min	Kosten mittel	Kosten max
		11.300	37.500	64.000	223.000	249.500	276000

Tabelle 16: Übersicht der Spannbreiten von Anpassungskosten je Gebäudetyp - Hochwasser

Hochwasser							
Gebäudetyp	Kostenspanne Anpassung (min.-max.) [EUR]	Kosten Risikostufe „mittel“			Kosten Risikostufe „hoch“		
		Anteil Gebäude (%)	6,1		Anteil Gebäude (%)	1,5	
Einfamilienhaus	3.600 – 53.000	Unteres Ende der Kostenspanne			Oberes Ende der Kostenspanne		
		Kosten min	Kosten mittel	Kosten max	Kosten min	Kosten mittel	Kosten max
		3.600	8540	13.480	43.120	48.060	53.000
Mehrfamilienhaus	7.000- 130.000	Unteres Ende der Kostenspanne			Oberes Ende der Kostenspanne		
		Kosten min	Kosten mittel	Kosten max	Kosten min	Kosten mittel	Kosten max
		7.000	19.300	31.600	105.400	117.700	130.000
Nichtwohngebäude	11.000 – 275.000	Unteres Ende der Kostenspanne			Oberes Ende der Kostenspanne		
		Kosten min	Kosten mittel	Kosten max	Kosten min	Kosten mittel	Kosten max
		11.000	37.400	63.800	222.200	248.600	275.000

Tabelle 17: Übersicht der Spannbreiten von Anpassungskosten je Gebäudetyp - Hitze

Hitze							
Gebäudetyp	Kostenspanne Anpassung (min.-max.) [EUR]	Kosten Risikostufe „mittel“			Kosten Risikostufe „hoch“		
		Anteil Gebäude (%)	55		Anteil Gebäude (%)	34	
Einfamilienhaus	2.900 – 59.300	Unteres Ende der Kostenspanne			Oberes Ende der Kostenspanne		
		Kosten min	Kosten mittel	Kosten max	Kosten min	Kosten mittel	Kosten max
		2.900	8.540	14.180	48.020	53.660	59.300
Mehrfamilienhaus	10.300 - 115.000	Unteres Ende der Kostenspanne			Oberes Ende der Kostenspanne		
		Kosten min	Kosten mittel	Kosten max	Kosten min	Kosten mittel	Kosten max
		10.300	20.770	31.240	94.060	104.530	115.000
Nichtwohngebäude	7.400 – 320.000	Unteres Ende der Kostenspanne			Oberes Ende der Kostenspanne		
		Kosten min	Kosten mittel	Kosten max	Kosten min	Kosten mittel	Kosten max
		7.400	38.660	69.920	257.480	288.740	320.000

2.3.1.1.7 Hitze: Differenzierung nach städtischer Infrastruktur

Da die Hitzebelastung nicht nur vom Gebäudebestand, sondern auch von der städtischen Struktur und dem Grad der Versiegelung beeinflusst wird, wurden die Anpassungskosten zusätzlich nach siedlungsstrukturellen Raumtypen differenziert. Grundlage hierfür ist die Klassifizierung des BBSR gemäß der Regionalstatistischen Raumtypologie (RegioStaR 2023), die alle Gemeinden in Deutschland einem von fünf Raumtypen zuordnet: Metropole, Regiopole/Großstadt, Zentrale Stadt/Mittelstadt, städtischer Raum sowie kleinstädtischer/dörflicher Raum.

Für die vorliegende Analyse wurde jeder Gemeinde zunächst ein Raumtyp zugewiesen. Anschließend wurde ein Multiplikator auf die berechneten Anpassungskosten angewendet, um die typabhängigen Unterschiede in der Wärmebelastung und den baulichen Gegebenheiten zu berücksichtigen. Die

Multiplikatoren basieren auf wissenschaftlicher Literatur und praxisorientierten Studien zu Urban-Heat-Island-Effekten, Bebauungsdichte und sozialen Verwundbarkeiten (vgl. u. a. UBA 2023a). Dabei gilt der Wert für Metropolen (1,0) als Referenz. Für weniger dicht bebaute und stärker durchgrünte Raumtypen wurden niedrigere Multiplikatoren angesetzt, etwa 0,8 für städtischen Raum oder 0,5 für kleinstädtische/dörfliche Räume.

Diese Vorgehensweise ermöglicht es, die bundesweit einheitliche Risikoeinschätzung nach Baujahr um einen realitätsnäheren raumstrukturellen Faktor zu ergänzen. So wird berücksichtigt, dass in dicht bebauten Metropolen in der Regel höhere bauliche und technische Aufwände für wirksamen Hitzeschutz entstehen, während in kleineren Städten und ländlichen Räumen oft geringere Maßnahmen ausreichend sind. Sie stellen keine präzise Abbildung individueller Gebäudeanforderungen dar, sondern sollen eine grobe, systematische Gewichtung ermöglichen, wo differenzierte Daten nicht vorliegen. Die Faktoren sollten im Rahmen konkreter Planungen stets durch lokale Erhebungen und Kontextanalysen überprüft und ggf. angepasst werden.

Tabelle 18: Übersicht verschiedener Raumtypen und Differenzierung der Hitzebelastung

Raumtyp	Multiplikator	Erläuterung
Metropole	1,0 (Referenzwert)	Höchste Hitzebelastung durch ausgeprägten Urban-Heat-Island-Effekt (UHI), hohe Versiegelung, hohe Bebauungsdichte, wenig Abkühlung bei Tropennächten.
Regiopole / Großstadt	0,8	UHI-Effekt vorhanden, aber weniger stark als in Metropolen; etwas geringere Bebauungsdichte, bessere Durchlüftung, geringere soziale Verwundbarkeit.
Zentrale Stadt / Mittelstadt	0,7	Begrenzte Hitzeinseln, oft bessere Frischluftzufuhr, mehr Grün, geringere Gebäudedichte; trotzdem lokale Aufheizung bei dichten Altstadtstrukturen möglich.
Städtischer Raum	0,8	Mäßige UHI-Ausprägung, mittlere Bebauungsdichte, sozialstrukturelle Risiken teilweise relevant. Anpassungsmaßnahmen oft erforderlich, aber geringer als in Metropolen
Kleinstädtisch / Dörflich	0,5	Geringe Hitzeexposition durch niedrige Bebauungsdichte, wenig versiegelte Flächen, gute nächtliche Auskühlung, mehr Vegetation, geringere soziale Verwundbarkeit.

2.3.1.1.8 Differenzierung nach regionaler Hitzeentwicklung

Zusätzlich wurde für das Klimasignal Hitze eine regionale Differenzierung vorgenommen, da unterschiedliche Bundesländer heute und in Zukunft unterschiedlich von Hitzebelastung betroffen sind bzw. sein werden und daher differenzierte Annahmen bezüglich der jeweiligen Anpassungsbedarfe zu treffen sind.

Für die Berücksichtigung der regionalen Hitzeentwicklung wurde der Hitzeindikator HD35 genutzt, welcher die jährliche Anzahl heißer Tage mit einer maximalen Temperatur von über 35 °C angibt (Medianwert je Bundesland und Szenario). Die Daten stammen aus dem Climate Change Knowledge

Portal der Weltbank und basieren auf CMIP6 Projektionen (Multi-Modell-Ensemble). Berücksichtigt werden dabei drei Klimaszenarien (SSP1-2.6, SSP2-4.5 und SSP5-8.5) sowie zwei Zeiträume: 2020–2039 und 2040–2059. Um diese Werte in die Kostenberechnung einzubeziehen, wurde der Wertebereich (Spannweite) aller Bundesländer für das jeweilige Szenario ermittelt (Minimalwert bis Maximalwert) und in drei gleich große Intervalle unterteilt.

Für die drei verschiedenen Szenarien wurde die Entwicklung der Hitzebelastung bis 2059 betrachtet. Anhand der oben beschriebenen Daten wurde ebenfalls eine Einstufung in drei Hitzebelastungskategorien vorgenommen. Anschließend wurde die Annahme getroffen, dass für jene Bundesländer mit einer hohen Hitzebelastung eine Anpassung von 60 % der Gebäude erfolgt, bei einer mittleren Hitzebelastung betrifft dies 40 % der Gebäude und bei geringer Belastung 20 %. Diese Abstufung basiert auf dem Austausch mit internen ExpertInnen. Neben der Annahme, dass der regionale Unterschied in der Hitzebelastung zu einer geringeren Anpassungsquote führt, spielt hier mit rein, dass

- a) Manche der skizzierten Anpassungsmaßnahmen nicht allein durch den Klimawandel bedingt sind (zum Beispiel stärkere Wärmedämmung), sondern unter die allgemeine energetische Sanierung von Gebäuden fallen und somit nicht alle Kosten als Anpassungskosten gewertet werden können und
- b) Viele Maßnahmen einen kühlenden Effekt nicht nur auf das einzelne Gebäude, sondern auch auf die Umgebung haben und damit den UHI-Effekt insgesamt reduzieren.

Somit wäre die Annahme, dass selbst bei einer hohen Hitzebelastung alle Gebäude Anpassungsbedarf haben, nicht valide.

Tabelle 19: Genutzter Anpassungsgrad des Gebäudebestands in % nach Bundesland und Klimaszenario

Bundesland	SSP1-2.6 (2040–2059)	SSP2-4.5 (2040–2059)	SSP5-8.5 (2040–2059)
Baden-Württemberg	40	40	60
Bayern	20	40	60
Berlin	40	40	60
Brandenburg	40	40	60
Bremen	20	20	20
Hamburg	20	20	20
Hessen	20	40	60
Mecklenburg-Vorpommern	20	20	20
Niedersachsen	20	20	40
Nordrhein-Westfalen	20	20	40
Rheinland-Pfalz	40	40	60
Saarland	40	40	60
Sachsen	40	40	60
Sachsen-Anhalt	40	40	60
Schleswig-Holstein	20	20	20
Thüringen	20	20	40

2.3.1.2 Ergebnisse

Dieses Kapitel bündelt die zentralen Ergebnisse der Detailbetrachtung für den Gebäudesektor: Kostenspannen für bauliche Anpassungsmaßnahmen gegen Starkregen und Hochwasser sowie für

Hitzeschutz, jeweils nach Raumtypen und Kostenszenarien und – bei Hitze – differenziert nach Klimaszenarien. Eine vertiefte Einordnung der Investitions- und Schadenskosten im Kontext des Hochwasserschutzes erfolgt im anschließenden Kapitel zur Detailbetrachtung Hochwasserschutz.

2.3.1.2.1 Starkregen

Bei Starkregen entfallen im niedrigen Kostenszenario rund 65 Mrd. EUR auf Gebäude im mittleren Risiko (66 % des Bestands) und 137 Mrd. EUR auf Gebäude im hohen Risiko (12 % des Bestands), was zu Gesamtkosten von 203 Mrd. EUR führt.

Im mittleren Kostenszenario steigen die Kosten für mittleres Risiko deutlich auf 158 Mrd. EUR, während das hohe Risiko 154 Mrd. EUR verursacht – hier liegen die beiden Risikoklassen nahezu gleichauf. Die stärkere Zunahme der aggregierten Kosten im mittleren Szenario resultiert daraus, dass für die Risikostufe „mittel“ vom unteren Ende der Kostenspanne auf den jeweiligen Mittelwert des 1.–20.-Perzentil-Bandes gewechselt wird; die relative Differenz zwischen diesen beiden Punkten ist größer als die relative Differenz zwischen dem niedrigen Ende und dem Mittelwert des 80.-100. Perzentils, welches das obere Ende der Kostenspanne ausmacht. Bei unveränderten Gebäudeanteilen führt dies zu einer überproportionalen Erhöhung der Kosten im mittleren Risiko und damit zur Annäherung der Gesamtkosten beider Risikoklassen. Die Gesamtkosten betragen 312 Mrd. EUR.

Im hohen Kostenszenario ergeben sich 251 Mrd. EUR für mittleres Risiko und 171 Mrd. EUR für hohes Risiko, zusammen 422 Mrd. EUR. Auch hier dominiert das mittlere Risiko die Gesamtkosten, vor allem aufgrund des hohen Anteils betroffener Gebäude (66 %), obwohl pro Gebäude im hohen Risiko höhere Anpassungssätze angesetzt werden.

Tabelle 20: Gesamtkosten für Anpassungsmaßnahmen an Starkregen im Gebäudesektor nach Kostenszenarien

Szenario	Kosten Risiko Mittel (EUR)	Kosten Risiko Hoch (EUR)	Gesamtkosten Starkregen (EUR)
Szenario 1 – Niedrige Kostensätze	65 Mrd. EUR	137 Mrd. EUR	203 Mrd. EUR
Szenario 2 – Mittlere Kostensätze	158 Mrd. EUR	154 Mrd. EUR	312 Mrd. EUR
Szenario 3 – Hohe Kostensätze	251 Mrd. EUR	171 Mrd. EUR	422 Mrd. EUR

Die Kostenschätzungen für Starkregen Anpassungen im Gebäudesektor zeigen deutliche Unterschiede je nach Raumtyp und Risikokategorie (siehe Tabellen 21-23). In allen Szenarien besitzen Metropolen die höchsten durchschnittlichen Anpassungskosten, gefolgt von Regiopolen und Großstädten. Kleinere Raumtypen wie zentrale Städte/Mittelstädte, städtischer Raum sowie kleinstädtischer oder dörflicher Raum weisen deutlich geringere Durchschnittskosten auf. Dieses Muster hängt vor allem mit der höheren Gebäudedichte und der größeren Gesamtzahl an Gebäuden in großstädtischen Räumen zusammen.

Über alle Raumtypen zeigt sich konsistent, dass sich die durchschnittlichen Kosten der Risikokategorie „mittel“ mit ansteigenden Kostenszenarien den durchschnittlichen Kosten der Kategorie „hoch“ annähern und diese im hohen Kostenszenario teils übersteigen. Ursache ist wie bei Tabelle 20 die innerhalb der definierten Kostenbänder größere relative Erhöhung der angesetzten Kostensätze in der mittleren Risikostufe; bei unveränderten Gebäudeanteilen führt dies dazu, dass der Mengeneffekt der mittleren Risikokategorie zunehmend stärker auf die aggregierten Kosten durchschlägt.

Tabelle 21: Durchschnittliche Gesamtkosten je Raumtyp für die Anpassung des Gebäudesektors an Starkregen - niedriges Kostenszenario- niedriges Kostenszenario

Raumtyp	Durchschnittliche Gesamtkosten von Gebäuden mit mittlerem Starkregenrisiko	Durchschnittliche Gesamtkosten von Gebäuden mit hohem Starkregenrisiko	Durchschnittliche aggregierte Gesamtkosten
Metropole	407 Mio. EUR	867 Mio. EUR	1.273 Mio. EUR
Regiopole / Großstadt	109 Mio. EUR	232 Mio. EUR	341 Mio. EUR
Zentrale Stadt / Mittelstadt	26 Mio. EUR	54 Mio. EUR	79 Mio. EUR
Städtischer Raum	8 Mio. EUR	16 Mio. EUR	25 Mio. EUR
Kleinstädtischer / Dörflicher Raum	2 Mio. EUR	5 Mio. EUR	7 Mio. EUR

Tabelle 22: Durchschnittliche Gesamtkosten je Raumtyp für die Anpassung des Gebäudesektors an Starkregen - mittleres Kostenszenario

Raumtyp	Durchschnittliche Gesamtkosten von Gebäuden mit mittlerem Starkregenrisiko	Durchschnittliche Gesamtkosten von Gebäuden mit hohem Starkregenrisiko	Durchschnittliche aggregierte Gesamtkosten
Metropole	1.006 Mio. EUR	975 Mio. EUR	1.981 Mio. EUR
Regiopole / Großstadt	268 Mio. EUR	260 Mio. EUR	528 Mio. EUR
Zentrale Stadt / Mittelstadt	62 Mio. EUR	60 Mio. EUR	122 Mio. EUR
Städtischer Raum	19 Mio. EUR	19 Mio. EUR	38 Mio. EUR
Kleinstädtischer / Dörflicher Raum	6 Mio. EUR	5 Mio. EUR	10 Mio. EUR

Tabelle 23: Durchschnittliche Gesamtkosten je Raumtyp für die Anpassung des Gebäudesektors an Starkregen - hohes Kostenszenario

Raumtyp	Durchschnittliche Gesamtkosten von Gebäuden mit mittlerem Starkregenrisiko	Durchschnittliche Gesamtkosten von Gebäuden mit hohem Starkregenrisiko	Durchschnittliche aggregierte Gesamtkosten
Metropole	1.605 Mio. EUR	1.082 Mio. EUR	2.688 Mio. EUR
Regiopole / Großstadt	428 Mio. EUR	289 Mio. EUR	717 Mio. EUR
Zentrale Stadt / Mittelstadt	98 Mio. EUR	67 Mio. EUR	165 Mio. EUR
Städtischer Raum	31 Mio. EUR	21 Mio. EUR	52 Mio. EUR
Kleinstädtischer / Dörflicher Raum	9 Mio. EUR	6 Mio. EUR	15 Mio. EUR

Insgesamt hängen die Gesamtkosten also maßgeblich von zwei Faktoren ab: der Gebäudedichte im jeweiligen Raumtyp, die die absoluten Kosten bestimmt, und der Kombination aus Risikokategorie und

zugehörigen Kostensätzen, die den relativen Anteil der Kategorien an der Gesamtsumme beeinflusst. Wenige Gebäude mit sehr hohen Einzelsätzen können ähnlich hohe oder sogar höhere Gesamtkosten verursachen als viele Gebäude mit niedrigen Kostensätzen; zugleich führt eine Erhöhung der Kostensätze in der mittleren Risikokategorie – bei unveränderten Gebäudeanteilen – dazu, dass sich deren aggregierte Kosten rasch denjenigen der hohen Risikokategorie annähern bzw. diese im hohen Kostenszenario übersteigen.

2.3.1.2.2 Hochwasser

Die Kostenschätzungen für Hochwasserschutzmaßnahmen im Gebäudesektor zeigen, dass die Gesamtsummen in allen drei Szenarien deutlich niedriger ausfallen als bei Hitze- oder Starkregenanpassungen. Im niedrigen Kostenszenario liegen die Gesamtkosten bei rund 27 Mrd. EUR, im mittleren Szenario bei 39 Mrd. EUR und im hohen Kostenszenario bei 51 Mrd. EUR.

Trotz der vergleichsweise geringen Betroffenheit – 6,1 % der Gebäude im mittleren Risiko und nur 1,5 % im hohen Risiko – entfallen in allen Szenarien höhere Kosten auf die Kategorie „hohes Risiko“. Dies liegt daran, dass für hochriskante Gebäude deutlich höhere Kostensätze angesetzt werden, die den kleineren Gebäudeanteil überkompensieren. Damit zeigt sich, dass die Kostensätze in der Kategorie „hoch“ der entscheidende Treiber der Gesamtsummen sind, obwohl diese Gebäude nur einen kleinen Teil des Bestands ausmachen.

Tabelle 24: Gesamtkosten Anpassung an Hochwasser im Gebäudesektor nach Kostenszenarien

Szenario	Gesamtkosten Gebäude mit mittlerem Hochwasserrisiko	Gesamtkosten Gebäude mit hohem Hochwasserrisiko	Aggregierte Gesamtkosten Hochwasser
Szenario 1 – Niedrige Kostensätze	6 Mrd. EUR	21 Mrd. EUR	27 Mrd. EUR
Szenario 2 – Mittlere Kostensätze	15 Mrd. EUR	23 Mrd. EUR	39 Mrd. EUR
Szenario 3 – Hohe Kostensätze	25 Mrd. EUR	26 Mrd. EUR	51 Mrd. EUR

Die Ergebnisse zu den Anpassungskosten für im Gebäudesektor nach Raumtyp zeigen ein klares Muster: In allen Kostenszenarien entfallen die höchsten Durchschnittskosten auf Metropolen, gefolgt von Regiopolen/Großstädten. Kleinere Siedlungsformen wie „kleinstädtisch/dörflich“ verursachen hingegen nur einen geringen Bruchteil der Gesamtkosten.

- Niedriges Kostenszenario: Metropolen (171 Mio. EUR) dominieren die Kostenschätzung deutlich, während dörfliche Räume mit unter 1 Mio. EUR kaum ins Gewicht fallen.
- Mittleres Kostenszenario: Die durchschnittlichen Kosten steigen stark an, insbesondere für Metropolen (247 Mio. EUR) und Großstädte 66 Mio. EUR).
- Hohes Kostenszenario: Metropolen erreichen hier Durchschnittskosten von über 323 Mio. EUR, während auch Regiopolen/Großstädte auf über 86 Mio. EUR kommen.

Tabelle 25: Durchschnittliche Gesamtkosten je Raumtyp für die Anpassung des Gebäudesektors an Hochwasser - niedriges Kostenszenario

Raumtyp	Durchschnittliche Gesamtkosten von Gebäuden mit mittlerem Hochwasserrisiko	Durchschnittliche Gesamtkosten von Gebäuden mit hohem Hochwasserrisiko	Durchschnittliche aggregierte Gesamtkosten
Metropole	38 Mio. EUR	132 Mio. EUR	171 Mio. EUR
Regiopole / Großstadt	10 Mio. EUR	36 Mio. EUR	46 Mio. EUR
Zentrale Stadt / Mittelstadt	2 Mio. EUR	8 Mio. EUR	11 Mio. EUR
Städtischer Raum	0,8 Mio. EUR	3 Mio. EUR	3 Mio. EUR
Kleinstädtischer / Dörflicher Raum	0,2 Mio. EUR	0,7 Mio. EUR	0,9 Mio. EUR

Tabelle 26: Durchschnittliche Gesamtkosten je Raumtyp für die Anpassung des Gebäudesektors an Hochwasser - mittleres Kostenszenario

Raumtyp	Durchschnittliche Gesamtkosten von Gebäuden mit mittlerem Hochwasserrisiko	Durchschnittliche Gesamtkosten von Gebäuden mit hohem Hochwasserrisiko	Durchschnittliche aggregierte Gesamtkosten
Metropole	99 Mio. EUR	148 Mio. EUR	247 Mio. EUR
Regiopole / Großstadt	26 Mio. EUR	40 Mio. EUR	66 Mio. EUR
Zentrale Stadt / Mittelstadt	6 Mio. EUR	9 Mio. EUR	15 Mio. EUR
Städtischer Raum	2 Mio. EUR	3 Mio. EUR	5 Mio. EUR
Kleinstädtischer / Dörflicher Raum	0,5 Mio. EUR	0,8 Mio. EUR	1,3 Mio. EUR

Tabelle 27: Durchschnittliche Gesamtkosten je Raumtyp für die Anpassung des Gebäudesektors an Hochwasser - hohes Kostenszenario

Raumtyp	Durchschnittliche Gesamtkosten von Gebäuden mit mittlerem Hochwasserrisiko	Durchschnittliche Gesamtkosten von Gebäuden mit hohem Hochwasserrisiko	Durchschnittliche aggregierte Gesamtkosten
Metropole	160 Mio. EUR	164 Mio. EUR	323 Mio. EUR
Regiopole / Großstadt	42 Mio. EUR	44 Mio. EUR	86 Mio. EUR
Zentrale Stadt / Mittelstadt	10 Mio. EUR	10 Mio. EUR	20 Mio. EUR
Städtischer Raum	3 Mio. EUR	3 Mio. EUR	6 Mio. EUR
Kleinstädtischer / Dörflicher Raum	0,8 Mio. EUR	0,8 Mio. EUR	1,6 Mio. EUR

Die Auswertung zeigt deutlich, dass der Kostenunterschied vor allem durch die höhere Kostenintensität der Maßnahmen in der hohen Risikokategorie entsteht – nicht durch die Anzahl der betroffenen

Gebäude. Obwohl nur 1,5 % des Gebäudebestands in der hohen Risikokategorie liegen (gegenüber 6,1 % im mittleren Risiko), verursachen diese Gebäude in allen Raumtypen deutlich höhere Anpassungskosten; eine Ausnahme bildet das hohe Kostenszenario, in dem sich die aggregierten Durchschnittskosten der Gebäude in der mittleren und der hohen Risikokategorie annähern, da zwar die Einzelkosten pro Gebäude in der mittleren Risikostufe geringer ausfallen (vgl. Tabelle 16), aber eine größere Zahl von Gebäuden betroffen ist.

2.3.1.2.3 Hitze

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Gesamtkosten für Hitzeschutzmaßnahmen im Gebäudesektor für Deutschland, jeweils ausgewiesen nach drei verschiedenen Kostenszenarien (niedrig, mittel, hoch) und den betrachteten Klimaszenarien (SSP126, SSP245, SSP585) für den Zeitraum 2040–2059. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass die Kosten für Hitzeschutzmaßnahmen mit zunehmender Erwärmung und ambitionierterem Klimaszenario deutlich steigen. Im Szenario mit niedrigen Kostensätzen liegen die Gesamtkosten zwischen rund 97 Mrd. EUR (SSP126) und 181 Mrd. EUR (SSP585). Für mittlere Kostensätze werden deutschlandweit Werte von ca. 123 Mrd. EUR (SSP126) bis 230 Mrd. EUR (SSP585) ermittelt. Im Szenario mit hohen Kostensätzen steigen die Gesamtkosten auf bis zu knapp 278 Mrd. EUR im SSP585-Szenario. Die Ergebnisse machen deutlich, wie stark die finanziellen Anforderungen an den Gebäudesektor von der zukünftigen Hitzeentwicklung abhängen.

Tabelle 28: Anpassungskosten Gebäude an Hitze entlang verschiedener Klimawandel- und Kostenszenarien

Szenario	SSP126	SSP245	SSP585
Szenario 1 – Niedrige Kostensätze	97 Mrd. EUR	114 Mrd. EUR	181 Mrd. EUR
Szenario 2 – Mittlere Kostensätze	123 Mrd. EUR	144 Mrd. EUR ⁴	229 Mrd. EUR
Szenario 3 – Hohe Kostensätze	149 Mrd. EUR	174 Mrd. EUR	278 Mrd. EUR

Die Auswertung der Anpassungskosten für Hitzeschutzmaßnahmen nach Raumtyp zeigt deutliche Unterschiede zwischen den verschiedenen Siedlungsstrukturen. In allen Szenarien entfallen die höchsten Kosten auf Metropolen, gefolgt von Großstädten und zentralen Mittelstädten. In klein- und dörflichen Räumen sind die Kosten vergleichsweise gering. Mit steigendem Erwärmungspfad (von SSP126 zu SSP585) nehmen die Kosten in allen Raumtypen deutlich zu. Besonders in den Metropolen steigen die Anforderungen an Hitzeschutzmaßnahmen stark an – hier summieren sich die Kosten im hohen Kostenszenario auf bis zu 2,3 Mrd. EUR im SSP585-Szenario.

Diese Ergebnisse unterstreichen die besondere Bedeutung urbaner Räume für die Klimaanpassung und zeigen, dass gezielte Investitionen gerade in dicht besiedelten Gebieten angezeigt sind. Bestimmte Maßnahmen – etwa Fassaden- und Dachbegrünung, Entsiegelung oder Verschattung – können neben dem Gebäudeschutz auch quartiersweite Effekte (z. B. Abkühlung, Reduktion des UHI-Effekts) entfalten und damit zusätzlichen Mehrwert über das Einzelgebäude hinaus generieren; diese potenziellen Synergieeffekte sind in den vorliegenden Abschätzungen nicht berücksichtigt und könnten den ausgewiesenen Investitionsbedarf perspektivisch dämpfen.

Tabelle 29: Durchschnittliche Gesamtkosten an Hitze nach Raumtyp und Klimaszenario - niedriges Kostenszenario

Raumtyp	SSP126	SSP245	SSP585
Metropole	866 Mio. EUR	977 Mio. EUR	1506 Mio. EUR
Regiopole / Großstadt	174 Mio. EUR	192 Mio. EUR	323 Mio. EUR
Zentrale Stadt / Mittelstadt	37 Mio. EUR	41 Mio. EUR	69 Mio. EUR
Städtischer Raum	14 Mio. EUR	17 Mio. EUR	27 Mio. EUR
Kleinstädtischer / Dörflicher Raum	2 Mio. EUR	3 Mio. EUR	4 Mio. EUR

Tabelle 30: Durchschnittliche Gesamtkosten an Hitze nach Raumtyp und Klimaszenario - mittleres Kostenszenario

Raumtyp	SSP126	SSP245	SSP585
Metropole	1091 Mio. EUR	1231 Mio. EUR	1897 Mio. EUR
Regiopole / Großstadt	219 Mio. EUR	242 Mio. EUR	408 Mio. EUR
Zentrale Stadt / Mittelstadt	47 Mio. EUR	53 Mio. EUR	88 Mio. EUR
Städtischer Raum	18 Mio. EUR	22 Mio. EUR	35 Mio. EUR
Kleinstädtischer / Dörflicher Raum	31 Mio. EUR	38 Mio. EUR	59 Mio. EUR

Tabelle 31: Durchschnittliche Gesamtkosten an Hitze nach Raumtyp und Klimaszenario - hohes Kostenszenario

Raumtyp	SSP126	SSP245	SSP585
Metropole	1316 Mio. EUR	1485 Mio. EUR	2288 Mio. EUR
Regiopole / Großstadt	265 Mio. EUR	292 Mio. EUR	493 Mio. EUR
Zentrale Stadt / Mittelstadt	576 Mio. EUR	642 Mio. EUR	106 Mio. EUR
Städtischer Raum	22 Mio. EUR	27 Mio. EUR	42 Mio. EUR
Kleinstädtischer / Dörflicher Raum	38 Mio. EUR	46 Mio. EUR	72 Mio. EUR

2.3.1.3 Betrachtung der Kostenverteilung

Die Frage, wer die erheblichen Kosten für die Klimaanpassung des Gebäudebestands letztlich trägt, ist eng mit den Eigentumsverhältnissen der Gebäude in Deutschland verknüpft. Die überwältigende Mehrheit der Gebäude befindet sich im Privateigentum: Laut aktuellen Zensus-Daten entfallen rund 94 % des Gebäudebestands auf PrivateigentümerInnen, Wohnungseigentümergeinschaften und WohnungseigentümerInnen. Weitere 3 % entfallen auf private Wohnungsunternehmen bzw. andere Unternehmen.

Die öffentliche Hand – also Kommunen sowie Bund und Länder – besitzt zusammen lediglich etwa 1,9 % des Gebäudebestands (Kommunen: 1,77 %, Bund oder Land: 0,13 %). Das bedeutet, dass der größte Teil der Kosten für Klimaanpassungsmaßnahmen – unabhängig vom Klimasignal (Hitze, Starkregen,

Hochwasser) – von privaten EigentümerInnen getragen werden muss. Für die öffentliche Hand ergibt sich zwar eine besondere Verantwortung für die Vorbildfunktion und für die Anpassung öffentlicher Gebäude, das finanzielle Hauptgewicht liegt jedoch klar auf privaten Haushalten und Unternehmen.

Diese Verteilung der Kostenlast hat erhebliche gesellschaftliche und politische Relevanz. Sie macht deutlich, dass Förderprogramme, Anreizsysteme und Informationskampagnen gezielt auf private EigentümerInnen ausgerichtet werden müssen, um die notwendige Anpassung des Gebäudebestands an den Klimawandel in der Breite zu ermöglichen. Gleichzeitig sind Lösungen gefragt, um insbesondere einkommensschwächere Eigentümergruppen bei der Finanzierung der teils sehr hohen Investitionen zu unterstützen.

2.3.1.4 Einordnung der Ergebnisse

Bei der Bewertung der Gesamtkosten für die Anpassung des Gebäudebestands an verschiedene Klimasignale ist zu berücksichtigen, dass viele Maßnahmen überschneidende Wirkungen haben. Insbesondere im Bereich Starkregen und Hochwasser gibt es zahlreiche bauliche Anpassungen – wie etwa Rückstauklappen, Abdichtungen oder die Sicherung von Kellerzugängen –, die sowohl vor Starkregen als auch vor Hochwasser schützen können. Werden die Kosten für die Anpassung an jedes einzelne Klimarisiko einfach aufsummiert, besteht somit die Gefahr einer Doppelzählung, da einzelne Maßnahmen mehrfach einfließen. Zusätzlich ist auf Synergien zwischen Hitzeschutzmaßnahmen und der energetischen Sanierung des Gebäudebestands hinzuweisen (vgl. Abschnitt 2.3.1.1.8): Maßnahmen wie Außenverschattung, Dämmung, hochreflektierende Dächer oder Fassaden- und Dachbegrünung verbessern den sommerlichen Wärmeschutz und wirken zugleich energieeffizienzsteigernd. Entsprechende Investitionen werden in der Praxis häufig im Rahmen ohnehin geplanter Sanierungen mit umgesetzt. Die ausgewiesenen Kosten bilden daher nicht durchgehend rein zusätzliche Anpassungsinvestitionen ab, sondern enthalten anteilig Maßnahmen, die mit energetischen Modernisierungen gebündelt werden können und so Mehrfachnutzen erzeugen. Darüber hinaus konnten bei dieser Analyse keine Annahmen bezüglich bereits umgesetzter Anpassungsmaßnahmen berücksichtigt werden, was eine tendenziell hohe Kostenschätzung bedingt.

Zudem werden in der Praxis viele Anpassungsmaßnahmen als Pakete umgesetzt, die verschiedene Risiken gleichzeitig adressieren. Die Kostenkalkulation in den zugrundeliegenden Studien (wie Sander et al. 2025) berücksichtigt dies bereits durch die Definition von Maßnahmenpaketen für unterschiedliche Gefährdungsgrade. Dennoch kann es im Rahmen einer aggregierten Kostenbetrachtung zu Überschneidungen kommen, die das Gesamtergebnis verzerren würden.

Für eine realistische Abschätzung der tatsächlichen Investitionsbedarfe ist es daher unerlässlich, die Synergieeffekte und Überschneidungen zwischen den Maßnahmen zu berücksichtigen. Die ausgewiesenen Gesamtkosten für die Anpassung an verschiedene Klimasignale sind daher nicht als rein additive Werte zu interpretieren, sondern stellen jeweils den spezifischen Bedarf für das jeweilige Risiko dar – mit teilweise gemeinsamen Maßnahmen und Investitionen.

2.3.2 Detailbetrachtung Hochwasserschutz

Hochwasser zählt in Deutschland zu den klimabedingten Naturgefahren mit dem größten Schadenspotenzial. Die jüngsten Modellierungen und Studien zeigen, dass sich sowohl die Häufigkeit als auch die Intensität von Fluss- und Küstenhochwasserereignissen im Zuge des Klimawandels deutlich verändern werden. Neben den direkten Schäden an Gebäuden und Infrastrukturen können auch indirekte wirtschaftliche Verluste – etwa durch Produktionsausfälle oder unterbrochene Lieferketten – erhebliche volkswirtschaftliche Folgen haben.

In diesem Abschnitt werden die verfügbaren Erkenntnisse zu Schadenskosten und Anpassungskosten gebündelt. Zunächst werden die Ergebnisse der aktuellsten Modellierungen und Studien zu den zu erwartenden Schadenskosten für verschiedene Klimaszenarien vorgestellt.

Darauf aufbauend folgt eine Betrachtung der Anpassungskosten in unterschiedlichen Sektoren – vom Gebäudeschutz über großräumige Fluss- und Küstenschutzmaßnahmen bis hin zu objektspezifischen Eingriffen an Verkehrswegen. Abschließend werden ausgewählte Einzelmaßnahmen näher erläutert, um aufzuzeigen, wie sich großräumige Schutzsysteme und objektspezifische Anpassungen ergänzen können. So entsteht ein umfassendes Bild der Handlungsoptionen im Hochwasserschutz – von der gesamtgesellschaftlichen Perspektive bis zur konkreten technischen Umsetzung.

2.3.2.1 Schadenskosten

Die wirtschaftlichen Auswirkungen von Hochwasserereignissen lassen sich sowohl anhand empirischer Schadensdaten aus vergangenen Ereignissen als auch durch Modellierungen zukünftiger Risiken erfassen. Empirische Daten – etwa aus dem Elbe- und Donauhochwasser 2002, dem Junihochwasser 2013 oder den Extremereignissen im Ahrtal 2021 – zeigen, dass einzelne Ereignisse in Deutschland Schäden in zweistelliger Milliardenhöhe verursachen können. Projektionen aus aktuellen Studien verdeutlichen, dass unter sich verschärfenden klimatischen Bedingungen sowohl die Eintrittswahrscheinlichkeit als auch die zu erwartende Schadenshöhe zunehmen. Dabei variieren die Ergebnisse in Abhängigkeit von den verwendeten Klimaszenarien, Modellansätzen und zugrunde gelegten sozioökonomischen Annahmen.

Im Folgenden werden die zentralen Ergebnisse ausgewählter Modellierungen und empirischer Auswertungen entlang verschiedener Auswirkungen des Klimawandels im Bereich des Hochwasserschutzes dargestellt. Ziel ist es, ein möglichst realistisches Bild des heutigen und künftigen Schadenspotenzials zu zeichnen und damit eine fundierte Grundlage für die nachfolgende Betrachtung von Anpassungskosten und Schutzmaßnahmen zu schaffen.

2.3.2.1.1 Flusshochwasser

Wie bereits erwähnt zeigen empirische Daten aus den letzten 20 Jahren, dass extreme Flusshochwasser bereits Schäden in Milliardenhöhe verursacht haben. Beispiele hierfür sind

- Das Elbe-Hochwasser von 2002 mit rund 11,6 Mrd. EUR an direkten Schäden in Deutschland
- Das Hochwasser an Elbe und Donau 2014 mit ca. 8 Mrd. EUR direkter Schäden (BK 2025)
- Tief Bernd im Jahr 2021 mit ca. 40 Mrd. EUR an direkten und indirekten Schäden (Trenczek et al, 2022).

Zusammen übersteigen allein diese drei Ereignisse etwa 60 Mrd. EUR an wirtschaftlichen Verlusten.

Trotz technischer Verbesserungen im Hochwasserschutz blieben die Schäden bei späteren Ereignissen hoch. Die niedrige Versicherungsquote verdeutlicht die hohe Eigenlast für Haushalte, Unternehmen und die öffentliche Hand. Diese Erfahrungen bestätigen die modellierten Projektionen steigender zukünftiger Risiken und unterstreichen den Handlungsbedarf für wirksame Anpassungsstrategien.

Aus unterschiedlichen Studien liegen Projektionsdaten vor, wie sich die zukünftigen Schadenshöhen durch Flusshochwasser in Deutschland entwickeln. Tabelle 32 fasst die erwarteten jährlichen Schäden (Expected Annual Damages - EAD) aus drei unterschiedlichen Studien zusammen. Trotz methodischer Unterschiede – etwa bei der Wahl der Klimaszenarien (RCP-basiert vs. temperaturbasiert), der regionalen Auflösung und den eingesetzten hydrodynamischen Modellen – zeigen alle Ansätze eine klare Tendenz: Ohne Anpassung steigen die Schäden in Deutschland im Laufe des Jahrhunderts deutlich an. Die Höhe der Zuwächse variiert, was auf unterschiedliche Eingangsdaten, Annahmen und

Schadensfunktionen zurückzuführen ist. Während Haas et al. (2024) auf EU-weite Vergleiche setzen und RCP-Pfade abbilden, fokussieren Ciscar et al. (2018) sowie Brasseur et al. (2017) auf Temperaturanstiege in festen Schritten (+1,5 °C, +2 °C, +3 °C) und liefern dadurch ein direkteres Bild klimatischer Sensitivität.

Tabelle 32: Übersicht erwarteter jährlicher Schäden durch Flusshochwasser in Deutschland

Szenario	Zeitraum / Jahr	EAD Deutschland (Mrd. EUR/Jahr)
PESETA III Studie (Ciscar et al. 2018)		
Referenz-Szenario	1976–2005	0,8
+ 2 °C	2021–2050	1,6
+ 2 °C	2071–2100	2
Haas et al. 2024		
RCP4.5	2050	1,87
RCP4.5	2100	>1,00
RCP8.5	2050	1,87
RCP8.5	2100	>4,00
Brasseur et al. 2017		
Referenz-Szenario	1976–2005	0,7
+1,5 °C	2021–2050	1,5
+2 °C	2021–2050	1,5
+3 °C	2021–2050	1,8

2.3.2.1.2 Starkregen

Eine Auswertung des Gesamtverbands der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV) in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Wetterdienst (DWD) zeigt, dass Starkregenereignisse bereits

heute beträchtliche Schäden verursachen. Zwischen 2002 und 2017 beliefen sich die gesamtwirtschaftlichen Schäden an Wohngebäuden – einschließlich nicht versicherter Schäden – auf rund 6,7 Mrd. EUR, verteilt auf knapp 1,3 Mio. registrierte Schadensfälle.

Diese Ereignisse sind typischerweise kurze, heftige Niederschläge von ein bis neun Stunden Dauer und können nahezu jede Region Deutschlands betreffen. Die regionale Verteilung zeigt deutliche Unterschiede: Relativ zum Gebäudebestand waren Sachsen (133 betroffene Gebäude pro 1.000), Berlin (131/1.000) und Bayern (88/1.000) am stärksten betroffen. In absoluten Schadenssummen lagen Bayern (1,485 Mrd. EUR), Nordrhein-Westfalen (1,306 Mrd. EUR) und Sachsen (890 Mio. EUR) an der Spitze (GDV 2022).

Im Gegensatz zum Flusshochwasser liegen für Starkregenereignisse bislang nur wenige quantitative Projektionen vor. Die Modellierung ist methodisch anspruchsvoll, da pluviale Hochwasser durch kurze, oft lokal begrenzte Starkniederschläge entstehen, deren Häufigkeit und Intensität räumlich stark variieren. Flächendeckende EAD-Schätzungen auf nationaler Ebene sind deshalb selten und mit hohen Unsicherheiten behaftet. Vorliegende Klimaprojektionen deuten jedoch auf eine deutliche Zunahme der Häufigkeit und Intensität von Starkniederschläge hin, insbesondere im Sommerhalbjahr und unter dem RCP8.5-Szenario. Untersuchungen mit hochaufgelösten regionalen Klimamodellen zeigen für viele Regionen Deutschlands bis Mitte des Jahrhunderts eine signifikante Zunahme der Eintretenswahrscheinlichkeit von Ereignissen mit mehr als 20 mm/h. Modellgestützte Hochrechnungen gehen – bei gleichbleibender sozioökonomischer Struktur – von einer Erhöhung der mittleren jährlichen Schadenssummen bis 2050 um den Faktor 1,5 bis 2 im Vergleich zu heute aus (Spekkers et al. 2017). Besonders gefährdet sind urbane Agglomerationen, in denen die bestehende Entwässerungsinfrastruktur vielerorts nicht auf die künftig zu erwartenden Belastungen ausgelegt ist.

Die hohe räumliche und zeitliche Variabilität von Starkregenereignissen, die geringe Dichte an Messstationen mit hoher zeitlicher Auflösung sowie die unzureichende Trennung zwischen pluvialen und fluvialen Ereignissen in Schadensstatistiken erschweren jedoch die Risikoabschätzung in diesem Bereich und somit die Abschätzung zukünftiger Schäden. Auch sozioökonomische Entwicklungen wie zunehmende Versiegelung oder die Wertsteigerung von Infrastruktur werden in vielen Szenarien nur unvollständig berücksichtigt.

2.3.2.1.3 Küstenhochwasser

Tabelle 33 zeigt eine Auswahl bedeutender Küstenhochwasserereignisse in Deutschland und deren geschätzte direkte Schadenskosten. Sie verdeutlicht, dass die Schadenshöhen stark variieren – von einstelligen Millionenbeträgen bei regional begrenzten Sturmfluten (z. B. Ostseeküste 1995) bis hin zu mehreren hundert Mio. EUR bei großräumigen und extremen Ereignissen (z. B. Hamburg 1962 oder Ostsee-Sturmhochwasser 2023). Besonders schwere Sturmfluten an Nord- und Ostsee verursachen regelmäßig Schäden in einer Größenordnung, die erhebliche Wiederaufbau- und Schutzinvestitionen erforderlich machen.

Bezüglich der projizierten Entwicklungen dieser Ereigniskategorie deuten verfügbare Modellstudien übereinstimmend darauf hin, dass ohne zusätzliche Anpassungsmaßnahmen die ökonomischen Folgen von Küstenhochwasser in Deutschland bis zum Ende des Jahrhunderts stark zunehmen würden. Bosello et al. 2012 modellieren für das Jahr 2085 im Szenario mit hohem Meeresspiegelanstieg einen Flächenverlust von rund 0,94 % der Landesfläche ohne Anpassung. Im zugehörigen makroökonomischen Modell werden die ökonomischen Effekte als BIP-Abweichung im Jahr 2085 gegenüber der Baseline ausgewiesen; für Deutschland beträgt diese im hohen Meeresspiegelanstiegsszenario ohne Anpassung rund 0,0057 % des BIP im Jahr 2085.

Durch den Einsatz von Küstenschutzmaßnahmen ließe sich der Landverlust auf 0,046 % reduzieren. Die jährlichen Kosten für solche Schutzmaßnahmen werden auf 0,009 % des BIP veranschlagt, was einer

deutlichen Ausweitung der Investitionen in den Küstenschutzsektor (+4,08 % gegenüber der 2085-Baseline) entspricht.

Tabelle 33: Übersicht vergangener Küstenhochwasser und Schadenshöhen für Deutschland

Jahr	Ort/Ereignis	Geschätzte Schadenshöhe	Quelle
1962	Sturmflut (Hamburg, Nordseeküste)	~ 410 Mio. EUR (820 Mio. DM)	Forschungsstelle für Zeitgeschichte 2025
1976	Orkan <i>“Capella”</i> (Sturmflut, Nordseeküste)	~ 445 Mio. EUR (870 Mio. DM)	dpa-infocom GmbH 2017
1995	Sturmflut (Ostseeküste Mecklenburg-Vorp.)	~7,7 Mio. EUR (mind. 15 Mio. DM)	dpa-infocom GmbH 2017
2006	Sturmflut (Ostseeküste)	<i>“mehrere Mio. EUR”</i>	dpa-infocom GmbH 2017
2023	Ostsee-Sturmhochwasser (Okt. 2023)	~200 Mio. EUR	Lübecker Nachrichten 2023

Vousdoukas et al. 2017 liefern direkte Schätzungen der erwarteten jährlichen Schäden (EAD) in Deutschland bis 2100 ohne zusätzliche Anpassung. Unter einem RCP 4.5 Szenario gehen die Autoren von Schäden in Höhe von 6 Mrd. EUR pro Jahr aus, bei einem RCP8.5-Szenario sogar von 38,8 Mrd. EUR pro Jahr. Auch die Zahl der betroffenen Menschen steigt stark an, von etwa 2000 Personen im Referenzszenario auf 23.000 im RCP4.5 Szenario bzw. 113.000 im RCP8.5-Szenario.

Die Autoren betonen, dass ehrgeizige Schutzmaßnahmen – z. B. Deicherhöhungen, Sturmflutsperrwerke oder Rückhalteflächen – in hochentwickelten Ländern wie Deutschland den größten Teil der projizierten Schäden vermeiden könnten. Allerdings sei der erforderliche Investitionsbedarf erheblich und müsse dauerhaft aufrechterhalten werden.

2.3.2.2 Anpassungskosten

Klimaanpassungsmaßnahmen verursachen – abhängig von Sektor, Maßnahmentyp und räumlichem Kontext – sehr unterschiedliche Kosten. In diesem Kapitel werden für zentrale Handlungsfelder des Hochwasserschutzes exemplarische Kostenansätze dargestellt, die auf aktuellen Studien, Modellierungen sowie Erfahrungswerten aus der Praxis basieren. Die Analyse gliedert sich nach Sektoren und Gefährdungstypen: Im Gebäudesektor werden Maßnahmen zum Schutz vor Hochwasser und Starkregen betrachtet, ergänzt um Kostenbeispiele für Entsiegelung im städtischen Raum. Für die Verkehrsinfrastruktur werden Anpassungsoptionen für Küsten- und Flusshochwasser beleuchtet. Darüber hinaus werden weitere relevante Maßnahmen aufgeführt, die zur Erhöhung der Klimaresilienz beitragen. Ziel ist es, einen Überblick über die Bandbreite möglicher Investitionsbedarfe zu geben.

2.3.2.2.1 Gebäudesektor

Die Kostenschätzungen für Hochwasser-bezogene Anpassungsmaßnahmen in diesem Sektor basieren auf den in der Detailbetrachtung des Gebäudesektors erstellten Berechnungen (Kapitel 2.3.1) Dementsprechend liegen die Gesamtkosten für bauliche Hochwasserschutzmaßnahmen im

Gebäudesektor zwischen 27 Mrd. EUR (niedrige Kostensätze) und 51 Mrd. EUR (hohe Kostensätze) (vgl. Abschnitt 2.3.1.2.2). Im Szenario mittlere Kostensätze entfallen 15 Mrd. EUR auf Gebäude mit mittlerem Risiko und 23 Mrd. EUR auf Gebäude mit hohem Risiko. Für bauliche Maßnahmen zum Schutz vor Starkregen ergeben sich Gesamtkosten zwischen 203 Mrd. EUR (niedrig) und 422 Mrd. EUR (hoch). Im mittleren Kostenszenario entfallen 158 Mrd. EUR auf Gebäude mit mittlerem Risiko und 154 Mrd. EUR auf Gebäude mit hohem Risiko.

Wie bereits erläutert dürfen die Beträge für Hochwasser- und Starkregenschutz nicht addiert werden, da einzelne Maßnahmen beide Gefahrenarten gleichzeitig reduzieren und somit in beiden Berechnungen erfasst sind (vgl. Abschnitt 2.3.1.4).

2.3.2.2.2 Kosten für Entsiegelungsmaßnahmen

Die Entsiegelung von Flächen gilt als zentrale Maßnahme im Rahmen der Klimaanpassung, insbesondere zur Reduzierung von pluvialen Hochwasserrisiken. Starkregenereignisse führen vor allem in stark versiegelten urbanen Räumen zu hohen Schadenssummen, da Niederschlagswasser nicht schnell genug versickern oder oberflächlich abfließen kann. Durch die Wiederherstellung wasserdurchlässiger Flächen lässt sich die lokale Retentionskapazität erhöhen, wodurch Abflussspitzen verringert und Überflutungen gemindert werden. Neben der direkten Reduktion des Schadenspotenzials trägt Entsiegelung auch zur Verbesserung des Stadtklimas, zur Förderung der Biodiversität und zur Grundwasserneubildung bei.

Für die Berechnung der Kosten für diesen Bereich wurden die folgenden Annahmen getroffen:

Bezüglich der entsiegelungsfähigen Fläche wurde die Erhebung des Umweltbundesamtes herangezogen (Pannicke-Prochnow et al. 2021). Dort wird für die Flächenkulisse „Gebäude- und zugehörige Freiflächen“ ein Renaturierungs- bzw. Entsiegelungspotenzial in der Größenordnung von etwa 1 % als grobe Richtschnur genannt. Um eine bundesweite Größenordnung abzuleiten, verwenden wir diesen 1 %-Ansatz als konservative, vereinfachende Annahme auf die Siedlungs- und Verkehrsfläche (ca. 5,2 Mio. ha bzw. 14,5 % der Bundesfläche). Daraus resultiert ein rechnerisches Potenzial von rund 520 km² bzw. 520 Mio. m². Hinweis: Der 1 %-Wert ist methodisch dem UBA als Näherungswert entnommen und bezieht sich ursprünglich auf „Gebäude- und zugehörige Freiflächen“; die Übertragung auf die gesamte Siedlungs- und Verkehrsfläche dient hier der Größenordnungsschätzung und überschätzt bzw. unterschätzt das tatsächlich realisierbare Potenzial je nach lokaler Flächenstruktur. Mit Blick auf die Kosten von Entsiegelungsmaßnahmen je m² wurden drei Kategorien von Maßnahmen unterschieden:

- Teilentsiegelung (z. B. Austausch durch versickerungsfähiges Pflaster): 60–180 EUR/m²
- Vollentsiegelung (kompletter Rückbau, Begrünung): 50–120 EUR/m²
- Vollentsiegelung + blau-grüne Infrastruktur (z. B. Mulden-Rigolen, Baumstandorte): 150–250 EUR/m²

Die Angaben der Kostenspannen basieren auf Zahlen der Regenwasseragentur Berlin (o. J.) und der Stadt Neuwied (2024).

Für die Berechnung verschiedener Umsetzungsszenarien erfolgte eine Berechnung der Gesamtkosten für unterschiedliche Annahmen des Realisierungsumfangs der Entsiegelungspotentiale: bei einem niedrigen Umsetzungsszenario wurde davon ausgegangen, dass 25 % der Entsiegelungspotentiale realisiert werden, bei einem mittleren Szenario werden 50 % der Potentiale realisiert und bei einem hohen Umsetzungsszenario 75 %. Für eine Darstellung der Spannbreite der sich ergebenden Kosten wurde jeweils sowohl mit dem niedrigen Ende der Kostenspanne pro m² als auch mit dem hohen Ende der Kostenspanne gerechnet. Daraus ergibt sich die folgende Berechnungsformel:

$$\text{Gesamtkosten} = \text{Potenzialfläche} \times \text{Realisierungsquote} \times \text{Kosten je m}^2$$

Tabelle 34 zeigt die verschiedenen Kostenschätzungen, die sich aus diesem Vorgehen ergeben.

Tabelle 34: Ergebnisse Kosten für Entsiegelung

Maßnahmentyp	Kosten_min EUR/m ²	Kosten_max EUR/m ²	Realisierungs- quote	Gesamt- kosten_min Mrd.EUR	Gesamt- kosten_max Mrd EUR
Teil- Entsiegelung	60	180	25 %	7,8	23,4
			50 %	15,6	46,8
			75 %	23,4	70,2
Voll- Entsiegelung	50	120	25 %	6,5	15,6
			50 %	13	31,2
			75 %	19,5	46,8
Voll- Entsiegelung + blau-grüne Infrastruktur	150	250	25 %	19,5	32,5
			50 %	39	65
			75 %	58,5	97,5

Die exemplarische Kostenberechnung zeigt deutlich, dass selbst bei einer konservativen Umsetzung von nur 25 % des entsiegelbaren Potenzials erhebliche Investitionen erforderlich wären. Je nach Maßnahmentyp liegen die Gesamtkosten in diesem Szenario zwischen rund 6,5 Mrd. EUR (Vollentsiegelung im unteren Kostensegment) und 32,5 Mrd. EUR (Vollentsiegelung mit blau-grüner Infrastruktur im oberen Kostensegment). Bei einer 50 %-Realisierung steigen die Investitionssummen auf 13–46,8 Mrd. EUR für konventionelle Maßnahmen und auf 39–65 Mrd. EUR für aufwändige blau-grüne Projekte. Werden 75 % des Potenzials erschlossen, verdreifachen sich die Beträge entsprechend und erreichen im teuersten Fall knapp 100 Mrd. EUR.

Die Maßnahmentypen unterscheiden sich dabei nicht nur in ihren Kosten, sondern auch im funktionalen Mehrwert: Während eine reine Vollentsiegelung vergleichsweise günstiger ist, bietet die Integration blau-grüner Infrastruktur – etwa Baumrigolen, Versickerungsmulden oder kombinierte Retentionsflächen – den größten Beitrag zur Klimaanpassung. Diese Maßnahmen erhöhen die Speicher- und Versickerungskapazität erheblich, reduzieren Abflussspitzen bei Starkregen und verbessern zusätzlich das Mikroklima sowie die Biodiversität.

Zusätzlich ist zu berücksichtigen, dass Entsiegelungsmaßnahmen potenziell mit wirtschaftlichen Landnutzungsinteressen in Konflikt stehen (z. B. Konkurrenz zwischen Retentionsflächen und Bau- bzw.

Gewerbe­flächen). Je nach Datengrundlage unterscheiden sich damit technisches Potenzial (flächen- und bauplanungsrechtlich grundsätzlich entsiegelungsfähig) und wirtschaftlich-gesellschaftlich realisierbares Potenzial. Zudem werden in den hier ausgewiesenen Kosten mögliche Einsparungen nicht abgebildet, etwa durch verringerte Abwassergebühren, reduzierte Folgekosten der Überflutungsvorsorge oder vermiedene Schäden bei Starkregenereignissen. Diese Aspekte sind bei der Interpretation der Investitionsbedarfe mitzudenken und in weiterführenden Wirtschaftlichkeitsbewertungen gesondert zu quantifizieren.

2.3.2.2.3 Verkehrsinfrastruktur

Die Verkehrsinfrastruktur in Deutschland – bestehend aus Straßen, Schienen, Binnenwasserstraßen, See- und Flughäfen – ist in erheblichem Maße durch Hochwasserereignisse gefährdet. Neben großflächigen Flusshochwassern stellen auch Überflutungen infolge von Meeresspiegelanstieg und Sturmfluten in Küstenregionen relevante Risiken dar. Eine Verringerung dieser Risiken erfordert gezielte Investitionen in Anpassungsmaßnahmen wie die Erhöhung von Dämmen, die Sicherung von Brücken und kritischen Knotenpunkten, die Anhebung oder Umlegung von Trassen sowie den Schutz von Hafen- und Terminalanlagen.

Die hier vorliegende Schätzung der Anpassungskosten im Bereich der Verkehrsinfrastruktur mit Blick auf Hochwasser basiert stark auf einer Studie der Europäischen Kommission, in deren Rahmen die Investitionsbedarfe für die Anpassung des sogenannten TEN-T Netzwerkes an die Folgen des Klimawandels geschätzt werden (Schade et al. 2024). Das TEN-T Netz (deutsch: TEN-V Netz) ist ein transeuropäisches Verkehrsnetz, welches aus drei Ebenen besteht: dem Kernnetz, dem erweiterten Kernnetz und dem Gesamtnetz (BMV 2024). Die Verkehrskorridore, die Teil dieses Netzwerkes sind, sind multimodal angelegt und sollen grenzüberschreitende Verbindungen innerhalb der EU und ihrer Nachbarstaaten stärken (BMV 2024). Die Studie von Schade et al. (2024) zeigt für das Kern- und Gesamtnetz spezifische Anpassungskosten und Investitionsbedarfe auf. Da diese Werte nur den Anteil der deutschen Verkehrsinfrastruktur abbilden, der Teil des TEN-T Netzwerkes ist, wurde der prozentuale Anteil des TEN-T-Netzes an der jeweiligen Infrastrukturkomponente (z. B. 22 % bei Straßen, 33 % bei Schienen) ermittelt (vgl. Tabelle 35: Übersicht des Anteils des TEN-T Netzwerkes an gesamtdeutscher Verkehrsinfrastruktur Tabelle 35) und die Kostenschätzungen anschließend auf den gesamten nationalen Bestand hochgerechnet. Die Anpassungskosten, die aus Schade et al. (2024) übernommen wurden, basieren auf einem RCP6.0-Szenario des Klimawandels und betrachten den Zeitraum bis Mitte des Jahrhunderts.

Tabelle 35: Übersicht des Anteils des TEN-T Netzwerkes an gesamtdeutscher Verkehrsinfrastruktur

Infrastrukturtyp	Gesamt Deutschland	TEN-T Gesamtnetzwerk (DE) Total	Anteil des TEN-T Netz am Gesamtbestand (DE) in %
Straßen⁵ (km)	50.956	11.396	22
Schienen Personen- und Güterverkehr (km)	39.200	12.765	33
Binnenwasserstraßen (km)	ca. 7.500	4.258	57
Häfen (Anzahl)	181	108	60
Flughäfen (Anzahl)	ca. 35	24	69

⁵ Umfasst Bundesstraßen und Autobahnen.

Für die Anpassung der Verkehrsinfrastruktur an Flusshochwasser ergeben sich die in Tabelle 36 dargestellten Schätzungen für Deutschland. Für das gesamtdeutsche Verkehrsnetz belaufen sich die geschätzten Kosten auf ca. 1,53 Mrd. EUR. Den größten Anteil an diesen Kosten machen Anpassungsaktivitäten für die Schieneninfrastruktur aus (ca. 63 %), gefolgt von Straßen und Binnenwasserstraßen.

Tabelle 36: Geschätzte Anpassungskosten an Flusshochwasser für deutsche Verkehrsinfrastruktur bis Mitte des Jahrhunderts unter RCP6.0-Szenario

Infrastrukturkomponente	Anpassungskosten TEN-T Netz in Deutschland	Extrapolierte Kosten (Deutschland gesamt)
Flughäfen	11 Mio. EUR	50 Mio. EUR
Schiene	317 Mio. EUR	960 Mio. EUR
Straße	197 Mio. EUR	328 Mio. EUR
Binnenwasserstraßen	123 Mio. EUR	187 Mio. EUR
Gesamt		1.525 Mio. EUR

Für die Anpassung an Küstenhochwasser belaufen sich die Anpassungskosten im selben Zeitraum und unter demselben Klimawandel-Szenario auf rund 9 Mrd. EUR, wobei die Anpassung der Seehäfen den größten Anteil an den Kosten einnimmt, gefolgt von Schienen- und Straßeninfrastruktur in exponierten Küstenlagen.

Tabelle 37: Geschätzte Anpassungskosten an Küstenhochwasser für deutsche Verkehrsinfrastruktur bis Mitte des Jahrhunderts unter RCP6.0-Szenario

Infrastrukturkomponente	Anpassungskosten TEN-T Netz in Deutschland	Extrapolierte Kosten (Deutschland gesamt)
Schiene	0,96 Mrd. EUR	2,92 Mrd. EUR
Straße	0,62 Mrd. EUR	2,82 Mrd. EUR
Seehäfen	1,98 Mrd. EUR	3,29 Mrd. EUR
Gesamt		8,96 Mrd. EUR

2.3.2.3 Erläuterungen einzelner Anpassungsmaßnahmen

Im vorherigen Kapitel wurden aggregierte Anpassungskosten für zentrale Handlungsfelder – Gebäude, Entsiegelung und Verkehrsinfrastruktur – dargestellt. Diese Gesamtsummen basieren auf Hochrechnungen und Modellierungen, in denen verschiedene Einzelmaßnahmen zusammengefasst werden. Im folgenden Kapitel werden diese Einzelmaßnahmen genauer betrachtet. Für relevante Bereiche werden die wichtigsten Maßnahmentypen, ihre Funktionsweise und – soweit verfügbar – typische Kostenspannen dargestellt. Die Angaben stammen überwiegend aus deutschen Studien und offiziellen Quellen, ergänzt durch EU-Studien mit direktem Bezug zum deutschen Kontext.

Diese Detailbetrachtung soll verdeutlichen, welche konkreten Anpassungsmaßnahmen hinter den im vorherigen Kapitel ausgewiesenen Gesamtkosten stehen, und ermöglicht eine differenziertere Einschätzung ihrer Wirksamkeit und Umsetzbarkeit.

2.3.2.3.1 Gebäudeschutzmaßnahmen

Für den Schutz einzelner Gebäude vor Extremwetter (v.a. Starkregen und Hochwasser) kommen objektbezogene Maßnahmen zum Einsatz. Typische Beispiele sind der Einbau von Rückstauventilen, druckwasserdichten Bauelementen oder in Extremfällen sogar die Verlagerung ganzer Gebäude aus Gefahrenbereichen. Tabelle 38 gibt hierzu eine exemplarische Übersicht. Die dort aufgeführten Einzelmaßnahmekosten sind nicht direkt mit den im Gebäudekapitel (Abschnitt 2.3.1.1.4) berichteten Paket- bzw. Szenario-Kosten vergleichbar, da Sander et al. (2025) hier Einzelmaßnahmen je Gebäudetyp ausweisen, während dort Maßnahmenpakete nach Anpassungsniveau (niedrig/mittel/hoch) aggregiert werden.

Tabelle 38: Einmalige Investitionskosten ausgewählter baulicher Anpassungsmaßnahmen zum Schutz von Einfamilienhäusern vor Starkregen und Hochwasser (Sander et al. 2025)

Maßnahme	Kosten (niedrig)	Kosten (hoch)
Erhöhung von Schwellen (an Türen und Lichtschächten)	1.200	1.800
Rückstauklappen	2.240	2.908
Spezialkellerfenster	4.375	4.375
Verlagerung Haustechnik	10.944	19.152
Unteres Stockwerk fliesen	4.800	8.000

Rückstauventile und -klappen gehören zu den kosteneffizientesten Gebäudeschutzmaßnahmen. Bereits für wenige tausend EUR lassen sich einfache Rückstausicherungen installieren. Druckwasserdichte (hochwasserfeste) Fenster und Türen verursachen mittlere einmalige Investitionskosten im höheren vierstelligen Bereich pro Öffnung. Sie lohnen sich vor allem für tiefliegende Gebäudeteile; beim Julihochwasser 2021 in Deutschland zeigte sich etwa, dass Häuser mit solchen Schutzfenstern deutlich weniger Wasserschäden im Keller hatten (Schutz bis zur Fensterbrüstung).

Die Gebäudeverlegung aus Risikozonen wird in Deutschland bislang selten praktiziert, da die Kosten pro Objekt enorm hoch sind und oft an den Zeitwert des Gebäudes heranreichen. Das Beispiel Röderau-Süd (Sachsen) zeigt jedoch, dass in Extremfällen ganze Ortsteile aufgegeben werden: Dort kostete 2003 die vollständige Umsiedlung eines hochwassergefährdeten Neubaugebiets rund 36 Mio. EUR, umgerechnet etwa 195.000 EUR pro Haus– finanziert aus Fluthilfefonds (Winter 2003). Solche Maßnahmen eliminieren das Risiko zwar vollständig, stehen aber nur in Ausnahmefällen im Verhältnis von Nutzen und Kosten.

2.3.2.3.2 Verkehrsinfrastruktur

Zur Klimaanpassung der Verkehrswege werden Schutzmaßnahmen auf unterschiedlichen Ebenen umgesetzt, die sich in großräumige, systemische Schutzmaßnahmen und infrastrukturspezifische, objektschutzorientierte Anpassungen unterteilen lassen.

2.3.2.3.2.1 Großräumige Schutzmaßnahmen

Großräumige Schutzmaßnahmen (z. B. Deichsysteme, Rückhalteflächen) sind nicht ausschließlich der Verkehrsinfrastruktur zuzurechnen. Sie stellen bereichsübergreifende Maßnahmen des Hochwasserschutzes dar und werden hier mit Blick auf ihre Relevanz für Verkehrswege erläutert. Sie

wirken netz- oder landesweit und schützen nicht nur einzelne Infrastrukturelemente, sondern ganze Abschnitte oder Regionen vor Überflutung. Sie sind häufig sehr kostenintensiv, aber auch hochwirksam.

- Deiche, Dämme und Schutzmauern (z. B. entlang von Fluss- oder Küstenabschnitten)
- Rückhaltebecken und ausgewiesene Überflutungsflächen
- Hafen- und Wasserstraßenschutz (z. B. Wellenbrecher, Uferschutzanlagen)

Diese Ebene wird in der Regel durch Wasserwirtschafts- und Küstenschutzbehörden verantwortet und dient gleichzeitig dem Schutz von Siedlungen, Landwirtschaft und Verkehrsinfrastruktur. Nachfolgend sind eine Reihe von möglichen Anpassungsmaßnahmen aufgeführt, die für die Verkehrsinfrastruktur relevant sind, jedoch auch Schutzwirkungen auf weitere Bereiche haben. Die Tabelle ist der Studie von Schade et al. (2024) entnommen.

Tabelle 39: Übersicht von Maßnahmen zur Anpassung der Verkehrsinfrastruktur, basierend auf Schade et al. (2024)

Verkehrsträger	Ereignistyp	Anpassungsmaßnahmen	Wirksamkeit
Straßenverkehr	Küstenhochwasser	Deiche, Schutzmauern und Wälle	Wirksam zur Verhinderung von Überflutungen, jedoch teuer und wartungsintensiv
Straßenverkehr	Flusshochwasser	Entwässerungssysteme	Reduziert Wasseransammlungen deutlich; Wirksamkeit hängt von der Qualität der Entwässerungssysteme ab
Schienenverkehr	Küstenhochwasser	Deiche, Schutzmauern und Wälle	Schützt die Bahninfrastruktur vor Wasserschäden, erfordert jedoch erhebliche Investitionen
Schienenverkehr	Flusshochwasser	Entwässerungssysteme, ausgewiesene Überflutungsflächen	Schützt die Bahninfrastruktur vor Überflutung; Wirksamkeit hängt von der Qualität der Umsetzung ab
Flughäfen	Küstenhochwasser	Schutzdämme, Deiche oder Ufersicherungen	Kann das Überflutungsrisiko erheblich verringern, erfordert jedoch laufende Wartung und Investitionen
Flughäfen	Flusshochwasser	Erhöhung der Entwässerungskapazität und Verbesserung der Entwässerungssysteme	Verringert das Risiko von Überflutungen auf Flughäfen; die Wirksamkeit hängt von der Systemgestaltung und -wartung ab

See- und Binnenhäfen / Wasserstraßen	Küstenhochwasser	Bau von Wellenbrechern	Schützt Häfen und Wasserwege vor Auswirkungen des Meeresspiegelanstiegs; verursacht jedoch erhebliche Kosten
See- und Binnenhäfen / Wasserstraßen	Flusshochwasser	Rückhaltebecken und ausgewiesene Überflutungsflächen	Hilft, Überschusswasser zu managen und verringert Auswirkungen auf die Infrastruktur
Binnenwasserstraßen	Flusshochwasser	Rückhaltebecken und ausgewiesene Überflutungsflächen	Hilft, Überschusswasser zu managen und die Auswirkungen auf die Infrastruktur zu verringern

Für einzelne Maßnahmen im Bereich Küstenschutz lassen sich Kostenschätzungen pro Einheit (pro Meter oder Kilometer) auflisten. Wellenbrecher und ähnliche Küstenvorbauten kosten in der Regel zehntausende EUR pro laufendem Meter. Die genannten 10.000–20.000 EUR/m stammen aus niederländischen Kalkulationen für massive Wellenbrecher und Molen (EEA 2022). Sie schützen Häfen oder exponierte Küstenabschnitte, indem sie die Wucht der Wellen brechen – was sich in vermindertem Instandhaltungsaufwand an Deichen und Ufern niederschlägt.

Klassischer Seedeichbau ist ebenfalls teuer: Ein Kilometer Nordseedeich, um einen Meter erhöht und verstärkt, wurde zuletzt mit rund 3–4 Mio. EUR veranschlagt (Deutschlandfunk Kultur 2020). Deiche müssen nicht nur erhöht, sondern auch in der Basis verbreitert und mit robustem Deckwerk (Stein/Grasnarbe) versehen werden, was die Kosten treibt (Deutschlandfunk Kultur 2020).

Dennoch gelten Deicherhöhungen als notwendige Investition, da ohne sie das Schadenpotenzial durch Deichbrüche immens wäre. Beispielhaft plant Schleswig-Holstein nun mit 50 cm Meeresspiegelanstieg bis 2100 statt früher 25 cm, was entsprechende Deicherhöhungen erforderlich macht (Deutschlandfunk Kultur 2020).

Die aufwändigsten Einzelbauwerke sind Sturmflutsperrwerke. Solche Sperrwerke schützen große Regionen vor Flutschäden. Die Wirksamkeit ist sehr hoch – Sturmflutsperrwerke halten Pegelanstiege komplett zurück, – jedoch müssen sie für extreme Szenarien dimensioniert und langfristig (über Jahrzehnte) funktionstüchtig gehalten werden. Die nachfolgenden Beispiele illustrieren die große Spannweite realistischer Bau- und Kilometerkosten für Sturmflutsperrwerke, für welche jedoch keine standortspezifische Kosten-Nutzen-Bewertungen vorliegen:

- Die Thames Barrier in London wurde 1984 nach achtjähriger Bauzeit und Kosten von 535 Mio. GBP (entsprach 2024 ca. 2,4 Mrd. GBP) eröffnet (Environment Agency 2024). Mit einer Spanne von 520 m und 10 Toren, die bis zu 3.000 t pro Stück wiegen, handelt es sich um eine der größten beweglichen Flutbarrieren der Welt (Environment Agency 2025). Für die technisch hochkomplexe Thames Barrier schlägt damit nach heutigem Währungsstand ein Kilometerpreis von über 4,62 Mrd. GBP (entspricht ca. 5,34 Mrd. EUR) zu Buche.
- Das niederländische Sturmflutwehr Oosterscheldekering wurde 1986 nach 19-jähriger Bauzeit eingeweiht und kostete bei einer Länge von 9 km, von denen 3 schließbar sind, nach heutigem

Maßstab ca. 2,5 Mrd. EUR (Watersnood Museum o. J.). Der Kilometerpreis der Anlage liegt somit bei ca. 278 Mio. EUR.

- Das deutsche Eider-Sperrwerk (Baujahr 1973) kostete im Bau ca. 170 Mio. DM (Buchwald 2025; entspricht lt. Deutsche Bundesbank 2025 ca. 303 Mio. EUR) und ist mit einer Länge von 4,9 km das größte deutsche Küstenbauwerk. Hier fielen Baukosten von ca. 62 Mio. EUR/km an.

Die große Preisspanne verdeutlicht, dass bei Sturmflutsperrwerken die konkrete technische Ausgestaltung stärker ins Gewicht fällt als die reine Länge des Bauwerks. Die jeweils notwendige Komplexität richtet sich dabei nach den lokalen geophysikalischen Gegebenheiten und kann erheblich variieren.

Tabelle 40: Einheitspreise einzelner Küstenschutzmaßnahmen

Maßnahme (Küstenschutz)	Einheitspreis (circa)	Quelle	Schutzwirkung
Offshore-Wellenbrecher	10.000–20.000 EUR pro Meter Länge	EEA (2022)	Reduziert die Wellenhöhe und - energie an der Küste deutlich, verringert Dünen- und Deichabtrag bei Sturmfluten
Deicherhöhung Küste	3–4 Mio. EUR pro km	Deutschlandfunk Kultur (2020) + eigene Interviews	Verbesserung des Schutzes vor Sturmfluten um eine Sicherheitsreserve (50 cm Meeresspiegelanstieg können so kompensiert werden); reduziert Überflutungsrisiko für Hinterland erheblich
Sturmflutsperrwerk	Weite Spanne je nach Standort und technischer Komplexität: Ca. 62 Mio. – ca. 5,34 Mrd. EUR pro km	EEA (2016), Environment Agency (2025), Watersnood Museum (o. J.)	Schutz vor Sturmflutwasser für ein ganzes Ästuar/Gebiet; teure, großangelegte Projekte mit langen Implementationszeiten und langer Lebenszeit (50+ Jahre)

2.3.2.3.2.2 Verkehrsinfrastruktur-spezifische Maßnahmen

Diese Maßnahmen werden direkt an den Verkehrswegen umgesetzt und sind gezielt auf die Funktionsfähigkeit einzelner Objekte oder Streckenabschnitte ausgerichtet. Sie können unabhängig von großräumigen Schutzsystemen wirken oder diese ergänzen. Beispiele solcher Maßnahmen sind unter anderem die Anhebung von Straßen und Bahntrassen, Brückenbauanpassungen oder Straßen- und Schienendrainagesysteme.

Straßen- und Bahntrassen können durch gezielte Anhebungen oder den Bau begleitender Schutzbauwerke wie Deiche oder Dämme vor Überflutung geschützt werden. Solche Maßnahmen werden vor allem in tiefliegenden oder hochwassergefährdeten Abschnitten umgesetzt und können je nach Topografie, notwendiger Schutzhöhe und bestehender Infrastruktur sehr unterschiedlich ausgestaltet sein.

Brücken stellen Sonderfälle dar. Bestehende Brücken können durch Unterfangung und Kolkschutz (Schutz vor Ausspülungen) oder durch Aufhöhung der Widerlager gegen Überströmung geschützt werden. Konkrete Einheitspreise sind hier schwer zu beziffern, da jede Brücke ein Unikat ist. Klar ist jedoch: Lange Talbrücken oder Viadukte neu hochwassersicher zu bauen, ist um ein Vielfaches teurer als ein Straßendamm. So erfordern beispielsweise erhöhte Straßen auf Pfeilern (brückenähnliche Konstruktion) ein Vielfaches der Kosten eines Erddamms gleicher Länge (EEA 2025).

In der Praxis wird daher oft eine Kombination gewählt: Kleinere Durchlässe und Brückchen werden erhöht oder mit mobilen Schutzelementen versehen, während großräumig eher Umfahrungen auf höherem Gelände oder Dämmen bevorzugt werden. Insgesamt zielen diese Maßnahmen darauf ab, die Funktionsfähigkeit von Verkehrswegen im Hochwasserfall zu erhalten – etwa um Evakuierungen zu ermöglichen und wirtschaftliche Schäden durch Infrastruktur-Ausfälle zu verringern.

Tabelle 41: Übersicht von Anpassungsmaßnahmen gegen Überflutung mit Kostenangaben aus (Schade et al. 2024)

Anpassungs- maßnahme	Gefährdungs- -typ	Modus/ Anwendungs- -bereich	Kosten	Kosten- Einheit	Land / Region
Deiche und Dämme	Hochwasser	Binnen- gewässer	300-4500	€/m	USA
Flutsperren (Flood barriers)	Hochwasser	Binnen- gewässer	1.840.000.000	€/Fall	USA
Flutmauer am Fluss (River Flood Wall)	Hochwasser	Binnen- gewässer	340–1230	€/m	USA
Seewälle (Seawalls)	Hochwasser	Küste	460- 12.300	€/m	USA
Präventive Investitionen in Straßenbrücken	Hochwasser	Straßen	800.000.000	€/Jahr	Frankreich
Reduktion des Erdrutschrisikos um 25 %	Hochwasser	Eisenbahnen	95.000.000	€/Fall	Vereinigtes Königreich
Verbesserung von Autobahnen: Damm / Anhebung	Hochwasser	Straßen	5	% über Basis- investition (ohne Verbesserung)	Global
Verbesserung sekundärer städtischer Straßen	Hochwasser	Straßen	5	% über Basis- investition (ohne Verbesserung)	Global

Die Analyse zeigt, dass wirksamer Hochwasser- und Starkregenschutz nicht auf eine einzelne Maßnahme reduziert werden kann. Vielmehr ist eine Kombination aus großräumigen, systemischen

Schutzsystemen – wie Deichen, Rückhaltebecken oder Sperrwerken – und gezielten objektspezifischen Anpassungen, etwa an Gebäuden oder Verkehrswegen, erforderlich. Während erstere ein hohes Maß an Sicherheit für ganze Regionen bieten, sichern letztere die Funktionsfähigkeit kritischer Infrastruktur auch bei teilweisem Versagen der übergeordneten Schutzsysteme. Die Spannweite der Investitionsbedarfe ist beträchtlich: von relativ kostengünstigen Objektschutzmaßnahmen bis hin zu komplexen Großbauwerken mit sehr hohen Errichtungs- und Unterhaltskosten. Eine strategische Priorisierung nach Gefährdung, Schutzwirkung und Kosten-Nutzen-Verhältnis ist daher unerlässlich. Die dargestellten Maßnahmen machen deutlich, dass frühzeitige und abgestufte Anpassung nicht nur künftige Schäden erheblich reduzieren, sondern auch die Resilienz ganzer Sektoren nachhaltig stärken kann.

2.4 Übersicht der Forschungsbedarfe

Dieses Kapitel bündelt Forschungsbedarfe entlang zweier komplementärer Perspektiven: (1) modellbasierte, überwiegend Top-down ausgerichtete Ansätze, die gesamtwirtschaftliche Wirkungszusammenhänge und Rückkopplungen abbilden (Abschnitt 2.4.1), sowie (2) Bottom-up-orientierte Ansätze, die auf Maßnahmen, Paketen und sektor- bzw. objektspezifischen Daten aufsetzen (Abschnitte 2.4.2–2.4.4). Beide Perspektiven sind für eine robuste Abschätzung von Anpassungsbedarfen und -kosten notwendig und sollten methodisch verzahnt werden. Im Bottom-up-Teil werden insbesondere die konsistente Definition von Anpassungsszenarien und Schutzniveaus, die Erhebung des Status quo, die Ableitung von Umsetzungskosten aus politischen Zielrahmen (DAS/APA IV) sowie die systematische Berücksichtigung von Betriebs- und Unterhaltungskosten adressiert. Die Verknüpfung beider Ansätze ermöglicht es, Maßnahmenkosten und -wirkungen aus der Praxis mit makroökonomischen Ergebnissen zu plausibilisieren und Priorisierungen evidenzbasiert vorzunehmen.

2.4.1 Forschungsbedarfe modellbasierter Ansätze

Der Forschungsbedarf ergibt sich aus der begrenzten Anzahl verfügbarer Studien für Deutschland sowie der begrenzten Berücksichtigung von Wirkungsfeldern und -kanälen. Generell berücksichtigen die meisten Studien Hochwasser an Flüssen und Küsten, Ertragseinbußen in der Land- und Forstwirtschaft, Energiebedarf und -versorgung sowie Effekte von Hitze auf die Arbeitsproduktivität.

Weniger Studien liegen zu den wirtschaftlichen Folgen von Extremwetterereignissen, Veränderungen im Tourismus, sowie zu wirtschaftlichen Einbußen durch Wasserknappheit und Dürre vor. Darüber hinaus gibt es wesentliche Bereiche, die bislang kaum Eingang in die Forschung gefunden haben, da sie nur teilweise oder gar nicht modellierbar sind und sich zudem nur schwer quantifizieren lassen – beispielsweise Biodiversitätsverluste. Hier ergibt sich ein klarer Forschungsbedarf, da für eine zielgerichtete und wirksame Anpassung ein besseres Verständnis der wirtschaftlichen Folgen von bislang weniger beforschten Wirkungskanälen essenziell ist, um den Anpassungsbedarf Deutschlands vollständiger abschätzen zu können und eine besser fundierte Priorisierung von Anpassung vornehmen zu können.

Um die Unsicherheiten zu reduzieren und die Robustheit der Ergebnisse zu erhöhen, sind weitere Forschungsarbeiten aber auch zu den bereits stärker beforschten Bereichen erforderlich. Hier empfiehlt es sich, die Einbindung von deutschen Teams in internationale Forschungsprojekte (z. B. über Horizon Europe, JPI Climate, ERA Net) zu verstärken und im Falle von nationalen Projekten eine starke Vernetzung zu anderen internationalen Projekten zu etablieren und internationale Vergleichsdaten wie ISI-MIP zu nutzen. Bei nationalen Projekten sollte zudem darauf geachtet werden, dass möglichst mehrere makroökonomische Teams mit unterschiedlichen Modellansätzen eingebunden sind. Ein weiterer Forschungsbedarf verdient zudem die Analyse von High-End-Szenarien, ergänzt um Storyline-

Ansätze, die beispielsweise vergangene Extremereignisse wie das Ahr-Hochwasser 2021 unter zukünftigen klimatischen Bedingungen untersuchen.

Weiterer Forschungsbedarf ergibt sich in der Regionalisierung, die für ein großes und vielfältiges Land von besonderer Bedeutung ist: nur sehr wenige Studien untersuchen die wirtschaftlichen Folgewirkungen des Klimawandels auf der Ebene von Ländern und Kommunen. Ein tieferes Verständnis dieser Effekte ist aber wiederum essenziell für eine zielgerichtete Anpassung.

Insbesondere im Bereich der Anpassungsmaßnahmen bestehen erhebliche Forschungslücken, vor allem hinsichtlich einer ganzheitlichen volkswirtschaftlichen Bewertung. Die Entwicklung und Integration differenzierter Anpassungsszenarien in künftigen Modellen ist daher essenziell, um fundierte Entscheidungsgrundlagen für die Politik zu schaffen.

2.4.2 Erarbeitung eines Anpassungsszenarios und Status Quo-Daten

Ein weiterer wesentlicher Forschungsbedarf besteht darin, das zugrundeliegende Anpassungsszenario für die Analyse klar zu definieren. Dies betrifft sowohl die Auswahl des Klimawandel-Szenarios, an das sich angepasst werden soll, als auch die Festlegung des angestrebten Schutzniveaus, beziehungsweise des akzeptierten Restrisikos. Es wäre denkbar, verschiedene Szenarien zu betrachten – etwa unterschiedliche Grade der globalen Erwärmung oder verschiedene Zielvorgaben für das Anpassungsniveau –, jedoch müssen diese jeweils eindeutig und nachvollziehbar definiert werden.

Ein Teil dieser Erarbeitung eines Anpassungsszenarios ist die Analyse, welche konkreten Maßnahmen erforderlich wären, um das gewünschte Anpassungsniveau zu erreichen. Diese Analyse ist zwangsläufig mit Unsicherheiten und Annahmen behaftet, insbesondere hinsichtlich der tatsächlichen Wirksamkeit einzelner Maßnahmen. Entsprechend müssten die zugrundeliegenden Annahmen zur Wirkung jeder Maßnahme transparent gemacht werden.

Zentral ist zudem, dass die Untersuchung nicht nur die Wirkungen und Kosten einzelner Anpassungsmaßnahmen betrachtet, sondern die Gesamtheit der Maßnahmen in den Blick nimmt. Anpassungsmaßnahmen entfalten ihre Wirkung häufig erst im Zusammenspiel; ihre Effekte können sich gegenseitig verstärken oder abschwächen. Für die Definition eines anzustrebenden Anpassungsszenarios ist daher eine umfassende Betrachtung der jeweiligen Maßnahmenpakete erforderlich, um zu bestimmen, welches Bündel an Maßnahmen notwendig ist, um ein bestimmtes Anpassungslevel tatsächlich zu erreichen.

Ein bedeutender Forschungsbedarf ergibt sich zudem aus der unzureichenden Datenlage zum aktuellen Stand der Klimaanpassung in Deutschland. Für belastbare Analysen und zielgerichtete Strategien ist es notwendig, zunächst eine flächendeckende Erfassung des Status quo vorzunehmen. Derzeit fehlen jedoch differenzierte und systematische Daten darüber, in welchem Umfang bereits Anpassungs- und Modernisierungsmaßnahmen in verschiedenen Sektoren umgesetzt wurden.

In der Praxis wird häufig vereinfachend angenommen, dass sich alle betrachteten Objekte – etwa Deiche, Gebäude oder Infrastrukturen – auf dem gleichen Ausgangsniveau befinden und bislang keine Anpassungsmaßnahmen erfolgt sind. Diese Annahme entspricht jedoch nicht der Realität und führt zu einer Verzerrung und Ungenauigkeit der Analysen. Tatsächlich ist der Stand der Anpassung sehr heterogen: Während manche Deiche bereits erhöht und umfassend modernisiert wurden, befinden sich andere noch auf einem deutlich niedrigeren Schutzniveau. Auch im Gebäudebestand gibt es große Unterschiede – einige Gebäude verfügen bereits über Maßnahmen wie Hitzeschutz oder Hochwasserschutz, andere hingegen nicht. Derzeit existieren jedoch keine flächendeckenden und detaillierten Daten zum Zustand und zur Ausstattung von Gebäuden.

2.4.3 Anpassungsziele und Umsetzungskosten des APA IV

Wie im Rahmen der Sensitivitätsbetrachtung erwähnt, ist einer der Faktoren, der für eine valide Abschätzung von Anpassungskosten benötigt wird, ein klar definiertes Anpassungsszenario. Eine wichtige Informationsgrundlage für ein solches Szenario ist eine klare Definition des Anpassungsziels: Wie genau sieht eine „erfolgreiche“ Anpassung aus. Mit der neuen Deutschen Anpassungsstrategie (DAS) liegen erstmals messbare Ziele der Anpassung vor, die eine Grundlage für eine detaillierte Abschätzung der damit verbundenen Investitionsnotwendigkeiten bieten.

Eine Möglichkeit, sich den erwarteten Anpassungskosten für Deutschland auf Bundesebene anzunähern wäre eine Analyse des aktuellen Anpassungsplans (APA IV). Dieser stellt den aktuellen Planungsstand von Anpassungsmaßnahmen des Bundes dar. Eine Analyse, welche Kosten mit der Umsetzung dieses Plans verbunden sind, könnte daher die derzeitigen geplanten Kosten erfassen. Im APA IV selbst sind, anders als im APA III, bislang keine Kostenangaben für einzelne Maßnahmen enthalten.

Ziel sollte es sein, die Kosten einer vollständigen Umsetzung aller im APA IV vorgesehenen Maßnahmen systematisch zu erfassen und – ergänzend – die im APA IV bzw. in der DAS definierten Anpassungsziele mit belastbaren, nachvollziehbaren Kostenschätzungen zu hinterlegen. Vor dem Hintergrund der in Abschnitt 2.4.2 beschriebenen Daten- und Methodendefizite ist transparent darzulegen, auf welcher Grundlage Zielgrößen gesetzt werden und welche Kostenannahmen ihnen zugrunde liegen. Dabei ist es wichtig, nicht nur die Ausgaben auf Bundesebene zu berücksichtigen, sondern auch die Kosten, die für andere AkteurInnen entstehen – etwa für Länder, Kommunen, Unternehmen oder private Haushalte. Viele Maßnahmen, wie beispielsweise Gesetzesänderungen, verursachen zwar keine unmittelbaren Mehrkosten für den Bund, führen aber zu finanziellen Aufwänden bei anderen Beteiligten. Um ein realistisches Bild der Gesamtkosten zu erhalten, müssten daher die Kosten entlang der gesamten Wirkungskette jeder einzelnen Maßnahme betrachtet werden.

Jedoch ist bislang nicht abschließend geklärt, inwieweit die Umsetzung des APA IV tatsächlich ausreicht, um das als notwendig verstandene Anpassungsniveau im Sinne der Ziele der Deutschen Anpassungsstrategie (DAS) zu erreichen und die Ziele zu erfüllen. Hier besteht ein Bedarf an begleitendem Monitoring und Evaluationsinstrumenten, die eine Erfolgskontrolle und gegebenenfalls eine Nachsteuerung ermöglichen. Entsprechende Daten und Analysen liegen bislang noch nicht vor und sollten im Rahmen zukünftiger Forschung gezielt entwickelt werden.

2.4.4 Analyse von Instandhaltungskosten

Ein weiterer wichtiger Forschungsbedarf besteht in der differenzierten Betrachtung von Investitionskosten gegenüber den laufenden Pflege- und Unterhaltungskosten von Anpassungsmaßnahmen. In Interviews wurde mehrfach darauf hingewiesen, dass in der Praxis sowie in der Forschung meist nur die einmaligen Investitionskosten im Fokus stehen – sowohl bei der Planung als auch in der Ausgestaltung von Förderprogrammen. Die langfristig anfallenden Kosten für Wartung, Pflege und Betrieb werden hingegen häufig vernachlässigt, obwohl sie über die Lebensdauer einer Maßnahme hinweg erheblich sein können.

Gerade bei Infrastrukturen wie Deichen, Grünanlagen, technischen Anlagen oder auch Gebäudeschutzmaßnahmen entstehen fortlaufende Ausgaben, um die Funktionsfähigkeit und Wirksamkeit der Anpassung dauerhaft sicherzustellen. Werden diese Kosten nicht ausreichend berücksichtigt, besteht das Risiko, dass Maßnahmen im Laufe der Zeit an Wirkung verlieren oder zusätzliche, ungeplante Ausgaben erforderlich werden. Für eine realistische Abschätzung des tatsächlichen Finanzbedarfs und eine nachhaltige Ausgestaltung von Anpassungsstrategien ist daher eine umfassende Analyse notwendig, die sowohl die Investitions- als auch die laufenden Pflege- und Unterhaltungskosten systematisch einbezieht.

3 Fiskalische Risiken des Klimawandels

Tabelle 42: Ergebnisse im Überblick

ERGEBNISSE IM ÜBERBLICK

- Klimarisiken betreffen die öffentlichen Haushalte je nach föderaler Ebene auf unterschiedliche Weise: besonders betroffen sind die Kommunen, die mit begrenzten Ressourcen direkte Verantwortung für gefährdete Infrastruktur und Katastrophenbewältigung tragen; die Länder koordinieren regionale Anpassungsprozesse und unterstützen Kommunen, während der Bund überregionale Infrastrukturprojekte finanziert und Katastrophenhilfen bereitstellt.
- Fiskalische Risiken lassen sich nach Einnahmen- und Ausgabe-seitigen Risiken unterscheiden:
 - Ausgabenseite: hier fallen vor allem Schadenskosten durch Extremwetterphänomene sowie Anpassungsinvestitionen ins Gewicht.
 - Einnahmenseite: hier wirken sich insbesondere reduzierte Steuereinnahmen aus, die z. B. auf reduzierten Umsatz bei von Extremereignissen betroffenen Unternehmen, steigende Inflation und sinkenden Konsum im Inland sowie in den Exportmärkten zurückzuführen sind.
- Finanzausgleichsmechanismen schaffen im föderalen System eine Grundabsicherung für finanzschwächere Länder und Kommunen, die angesichts von Investitionsrückständen und steigender Finanzierungsbedarfe jedoch an ihre Grenzen stößt.
- Das Fehlen finanzieller Mittel für Anpassungsmaßnahmen erhöht die Vulnerabilität sowohl von EinwohnerInnen als auch der Haushalte betroffener Gebietskörperschaften.
- Bund, Länder und Kommunen finanzieren Klimaanpassung bereits mit verschiedenen Instrumenten; diese reichen jedoch nicht aus, um den in Kapitel 2 bezifferten Finanzierungsbedarf zu decken.
- Förderprogramme sind ein essenzielles Werkzeug der aktuellen Anpassungsfinanzierung, stehen jedoch wegen ihrer Vielzahl, des Verwaltungsaufwands und der fehlenden langfristigen Finanzierungssicherheit in der Kritik.
- Um den Herausforderungen der Anpassungsfinanzierung und der steigenden Kosten zur Bewältigung von Klimaschäden für die öffentlichen Haushalte in Deutschland begegnen zu können, wird eine Reihe von innovativen Instrumenten (z. B. Katastrophenanleihen, parametrische Versicherungen, klima-resiliente Schuldenklauseln, Kommunale K-CLOs) skizziert und betrachtet, die das Finanzierungs- und Risikomanagement der öffentlichen Haushalte erweitern und zusätzliches privates Kapital für die Klimaanpassung mobilisieren.

Der fortschreitende Klimawandel bringt für die öffentliche Verwaltung in Deutschland beträchtliche finanzielle Belastungen mit sich. Zu den fiskalischen Gefahren zählen wachsende Ausgaben für Anpassungsmaßnahmen und Wiederherstellungsarbeiten nach einem Schadensfall sowie mögliche Mindereinnahmen infolge klimabedingter Störungen der Wirtschaft. Vor diesem Hintergrund ist es dringend erforderlich, die öffentlichen Haushalte sowohl kurzfristig als auch langfristig widerstandsfähig zu machen und geeignete Instrumente zu etablieren, um diesen Risiken wirksam zu begegnen.

3.1 Übersicht fiskalischer Klimarisiken durch den Klimawandel

Die finanziellen und fiskalischen Risiken, die durch den Klimawandel entstehen, betreffen sämtliche Ebenen des föderalen Systems, wobei die konkreten Auswirkungen jeweils unterschiedlich ausfallen

können. Besonders stark sind die Kommunen betroffen, da sie für zahlreiche gefährdete Infrastrukturen unmittelbar zuständig sind, oftmals nur eingeschränkte finanzielle Ressourcen besitzen und häufig direkt in der Katastrophenbewältigung aktiv werden müssen. Die Bundesländer stehen vor der Aufgabe, regionale Anpassungsprozesse zu steuern, die Unterstützung für betroffene Städte und Gemeinden zu organisieren und die Funktionsfähigkeit regionaler Infrastrukturen zu gewährleisten. Auf Bundesebene liegt der Schwerpunkt hingegen auf der Finanzierung von Infrastrukturprojekten mit überregionaler Bedeutung, der Bereitstellung von Mitteln für Katastrophenhilfe sowie der Koordination von Anpassungsstrategien auf nationaler Ebene.

Abseits der föderalen Zuständigkeiten lassen sich die finanziellen Risiken zudem danach differenzieren, ob sie sich auf der Ausgabenseite oder auf der Einnahmenseite der öffentlichen Haushalte niederschlagen.

3.1.1 Ausgabenseite

Im folgenden Kapitel wird dargestellt, wie sich die im vorhergehenden Kapitel dargestellten wirtschaftlichen Auswirkungen und Finanzierungsbedarfe auf der Ausgabenseite öffentlicher Haushalte in Deutschland auswirken. Dabei werden die föderalen Ebenen separat betrachtet und Schadenskosten sowie Kosten durch Anpassung unterschieden.

3.1.1.1 Kommunen

3.1.1.1.1 Kosten durch Schäden

Im Schadensfall kommt es auf kommunaler Ebene insbesondere zu Kosten durch Schäden an kommunaler Infrastruktur, deren Ausfall und Wiederaufbau Kosten verursacht. Dies umfasst beispielsweise Schulen, kommunale Gebäude wie Schwimmbäder, Bibliotheken etc., aber auch Straßen und weitere Verkehrsinfrastruktur, z. B. Brücken. Diese Schäden können erhebliche Ausmaße annehmen: Im Rahmen der Flutkatastrophe 2021 kam es nach Angaben von BMI und BMF in Nordrhein-Westfalen zu Schäden an kommunaler Infrastruktur in Höhe von 4,5 Mrd. EUR. In Rheinland-Pfalz wurden allein im Ahrtal 103 Brücken stark beschädigt oder komplett zerstört, die Schäden an öffentlicher Infrastruktur beliefen sich im Land auf insgesamt 7 Mrd. EUR (BMI und BMF 2022).

3.1.1.1.2 Kosten durch Anpassung

Weitere Kosten entstehen den Kommunen durch die Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen, die in den kommunalen Verantwortungsbereich fallen. Wie in Kapitel 2.3.1.3 dargestellt, sind Kommunen im Besitz des überwiegenden Anteils des öffentlichen Gebäudebestands in Deutschland. Kosten für Anpassungsmaßnahmen an diesen Gebäuden, die nicht zuletzt auch aufgrund der Vorbildwirkung der öffentlichen Hand benötigt werden, liegen somit im Verantwortungsbereich der Kommunen. Zu den kommunal relevanten Anpassungsmaßnahmen zählen etwa die Entwicklung und Umsetzung von Hitzeaktionsplänen, Begrünung von Dächern und Fassaden oder auch Regenwassermanagement durch Entsiegelung und den Bau von Rückhaltebecken, die Überflutungen bei Starkregen verhindern (vgl. Kapitel 2.3).

Im KfW-Kommunalpanel 2023 gaben die Kommunen an, dass Anpassungsinvestitionen ca. 4 % der gesamten kommunalen Investitionen ausmachten, dies entsprach ca. 1 Mrd. EUR im Jahr 2021. Die gleiche Summe wurde in der mittelfristigen Finanzplanung für die kommenden Jahre veranschlagt, allerdings rechnete der Großteil der Kommunen mit zukünftig steigenden Anpassungskosten (Brand et al. 2023; s. Kapitel 2.2.1.1). Heilmann et al. (2024) beziffern den Investitionsbedarf der Kommunen für Klimaanpassung bis 2030 auf insgesamt 28,5 Mrd. EUR und verweisen darauf, dass die tatsächlichen Bedarfe vermutlich noch erheblich höher ausfallen werden (s. Kapitel 2.2.1.1).

Im Rahmen der ExpertInneninterviews wurde zudem festgehalten, dass den Kommunen im Kontext kommunaler Unternehmen weitere, teils erhebliche Anpassungskosten entstehen können, insbesondere im Bereich Wasserversorgung und Wasserbewirtschaftung (z. B. Stadtwerke). Die Flutkatastrophe 2021 verdeutlichte die Vulnerabilität des Sektors und die Notwendigkeit von Anpassungsmaßnahmen: allein in Rheinland-Pfalz wurden die Kläranlagen in Altenahr, Mayschoss und Sinzig zerstört, und für ihre vollständige Reparatur wurden mindestens 1,5 Jahre veranschlagt (Koks et al. 2022). Der Verband Kommunaler Unternehmen schätzt, dass Anpassungsmaßnahmen in den kommenden 20 Jahren etwa 10-15 % der Gesamtinvestitionssumme von 800 Mrd. EUR ausmachen werden, die für die notwendige Erneuerung der Netze und ihre Anpassung an Folgen des Klimawandels veranschlagt werden – das entspricht einem Investitionsbedarf von 80-120 Mrd. EUR bis 2045 (VKU 2025).

3.1.1.2 Länderebene

3.1.1.2.1 Kosten durch Schäden

Auch den Ländern entstehen Schadenskosten durch Extremwetterereignisse, sofern diese landeseigene Infrastruktur betreffen. Diese umfasst je nach Bundesland etwa landeseigene Straßen, Universitäten und Hochschulen, Landesbehörden und Verwaltungsgebäude, landeseigene Gesundheitseinrichtungen oder auch landeseigene Kultureinrichtungen wie Museen oder Theater.

Infolge der Flutkatastrophe 2021 beliefen sich allein in Nordrhein-Westfalen die Schäden an landeseigener Infrastruktur auf über 250 Mio. EUR (BMI und BMF 2022). Bund und betroffene Länder einigten sich auf Soforthilfen von 800 Mio. EUR, die zur Hälfte vom Bund (s. u.) und zur Hälfte von den betroffenen Ländern getragen wurden (BMF 2021). Die Summe basierte dabei nicht auf einer Schadensabschätzung, sondern deckte Kosten von Maßnahmen, die besonders betroffenen BürgerInnen, Unternehmen, LandwirtInnen und Kommunen zugutekamen (Oberpriller et al. 2025).

3.1.1.2.2 Kosten durch Anpassung

Die Länder sind im Rahmen des KAnG verpflichtet, Klimarisikoanalysen durchzuführen und Klimaanpassungsstrategien zu erstellen, und sie müssen die damit verbundenen administrativen Kosten tragen. Im Gesetzesentwurf des KAnG bezifferte die Bundesregierung die einmaligen Kosten für die Länder je nach Ausgestaltung der Umsetzung durch die Länder zwischen ca. 66 Mio. und ca. 1,9 Mrd. EUR; hinzu kommen jährliche Kosten von 830.000 EUR bis 1,67 Mio. EUR (Bundesregierung 2023b). Für die Erstellung kommunaler Klimaanpassungskonzepte wurden im Entwurf des KAnG Kosten von 956 Mio. – 1,912 Mrd. EUR veranschlagt (s. Kapitel 2.2.1.1.3.4); diese müssen im Kontext des landesverfassungsrechtlichen Konnexitätsprinzips (vgl. Kapitel 3.2.3.1) von den Ländern finanziert werden, da ihnen die Umsetzung des KAnG unterhalb der Bundesebene obliegt (Fischer-Hotzel und Meyer 2024).

Zudem müssen die Länder auch für Anpassungsmaßnahmen in bestimmten Bereichen aufkommen, etwa beim Hochwasserschutz. Hier sind hohe Investitionen notwendig, die die Landeshaushalte belasten (siehe Kapitel 2.3.2). Heilmann et al. (2024) ordnen den Ländern bis 2030 Anpassungskosten von 9,5 Mrd. EUR zu, wobei die fehlende Berücksichtigung zahlreicher Kostenbereiche und langfristiger Maßnahmen in ihrer Erhebung darauf hindeutet, dass die realen Bedarfe noch erheblich höher liegen dürften (s. Kapitel 2.2.1.1).

3.1.1.3 Bundesebene

3.1.1.3.1 Kosten durch Schäden

Auch auf Bundesebene entstehen Kosten durch klimabedingte Schadensereignisse. So springt der Bund bei Extremereignissen ein, um finanzielle Hilfe zur Verfügung zu stellen. Im Falle der Hochwasserkatastrophe 2021 bewilligte das Bundeskabinett Soforthilfen von 400 Mio. EUR aus dem Bundeshaushalt. Zudem wurde beschlossen, auf die Erstattung von Auslagen, „die Technischem Hilfswerk (THW), Bundespolizei, Zollverwaltung, Bundeswehr, Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes sowie beim Einsatz von Behelfsbrücken im Rahmen der Unterstützung vor Ort entstehen“, zu verzichten (BMF 2021).

Im Zuge der Bewilligung der Soforthilfen beschloss das Bundeskabinett zusätzlich die Einrichtung des Sondervermögens „Aufbauhilfe 2021“ zur mittel- bis langfristigen Unterstützung beim Wiederaufbau. Dieses umfasst ein Volumen von insgesamt bis zu 30 Mrd. EUR. Der Bund beteiligt sich hälftig an den zu finanzierenden Wiederaufbauprogrammen der Länder und stellt hierfür 14 Mrd. EUR zur Verfügung; 14 Mrd. EUR tragen die Länder. Weitere 2 Mrd. EUR entfallen auf die Behebung von Schäden an Infrastruktur des Bundes (Bundesregierung 2021). Davon schätzt allein die Deutsche Bahn die Schäden an ihren Anlagen auf bis zu 1,3 Mrd. EUR (BMI und BMF 2022). Unter anderem wurden 180 Bahnübergänge, fast 40 Stellwerke, über 1.000 Oberleitungs- und Signalmasten und 600 km Gleise zerstört (Koks et al. 2022). Die verbleibende Summe wurde unter anderem für die Instandsetzung von mehr als 130 km Autobahn benötigt, die infolge der Flutschäden notwendig wurde (Koks et al. 2022).

Das in Folge des Klimawandels vermehrte Auftreten von Extremwetterereignissen und die Finanzierung der Schadensbehebung sowie notwendiger Soforthilfen ist somit ein erhebliches fiskalisches Risiko auf Bundesebene. Auch die Einrichtung von Sondervermögen, die bestimmte Kosten außerhalb des Bundeshaushalts stellt, bindet Finanzmittel und verringert den finanziellen Spielraum für zukünftige Investitionen.

Auch eine durch den Klimawandel bedingte Verringerung des Wirtschaftswachstums und höhere Erwerbslosigkeitszahlen würden für den Bund höhere Ausgaben für Sozialleistungen nach sich ziehen. Je nach zugrunde gelegtem Klimawandelszenario wird in Deutschland für 2030 ein klimawandelbedingter Rückgang der Beschäftigung um 0,1-0,3 % prognostiziert; für 2050 liegt der erwartete Rückgang bei 0,3-0,7 % (Flaute et al. 2022).

Zudem kann eine finanzielle Unterstützung des Bundes notwendig werden, wenn etwa durch häufigere Hitzeereignisse die Belastungen des Gesundheits- und Pflegesektors steigen und Kranken- und Pflegekassen in Anbetracht ihrer schon heute angespannten Finanzlage (vgl. ZDFheute 2025) in finanzielle Notlagen geraten. Auch dies kann substanzielle Finanzmittel binden und den Bundeshaushalt enorm belasten.

3.1.1.3.2 Kosten durch Anpassung

Der Bund trägt ebenfalls eine Reihe von Anpassungskosten im föderalen System. Diese entfallen beispielsweise auf Förderprogramme (s. Kapitel 3.2.2.1), Forschungsprojekte, die finanzielle Unterstützung für Anpassungsaktivitäten auf Landesebene und in Kommunen oder für Anpassungsmaßnahmen der bundeseigenen Infrastruktur. Auch für die Bereitstellung von Daten und Informationen kommt der Bund auf – so kann etwa die im Rahmen des KAnG festgeschriebene Klimarisikoanalyse des Bundes explizit als Grundlage für die Klimarisikoanalysen der Länder genutzt werden (BMUV 2023b). Eine Analyse des Bundeshaushalts 2022 ergab, dass die Ausgaben des Bundes für Klimaanpassung für dieses Jahr zwischen 2,1 und 3,4 Mrd. EUR lagen (Hölscher et al. 2025b). Wie in Kapitel 2 dargestellt, ist für die kommenden Jahre ein erheblicher Anstieg dieser Ausgaben notwendig.

Auch auf administrativer Seite entstehen dem Bund Kosten im Rahmen des KAnG: wie in Kapitel 2.2.1.1.3.4 näher ausgeführt, beziffert der Bund seine für die Erfüllung der gesetzlichen Vorgaben anfallenden, jährlichen administrativen Kosten auf ca. 2,75 Mio. EUR; hinzu kommen einmalige Kosten in Höhe von rund 16,5 Mio. EUR (BMUV 2023b).

3.1.1.4 EU-Ebene

Auch der Haushalt der Europäischen Union ist von Ausgaben betroffen, die infolge des Klimawandels entstehen. Ein wichtiges Instrument ist der EU-Solidaritätsfonds (*Solidarity and Emergency Aid Reserve*, SEAR). Dieser spielt eine wichtige Rolle bei der kurzfristigen Bereitstellung von Finanzmitteln nach Extremwetterereignissen. So zahlte der EU-Solidaritätsfonds nach der Flutkatastrophe 2021 über 612 Mio. EUR an Deutschland aus (Europäische Kommission 2022).

Die jährliche Mittelzuweisung des Fonds wurde in den letzten beiden EU-Budgetzyklen erheblich erhöht. Seit 2024 ist die Summe der jährlichen Zuweisungen an den Fonds durch die EU um 46 % gestiegen; allerdings haben sich im selben Zeitraum die jährlichen Wirtschaftsschäden durch Naturkatastrophen mehr als verdoppelt (García-Herrero und Mejino-López 2024), was eine mittelfristig unzureichende Finanzierung des Fonds impliziert und verdeutlicht, dass die Folgen des Klimawandels die fiskalische Belastung des EU-Haushalts schon in diesem einzelnen Posten in Zukunft verschärfen werden.

3.1.2 Einnahmenseite

Neben den direkten Kosten, die sich infolge von Extremwetterereignissen in fiskalischen Budgets niederschlagen, kann sich der Klimawandel durch indirekte Effekte auch auf der Einnahmenseite der Haushalte negativ auswirken. Diese „indirekten monetären Kosten“ (Hirschfeld et al. 2021) schlagen sich etwa in Form verringerter Steuereinnahmen in den Haushalten nieder. In der Folge werden verschiedene Wirkmechanismen beschrieben, die zur fiskalischen Belastung öffentlicher Haushalte in Deutschland führen können. Da diese Risiken weniger trennscharf entlang der föderalen Ebenen beschrieben werden können, werden sie stattdessen nach der Art des Wirkungsprozesses unterschieden.

3.1.2.1 Auswirkungen klimawandelbedingter Abwanderung

Auch die in Kapitel 2.2.2.3.2 beschriebene Abwanderung aufgrund von Klimafolgen wirkt sich negativ auf die Haushalte von betroffenen Ländern und Kommunen aus, sowohl durch wegfallende Steuereinnahmen vor Ort als auch über verringerte Zuweisung von Mitteln aus dem Finanzausgleich, die sich i.d.R. an der Bevölkerungszahl bemessen (vgl. Kapitel 3.2 und 0).

Eine Ansiedlung der betreffenden Personen in anderen, weniger Klimarisiken ausgesetzten Ländern und Kommunen verbessert hingegen die Stellung dieser Gebietseinheiten im Finanzausgleich und führt zu einer Umverteilung der Ausgleichsmittel, die den klimabedingten Finanzierungsbedarfen von Gebietseinheiten mit hohen Risiken direkt entgegenwirkt.

3.1.2.2 Änderungen in der Produktion

Verschiedene Klimarisiken können sich negativ auf die Produktion der Wirtschaft auswirken. So führen Hitze und höhere Luftfeuchtigkeit nicht nur zu höherem Erkrankungsrisiko (etwa in Form von Hitzschlägen, Dehydrierung oder Schwächeanfällen), sondern auch zum häufigeren Auftreten von Fehlern und Unfällen von ArbeiterInnen, die auf Produktivitätseinbußen und verringerte Konzentration zurückzuführen sind (Knittel et al. 2020). Die Wärmebelastung von ArbeiterInnen beeinflusst nicht nur ihr allgemeines Empfinden, sondern auch ihre Arbeitsfähigkeit und Produktivität, und hat somit direkte

Auswirkungen auf die Produktion des Unternehmens und die gesamte Wirtschaft (Kjellstrom et al. 2009). In ihrer Studie für das UBA kamen Zacharias und Koppe (2015) zu dem Schluss, dass bereits im Jahr 2012 der gesundheitliche Einfluss des Wetters auf berufstätige Personen in Deutschland volkswirtschaftliche Schäden von 10 Mrd. EUR verursacht hat; mit fortschreitendem Klimawandel ist von einer erheblichen Erhöhung dieser Zahl bis heute und in Zukunft auszugehen.

Auch jenseits von Hitzewirkungen kann es zu Beeinträchtigungen der Produktivität kommen. So können Naturschäden und damit einhergehende Veränderungen des Lebensumfelds und Landschaftsbilds, auch etwa durch Verlust von Biodiversität, sich ebenfalls negativ auf das Wohlbefinden und die Gesundheit von Menschen auswirken und auf diesem Wege ebenfalls die Arbeitskraft verringern (Hirschfeld et al. 2021).

Einen weiteren wichtigen Risikofaktor für die Wirtschaft stellen Schäden an relevanter Infrastruktur dar, beispielsweise durch Hochwasser oder Sturmschäden. Dies kann sowohl Unternehmensgebäude und Maschinen etc. betreffen als auch relevante Zulieferungsrouten oder auch Arbeitswege von MitarbeiterInnen. Die Unterbrechung von Lieferketten kann dazu führen, dass diese Schäden Auswirkungen auch weit vom Ort des Geschehens haben, wenn etwa für die Produktion notwendige Bauteile oder Ressourcen fehlen und die Produktion heruntergefahren werden muss.

Die Hitze- und Dürresommer 2018 und 2019 verursachten laut einer Studie in Industrie und Gewerbe direkte Schäden von ca. 5 Mrd. EUR infolge hitzebedingter Produktivitätsverringerung sowie indirekte Schäden in weiteren, nachgelagerten Branchen entlang der Wertschöpfungsketten in Höhe von 4,2 Mrd. EUR (Trenczek et al. 2022). Allein BASF verzeichnete aufgrund des niedrigen Pegelstands des Rheins im zweiten Halbjahr 2018 einen Verlust von 250 Mio. EUR, da die Rohstoffversorgung durch die Binnenschifffahrt am Standort Ludwigshafen zum Erliegen kam und die Anlagenauslastung reduziert werden musste (BASF 2019). Flaute et al. (2022) geben an, dass in Deutschland je nach Klimawandelszenario (schwach, mittel, stark) für das Jahr 2030 ein klimawandelbedingter BIP-Verlust von 5-25 Mrd. EUR, für das Jahr 2050 ein BIP-Verlust von 20-79 Mrd. EUR zu erwarten ist.

Eine Verringerung der Wirtschaftsleistung in Deutschland wirkt sich auf verschiedenen Wegen auf die Einnahmenseite der öffentlichen Haushalte aus. Wichtigster Baustein ist die Gewerbesteuer, die eine der wichtigsten Einnahmequellen für Kommunen darstellt und auf Gewinn aus der gewerblichen Tätigkeit erhoben wird (IHK München o. J.). Gewinneinbußen auf Unternehmensseite schlagen sich demnach direkt in den kommunalen Steuereinnahmen nieder. Sinkt in der Folge die Produktion, wirkt sich dies zudem auf die Mehrwertsteuer aus, da weniger Produkte zum Verkauf stehen, und Personalabbau oder Unternehmenspleiten verringern die Einnahmen aus Lohnsteuer und Sozialleistungen (Bär et al. 2023).

3.1.2.3 Änderungen im Absatzmarkt von Unternehmen

Neben der Produktion kann der Klimawandel auch den Absatz der produzierten Güter beeinflussen, was sich durch Änderungen der Steuereinnahmen auch in den öffentlichen Haushalten niederschlägt. Die potenziellen Steuerausfälle, die infolge des Klimawandels auftreten können, wurden für Deutschland bisher nicht wissenschaftlich quantifiziert; der grundlegende Wirkmechanismus ist jedoch herleitbar. Grundsätzlich reagieren VerbraucherInnen auf Konjunkturkrisen häufig mit einem reduzierten Konsumverhalten (vgl. Deutschlandfunk 2025), was Einfluss auf Einnahmen aus der Umsatzsteuer hat. Zudem beschreiben Kotz et al. (2024a), dass der Hitzesommer 2022 mit seinen weitreichenden Folgen für Landwirtschaft und Wirtschaft zu einer Erhöhung der Lebensmittelinflation um ca. 0,6 % führten. Bis 2035 könnten globale Erwärmung und Hitzeextreme die jährliche Lebensmittelinflation um bis zu 3,2 % pro Jahr und die Gesamtinflation um bis zu 1,18 % pro Jahr erhöhen. Zwar kann Inflation durch einen Anstieg der VerbraucherInnenpreise zu erhöhten Steuereinnahmen durch die Umsatzsteuer führen (Calvo und La Cruz 2024); steigende Preise führen jedoch auch dazu, dass VerbraucherInnen weniger bzw. günstiger einkaufen (Bobasu et al. 2024), was den unternehmerischen Absatz und die

Einnahmen aus der Umsatzsteuer verringert. Dies wirkt sich im Zuge des Finanzausgleichs (s. Kapitel 3.2) direkt auf die Haushalte von Bund, Ländern und Kommunen aus.

Ein Rückgang des Absatzes verringert zudem den Gewinn der produzierenden Unternehmen und ZwischenhändlerInnen und verursacht so öffentliche Einnahmeeinbußen entlang der in Kapitel 3.1.2.1 beschriebenen Wirkmechanismen.

Die Klimawandelrisiken für die deutsche Wirtschaft sind keineswegs auf Deutschland begrenzt, sondern betreffen in erheblichem Maße auch internationale Absatzmärkte. Dabei wirken sich Klimawandelfolgen, die außerhalb Europas entstehen, deutlich mehr auf die deutsche Volkswirtschaft aus als solche, die innerhalb Europas anfallen, da die außereuropäischen Klimawandelfolgen erheblich ausgeprägter ausfallen (Peter et al. 2020). Aufgrund der starken Exportorientierung der deutschen Wirtschaft sind dabei die wirtschaftlichen Auswirkungen des Klimawandels auf den Außenhandel in ihrer Dimension mindestens gleichbedeutend mit jenen, die innerdeutsch auftreten (Peter et al. 2020). Eine verringerte Nachfrage nach deutschen Produkten im Ausland bedroht die Umsatzzahlen deutscher Unternehmen und schlägt auf verschiedenen Wegen auf die Steuererträge durch: Gewinnminderungen senken die Einnahmen aus Körperschaftssteuer und Gewerbesteuer; verringerte Bonuszahlungen, rückläufige Gehälter und Personalabbau in exportierenden Unternehmen führen zu reduzierten Einnahmen aus Einkommens- und Lohnsteuer und Rückgänge in Transport und Produktion wirken sich durch verringerten Verbrauch von Strom, Gas, Mineralöl etc. beispielsweise auch auf Einnahmen aus der Energiesteuer aus. Zudem wirken sich klimabedingte Veränderungen im Welthandel in der deutschen Wirtschaft besonders negativ aus und belasten auch auf diesem Wege in letzter Konsequenz die öffentlichen Haushalte. Dies kann etwa die Unterbrechung internationaler Lieferketten beinhalten, die zur Verzögerung der Auslieferung von Produkten führt.

3.1.2.4 Sektorspezifische Einnahmeausfälle

Vom Klimawandel besonders betroffen sind Wirtschaftszweige wie Forst- und Landwirtschaft und Fischerei, die auf das Vorhandensein intakter Umweltmedien (Wälder, Gewässer) angewiesen sind, die im Zuge des Klimawandels besonders belastet sind oder sein werden.

In der Landwirtschaft wird die Mehrzahl der wirtschaftlichen Schäden durch extreme Hitze und Trockenheit verursacht. Im Schnitt wurde zwischen 1995 und 2019 jährlich ca. 80 Mio. EUR Schäden durch extreme Trockenheit verursacht (Söder et al. 2022), besonders im Norden und Osten Deutschlands. Weitere klimabedingte Schäden entstehen durch extreme Hitze zur Blütezeit bei bestimmten Nutzpflanzen, durch Staunässe (bei Wintergetreide) oder Spätfrost. In ihrer umfassenden Betrachtung für das Thünen-Institut kommen Söder et al. (2022) zu dem Schluss, dass bis zur Mitte des Jahrhunderts kein signifikanter Anstieg der durchschnittlichen Gesamtertragsausfälle zu erwarten ist, im Gegenteil ist in manchen Bereichen mit Ertragszunahmen zu rechnen, etwa durch steigende Jahresdurchschnittstemperaturen und verlängerte Vegetationsperioden. Allerdings ist die Bandbreite der Prognosen für Niederschläge sehr groß, und Klimarisiken sind regional sehr unterschiedlich ausgeprägt (vgl. Kahlenborn et al. 2021), sodass davon auszugehen ist, dass einzelne Kommunal- und Länderhaushalte dennoch verstärkt unter klimawandelbedingten landwirtschaftlichen Ertragsverlusten zu leiden haben werden.

In ihrer Analyse der Schäden infolge der Hitze- und Dürresommer 2018 und 2019 beziffern Trenczek et al. (2022) die Gesamtschäden der Landwirtschaft auf 7,8 Mrd. EUR. In der Forstwirtschaft traten sogar Schäden in Höhe von bis zu 15,67 Mrd. EUR auf. Diese verteilen sich auf mehrere Kostenfaktoren: so gab es ein deutlich gestiegenes Schadholzaufkommen bzw. -einschlag, das Mehrkosten sowie Mindererlöse nach sich zog; zudem kam es auch hier zu erheblichen Auswirkungen auf nachgelagerte Gewerbe, die auf Holz als Rohstoff angewiesen sind.

Die erhebliche Beeinträchtigung ganzer Wirtschaftszweige durch den Klimawandel stellt öffentliche Haushalte sowohl auf der Einnahmen- als auch auf der Ausgabenseite vor Herausforderungen: einerseits droht der Verlust von Steuereinnahmen, nicht nur durch Verlusteinbußen der Unternehmen nach Schadensereignissen, sondern längerfristig auch durch die Möglichkeit eines klimabedingten Strukturwandels, der z. B. zu einer räumlichen Verlagerung bestimmter Anbauflächen aufgrund sich verändernder lokaler klimatischer Bedingungen führen kann, mit entsprechend negativen Wirtschaftsfolgen für die bisherigen Anbauggebiete. Andererseits kann auch das Aufsetzen von Strukturförderprogrammen oder staatlichen Investitionen in neue Wirtschaftsbereiche notwendig werden, um die betroffenen Regionen zu unterstützen.

3.1.2.5 Chancen: positive Effekte durch Investitionen in Klimaanpassung

Klimaanpassung ist eine gesamtgesellschaftliche Mammutaufgabe, die nicht nur große Investitionen erfordert, sondern auch erhebliche Ressourcen benötigt. In diesem Kontext bieten sich durch die Planung und Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen jedoch auch wirtschaftliche Chancen. Diese umfassen grundsätzlich die Reduktion der in den vorangehenden Kapiteln beschriebenen klimawandelbedingten Einnahmeausfälle, gehen jedoch insbesondere durch Arbeitsmarkteffekte noch darüber hinaus.

In einer Studie zu Klimaanpassung in der Bauwirtschaft geben Sander et al. (2025) an, dass bei einem leichten Klimawandelszenario ca. 7.700 zusätzliche Vollzeitäquivalente in der Branche benötigt werden, um sämtliche notwendigen Anpassungsmaßnahmen umzusetzen; bei einem starken Klimawandelszenario würden sogar fast doppelt so viele Stellen (15.300) benötigt. Über alle Branchen und Berufsgruppen hinweg prognostizieren Bernardt et al. (2024) für das Jahr 2030 eine zusätzliche Nachfrage nach rund 70.000 Erwerbstätigen. Die Schaffung neuer Arbeitsplätze bietet berufliche Chancen für ArbeitnehmerInnen sowie durch Einnahmen aus Lohn- und Erwerbssteuer auch fiskalische Chancen für die öffentlichen Haushalte. Angesichts des schon jetzt stark ausgeprägten Fachkräftemangels insbesondere in den für Klimaschutz und Digitalisierung notwendigen Berufskategorien (VDI 2024) ist jedoch davon auszugehen, dass die Besetzung der neu entstehenden Stellen auch eine erhebliche zukünftige Herausforderung darstellen wird.

Die im Zuge der Klimaanpassung notwendigen Investitionen tragen auch zur Wertschöpfung in Deutschland bei. Allein in Nordrhein-Westfalen trugen übergeordnete Klimaanpassungsleistungen im Jahr 2023 1,235 Mrd. EUR zur Bruttowertschöpfung bei, die Branche beschäftigte 15.000 Personen (Lühr et al. 2024). Für den Zeitraum 2022 bis 2040 modellieren Bernardt et al. (2024) für Deutschland eine kumulierte Steigerung der realen Wirtschaftsleistung von rund 150 Mrd. EUR durch zusätzliche Ausgaben und Investitionen der Klimaanpassung. Zu beachten ist allerdings, dass die Investitionen nicht rein additiv erfolgen, sondern Ressourcen binden, die sonst anderweitig hätten eingesetzt werden können. Da Anpassungsinvestitionen häufig zukunftsorientierte Branchen fördern, können sich hier jedoch zukünftig weitere Wachstumseffekte und Innovationschancen ergeben, die sich z. B. durch den Export von anpassungsrelevanten Technologien wirtschaftlich niederschlagen können. Beispielsweise betrifft dies Unternehmen in der Wasserwirtschaft und im Hochwasserschutz (s. Kapitel 2.3.2.2 sowie 3.1.1.1.2), aber auch z. B. Unternehmen, die digitale Zwillinge für Anpassungszwecke (vgl. Becker 2024) oder Anpassungslösungen für die Landwirtschaft entwickeln (Klodt und Rutz 2024).

Für die öffentlichen Haushalte ergeben sich daraus diverse Ansätze, die die fiskalische Situation stärken können. Sofern die bis zu 70.000 eingestellten Fachkräfte zuvor erwerblos waren, würden zusätzliche Lohnabgaben anfallen, während Sozialausgaben entfallen. Die beauftragten Unternehmen tragen über Gewerbe- und Umsatzsteuer zum Haushaltsaufkommen bei. Ferner könnte eine steigende Wirtschaftsleistung das Konsumklima verbessern und so die Einnahmen aus der Umsatzsteuer sowie die Einnahmen der anbietenden Unternehmen und deren abzuführende Steuermenge erhöhen.

3.2 Übersicht finanzieller Ausgleichsmechanismen

Die finanziellen und strukturellen Auswirkungen des Klimawandels stellen öffentliche Haushalte in Deutschland vor enorme Herausforderungen. In der Zeit von 2000 bis 2021 sind in Deutschland allein Schäden in Höhe von mindestens 145 Mrd. EUR durch die Folgen des Klimawandels entstanden (BMWK 2023). Prognosen zufolge werden die Kosten, die bis zum Jahr 2050 entstehen könnten, zwischen 280 und 900 Mrd. EUR liegen (BMWK 2023). Der föderale Aufbau der Bundesrepublik Deutschland bedingt eine vielschichtige Verantwortungsverteilung hinsichtlich der Bewältigung dieser Schäden sowie der Bereitstellung finanzieller Unterstützung.

Die Aufteilung der Verantwortlichkeiten zwischen Bund, Ländern und Kommunen bedingt eine differenzierte Herangehensweise, die einerseits lokale Besonderheiten berücksichtigen kann, andererseits jedoch auch zu divergierenden Standards und Fördermöglichkeiten in den verschiedenen Bundesländern führt. Die primäre Funktion des Bundes besteht in diesem Kontext in der Schaffung übergreifender Rahmenbedingungen sowie in der Bereitstellung von Unterstützung bei großen Katastrophenereignissen. Die Länder hingegen etablieren eigene Förderprogramme, die auf die spezifischen regionalen Bedürfnisse zugeschnitten sind und in ihrer Ausgestaltung Anreize für die Umsetzung von Klimaschutz- und Klimaanpassungsmaßnahmen setzen können.

Das folgende Kapitel bietet einen Überblick der wichtigsten existierenden Ausgleichsmechanismen und beschreibt, inwiefern diese bereits zur Finanzierung von Klimaschutz, Klimaanpassung und bei Schadensfällen im Kontext des Klimawandels genutzt werden. Betrachtet werden dabei sowohl Finanzierungsmechanismen, die im Schadensfall greifen (Katastrophenhilfe, Wiederaufbau, finanzielle Hilfe bei Schadensbehebung) als auch solche zur Unterstützung bei der Anpassung an die Auswirkungen des Klimawandels. Im Anschluss werden die bestehenden Instrumente kritisch reflektiert und eingeordnet sowie Anknüpfungspunkte für mögliche Verbesserungen benannt.

EXKURS: FÖDERALER FINANZAUSGLEICH

Das föderale System der Bundesrepublik Deutschland sieht eine Reihe von Wegen vor, mittels derer Finanzmittel zwischen den verschiedenen Ebenen (vertikal) sowie innerhalb einer Ebene zwischen gleichgestellten Struktureinheiten (horizontal) umverteilt werden können. Nachfolgend werden die Instrumente beschrieben, die diese Form der Umverteilung gegenwärtig möglich machen. Die beschriebenen Mechanismen bilden die Grundlage der öffentlichen Finanzierung in Deutschland. Auch etwaige zukünftige Finanzierungsinstrumente werden grundsätzlich in den Kontext der Finanzausgleichsmechanismen gestellt und daher an dieser Stelle übergeordnet dargestellt. Vorhandene Anknüpfungspunkte der gegenwärtigen Ausgleichsstrukturen für Schadensbehebung und Klimaanpassung werden in den folgenden Unterkapiteln beschrieben.

Umsatzsteuerverteilung (vertikal)⁶

Die Umsatzsteuerverteilung bildet das zentrale Element des vertikalen Finanzausgleichs zwischen den föderalen Ebenen in Deutschland. Das Gesamtaufkommen der Umsatzsteuer wird nach festen Prozentsätzen zwischen Bund, Ländern und Gemeinden aufgeteilt. Im Jahr 2024 erhielt der Bund 48,1 %, die Länder 49,1 % und die Gemeinden 2,8 % des Umsatzsteueraufkommens von rund 302 Mrd. EUR (BMF 2025b). Diese Verteilung wird durch das Finanzausgleichsgesetz (FAG) gemäß Art. 106 Abs. 3 GG geregelt und kann bei veränderten Finanzbedarfen durch Festbeträge oder prozentuale Anpassungen modifiziert werden (Art. 106

⁶ Die anderen Gemeinschaftssteuern (Einkommen-, Körperschaft- und Kapitalertragsteuer) folgen festen, verfassungsrechtlich verankerten Verteilungsschlüsseln gemäß Art. 106 Abs. 3 GG. Nur bei der Umsatzsteuer erfolgt eine flexible Anpassung der Verteilungsquoten durch das Finanzausgleichsgesetz, was sie zur Basis des vertikalen Finanzausgleichs in Deutschland macht.

Abs. 4 GG). Die horizontale Verteilung des Länderanteils erfolgt zunächst nach Einwohnerzahl. Anschließend werden im Rahmen des Finanzkraftausgleichs Zu- und Abschläge vorgenommen, um unterschiedliche Finanzkraft zwischen den Ländern auszugleichen. Finanzschwache Länder erhalten Zuschläge, finanzstarke Länder müssen Abschläge hinnehmen (BMF 2025b).

Finanzkraftausgleich (horizontal)

Der Finanzkraftausgleich (FKA) gleicht die unterschiedliche Finanzkraft der Länder durch ein transparentes, horizontales Umverteilungsverfahren aus. Im Jahr 2024 wurden rund 18,7 Mrd. EUR zwischen den Ländern umverteilt. Vier Länder waren Nettozahler: Bayern (9,77 Mrd. EUR), Baden-Württemberg (5,03 Mrd. EUR), Hessen (3,73 Mrd. EUR) und Hamburg (106 Mio. EUR). Die zwölf Empfängerländer erhielten Ausgleichszahlungen, wobei Berlin (3,94 Mrd. EUR), Sachsen (3,25 Mrd. EUR) und Thüringen (2,04 Mrd. EUR) die größten Beträge erhielten (BMF 2025b).

Das System orientiert sich an der Finanzkraftmesszahl⁷ und der Ausgleichsmesszahl⁸ der Länder. Die Differenz wird zu 63 % ausgeglichen (BMF 2025b). Durch diesen Mechanismus wird die ursprüngliche Finanzkraftreihenfolge der Länder bewusst erhalten, um Anreize für wirtschaftliche Leistungsfähigkeit aufrechtzuerhalten.

Bundesergänzungszuweisungen (vertikal)

Die Bundesergänzungszuweisungen (BEZ) werden vom Bund aus seinem Haushalt finanziert und stellen ein vertikales Ausgleichsinstrument mit horizontaler Wirkung dar, da sie Finanzkraftunterschiede zwischen den Ländern ausgleichen. Sie gliedern sich in drei Kategorien:

- Allgemeine Bundesergänzungszuweisungen: Diese gleichen verbliebene Finanzkraftunterschiede nach dem horizontalen Finanzausgleich aus. Länder, deren Finanzkraft nach dem Ausgleich unter 99,75 % des Länderdurchschnitts liegt, erhalten eine 80-prozentige Auffüllung der Differenz zu diesem Wert (BMF 2025b).
- Bundesergänzungszuweisungen nach Art. 107 Abs. 2 Satz 6 GG: Diese umfassen zwei spezielle Ausgleichsarten:
 - Ausgleich kommunaler Steuerkraft: Länder mit unterdurchschnittlicher kommunaler Steuerkraft (unter 80 % des Bundesdurchschnitts) erhalten eine 53,5-prozentige Auffüllung des Fehlbetrags (BMF 2025b). Dies stärkt indirekt die Klimaanpassungsfähigkeit der Kommunen, da diese über mehr Mittel für lokale Maßnahmen verfügen.
 - Ausgleich Forschungsförderung: Länder mit unterdurchschnittlichem Forschungsnettozufluss (unter 95 % des Durchschnitts) erhalten eine 35-prozentige Auffüllung (BMF 2025b). Diese Förderung unterstützt auch Forschungsprojekte zu Klimaschutz und Klimaanpassung.
- Sonderbedarf-Bundesergänzungszuweisungen (SoBEZ): Diese decken spezielle Sonderlasten ab; die Mittel können indirekt für strukturelle Transformationen zur Klimaneutralität und -anpassung genutzt werden:
 - Kosten politischer Führung: Kleinere Länder erhalten Zuschüsse für überdurchschnittliche Pro-Kopf-Kosten der politischen Führung (BMF 2025b).
 - Strukturelle Arbeitslosigkeit: Die neuen Flächenländer erhalten Ausgleichszahlungen für überproportionale Lasten durch strukturelle Arbeitslosigkeit (BMF 2025b).

⁷ Finanzkraftmesszahl: für jedes Land wird ein Anteil an der Summe der ausgleichsrelevanten Einnahmen berechnet, entsprechend dem Anteil dieses Landes an der Summe der gewichteten Einwohnerzahlen. Dabei werden die Einwohnerzahlen der Stadtstaaten mittels sogenannter Einwohnergewichte rechnerisch erhöht; nach § 9 FAG beträgt diese Bewertung für Berlin, Hamburg und Bremen 135 % (BMF 2025b).

⁸ Ausgleichsmesszahl: Bei der Berechnung der gemeindebezogenen Ausgleichsmesszahlen werden Stadtstaaten mit 135 % und dünn besiedelte Länder mit speziellen Einwohnergewichten berücksichtigt; die länderweisen Anteile an den ausgleichsrelevanten Gemeindeeinnahmen werden entsprechend den Anteilen an den gewichteten Einwohnerzahlen ermittelt, und die Landesausgleichsmesszahl ist die Summe aus Länder- und Gemeindemesszahl (BMF 2025b).

Kommunaler Finanzausgleich

Der kommunale Finanzausgleich (KFA) wird von jedem Land eigenständig ausgestaltet und stellt einen wesentlichen Finanzierungspfeiler für kommunale Aufgaben dar. Der Ausgleich erfolgt in allen Ländern als vertikaler Ausgleich mit horizontalem Effekt, d. h. die vom Land an die Kommunen (vertikal) ausgeschütteten Finanzmittel werden in einer Weise bemessen, die zwischen den Kommunen (horizontal) eine ausgleichende Wirkung erzielt (Eggert und Minter 2018).

Das System folgt einem mehrstufigen Verfahren: Zunächst wird die Verbundmasse als prozentualer Anteil der gesamten Landeseinnahmen, unter anderem aus den Gemeinschaftssteuern, errechnet. Anschließend werden Finanzkraft und Finanzbedarf jeder Kommune ermittelt und die Differenz zu einem bestimmten Prozentsatz (teilweise) durch Schlüsselzuweisungen ausgeglichen (Eggert und Minter 2018).

Hierbei wenden die Bundesländer verschiedene Ansätze an: Brandenburg und Schleswig-Holstein nutzen etwa ein Verbundquotensystem mit Symmetriegebot, welches jenseits der Verbundmasse die gesamten Einnahmen der Landes- und Kommunalebene erfasst und auch die Belastungen durch die Aufgabenerfüllung beider Ebenen berücksichtigt. Auf diese Weise werden nicht nur Unterschiede auf der Einnahmenseite der Gemeinden ausgeglichen, sondern auch Veränderungen bei der Inanspruchnahme kommunaler und vom Land erbrachter öffentlicher Leistungen einbezogen, um die Finanzausstattung der Kommunen möglichst gleichmäßig zu verteilen (Thöne und Bullerjahn 2020).

3.2.1 Schadensbehebung und Katastrophenhilfe

Die Finanzierung von Schadensbehebung und Katastrophenhilfe in Deutschland erfolgt über ein mehrstufiges System verschiedener AkteurInnen und Instrumente. Neben den bundesweiten und europäischen Hilfsmechanismen verfügen auch die Länder über eigene Programme zur Katastrophenhilfe und Schadensbehebung nach Extremwetterereignissen. Exemplarisch seien Bayern mit dem Bayerischen Sonderinvestitionsprogramm Katastrophenschutz Bayern 2030, das in den Haushalten 2019-2025 über 160 Mio. EUR Zuwendungen zu den Einsatzkosten der Katastrophenabwehr und Bewältigung bereitgestellt hat (StMI o. J.), und Baden-Württemberg genannt, das nach dem Hochwasser 2024 bestehende Landes- und Förderprogramme für die Hochwasserhilfe bündelte, um die Antragstellung zu erleichtern und eine schnelle Bereitstellung der Fördermittel zu erreichen (IM BW 2024). Eine vollständige Erfassung aller Länderprogramme würde den Rahmen dieser Analyse überschreiten, weshalb sich die folgende Betrachtung auf die wesentlichen übergeordneten Finanzierungsinstrumente konzentriert.

3.2.1.1 Schadensfinanzierung aus dem Finanzausgleich

Der strukturelle Aufbau der Finanzausgleichssysteme im deutschen föderalen System (s.o.) führt dazu, dass Schadenskosten sich nachgelagert auch auf zukünftige Ausgleichszuweisungen auswirken können, da sie sich im Rahmen des Finanzkraftausgleichs auf die Verteilung der Umsatzsteueranteile auswirken – diese werden auf Basis von Finanzdaten aus dem Vorjahr berechnet. Auch im kommunalen Finanzausgleich wirken sich Steuerausfälle durch Extremwetterereignisse auf die Steuerkraftmessung aus. Länder und Kommunen, in denen es zu klimabedingten Steuerausfällen oder Reduzierungen der ermittelten Finanzkraft kommt, erhalten also auf diesem Wege zusätzliche Mittel zur Deckung der entstandenen Schadenskosten und zur Finanzierung notwendiger Instandsetzungen.

Als Instrument zur Finanzierung von Klimaschäden ist der Finanzausgleich jedoch nur eingeschränkt geeignet: zum einen bedeutet die Erfassung der Schäden erst im Folgejahr, dass die Ausschüttung zusätzlicher Mittel erst mit deutlichem zeitlichem Versatz erfolgt und diese nicht zur akuten Nothilfe im Katastrophenfall verwendet werden können. Zudem erfolgt der Ausgleich finanzieller Einbußen im Rahmen des Finanzausgleichs nur anteilig, so dass die Kommunen Teile der entstehenden

Schadenskosten weiterhin selbst tragen müssen. Dies macht den Einsatz weiterer Finanzierungsinstrumente unabdingbar.

3.2.1.2 Aufbauhilfefonds als Sondervermögen

Deutschland hat im Laufe seiner Geschichte mehrere Sondervermögen als spezielle Finanzierungsinstrumente zur Bewältigung von Krisen und Katastrophen eingesetzt. Diese „Nebenhaushalte“ werden besonders in Umbruch- und Krisenzeiten vom Bund errichtet, um außergewöhnliche Aufgaben zu finanzieren (Deutscher Bundestag 2022).

Das erste Sondervermögen „Aufbauhilfe“ wurde 2002 durch Art. 5 des Flutopfersolidaritätsgesetzes eingerichtet. 7 Mrd. EUR wurden zur Verfügung gestellt, um v.a. entlang von Elbe und Donau Hochwasserschäden zu beseitigen und die zerstörten Regionen wiederaufzubauen (Wissenschaftliche Dienste des Deutschen Bundestages 2025). Ein weiteres Hochwasserereignis war Auslöser der Einrichtung des zweiten Aufbauhilfe-Sondervermögens: Das 8 Mrd. EUR umfassende Sondervermögen wurde 2013 vom Bund eingerichtet, um nach den Hochwassern an Elbe, Donau und weiteren Flüssen Schäden zu beheben und zerstörte Infrastruktur neu zu errichten (Wissenschaftliche Dienste des Deutschen Bundestages 2025).

Detailliert lässt sich das Instrument anhand der bisher letzten Einrichtung eines Aufbauhilfe-Sondervermögens infolge der Hochwasserkatastrophe 2021 illustrieren:

Im Sommer 2021 verursachten starke Niederschläge eine Hochwasserkatastrophe in Westeuropa (Deutschland, Belgien, Niederlande, Frankreich, Luxemburg), die innerhalb Deutschlands in den Ländern Rheinland-Pfalz, Nordrhein-Westfalen, Bayern und Sachsen verheerende Schäden verursachte. In Deutschland verloren über 180 Menschen ihr Leben, über 800 Personen wurden zum Teil schwer verletzt. Der Gesamtschaden belief sich auf schätzungsweise über 40 Mrd. EUR (BMI und BMF 2022).

Um die Schäden zu bewältigen, wurde der Aufbauhilfefonds 2021 als Sondervermögen des Bundes mit bis zu 30 Mrd. EUR ausgestattet. Der Fonds finanziert sowohl Soforthilfen für Privathaushalte und Unternehmen als auch den Wiederaufbau der Infrastruktur von Ländern, Kommunen und des Bundes (BMF 2021).

Die Mittelverteilung erfolgte nach einem festgelegten Schlüssel, wobei Rheinland-Pfalz aufgrund der besonderen Betroffenheit des Ahrtals 54,53 % der Mittel erhielt (Bundesregierung 2021). Ein innovativer Aspekt des Fonds ist die explizite Förderung klimaresilienter Wiederaufbaumaßnahmen. Nach der Aufbauhilfeverordnung sind Maßnahmen förderfähig, „wenn sie im Hinblick auf ihre Art, ihre Lage oder ihren Umfang in einer dem jeweiligen Hochwasser- und Überschwemmungsrisiko angepassten Weise nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik zur Vermeidung künftiger Schäden wiedererrichtet werden“ (AufbhV 2021, § 3, Absatz 2; Bundesregierung 2021).

Im November 2023 berichtete die Bundesregierung an den Ausschuss für Wohnen, Stadtentwicklung, Bauwesen und Kommunen, dass mit Stand 23. Oktober 2023 rund 3,057 Mrd. EUR aus dem Sondervermögen abgeflossen waren. Davon entfielen rund 484 Mio. EUR auf Maßnahmen im Bereich der Bundesinfrastruktur, ca. 2,573 Mrd. EUR flossen in Länderprogramme. Da sich infolge der Einrichtung des Aufbauhilfefonds 2021 die festgelegten Fristen zur Antragstellung insbesondere für AnwohnerInnen in den betroffenen Regionen als zu kurzfristig herausstellten, wurden die Antragsfrist 2023 bis zum 30. Juni 2026 verlängert, die Bewilligungsfrist bis zum 31. Dezember 2030 (Deutscher Bundestag 2023).

3.2.1.3 EU-Solidaritätsfonds

Der EU-Solidaritätsfonds ergänzt die nationale Katastrophenhilfe bei größeren Naturkatastrophen. Deutschland kann Unterstützung beantragen, wenn Schäden 3,59 Mrd. EUR (inflationsbereinigte Grenze) oder 0,6 % des Bruttonationaleinkommens übersteigen (Ruppert 2021).

Der Fonds deckt Notfall- und Wiederaufbaumaßnahmen ab, einschließlich der Reparatur beschädigter Infrastrukturen, des Schutzes des Kulturerbes und der Aufräumarbeiten. Anträge müssen innerhalb von zwölf Wochen nach dem Auftreten der ersten Schäden gestellt werden, wodurch eine zeitnahe Reaktion gewährleistet wird (Ruppert 2021). Die Antragstellung erfolgt über die zuständigen nationalen Behörden, in Deutschland über das BMF. Im Fall der Flutkatastrophe 2021 wurde der aufgetretene Gesamtschaden unter Zugrundelegung der von den betroffenen Ländern und Bundeseinrichtungen gemeldeten Zahlen auf ca. 29 Mrd. EUR geschätzt und vom BMF an die Europäische Kommission gemeldet (BMI und BMF 2022), die nach Prüfung Ende 2022 die Auszahlung von über 612 Mio. EUR an Deutschland bewilligte (Europäische Kommission 2022). Im Oktober 2024 schlug die EU-Kommission 112 Mio. EUR Fluthilfe für Bayern und Baden-Württemberg nach den Überschwemmungen im Mai und Juni desselben Jahres vor (Europäische Kommission 2024).

3.2.1.4 Sektorale Hilfsprogramme

Sektorale Hilfsprogramme ergänzen die allgemeinen Katastrophenhilfen durch zielgerichtete Unterstützung besonders betroffener Wirtschaftszweige. Im Rahmen der Studie ist besonders die Nationale Rahmenrichtlinie zur Gewährung staatlicher Finanzhilfen zur Bewältigung von Schäden in der Land- und Forstwirtschaft von 2023 relevant, die sowohl regionalen als auch nationalen Hilfsprogrammen eine schnelle und rechtskonforme Unterstützung betroffener Betriebe ermöglicht. Land- und Forstwirtschaft sind besonders vulnerabel gegen extreme Wetterereignisse und Klimafolgeschäden. Die Rahmenrichtlinie deckt Schäden durch Naturkatastrophen wie Hochwasser, Sturm, Dürre, Hagel oder Frost ab und sieht je nach Schadensart Bruttobeihilfeintensitäten bis zu 100 % des Gesamtschadens vor. Die Hilfen können als Zuschüsse oder zinsverbilligte Darlehen gewährt werden und erreichen die Betroffenen über die nach Landesrecht zuständigen Stellen. (BMEL 2023)

3.2.2 Klimaanpassungsfinanzierung

3.2.2.1 Bundesförderprogramme für Klimaanpassung

Klimaanpassung wird in Deutschland gegenwärtig durch eine Reihe von Förderprogrammen des Bundes finanziert. In der Folge werden beispielhaft wichtige Programme beschrieben; einen umfassenden Überblick bietet etwa die Förderdatenbank des Zentrums KlimaAnpassung⁹.

Das Programm der Nationalen Klimaanpassung bündelt verschiedene Förderrichtlinien unter einem gemeinsamen Dach. Das Bundesumweltministerium fördert durch die DAS-Förderrichtlinie kommunale Klimaanpassungsmaßnahmen, wobei ein besonderer Schwerpunkt auf naturbasierten Lösungen liegt (BMUKN 2025b).

Mit dem Bundesprogramm „Anpassung urbaner und ländlicher Räume an den Klimawandel“ werden investive Projekte der Grün- und Freiraumentwicklung mit hoher Wirksamkeit für Klimaschutz und Klimaanpassung gefördert. Dafür wurden bisher 576 Mio. EUR aus dem KTF zur Verfügung gestellt (BBSR o. J.).

⁹ [https://ad.zentrum-klimaanpassung.de/foerdermoeglichkeiten/suchergebnisse?fulltext=&foerdergeber\[\]=99](https://ad.zentrum-klimaanpassung.de/foerdermoeglichkeiten/suchergebnisse?fulltext=&foerdergeber[]=99)

Die Förderung der Klimaanpassung in sozialen Einrichtungen adressiert besonders vulnerable Gruppen. Das Programm umfasst drei Förderschwerpunkte: Konzepterstellung (bis 70.000 EUR), Umsetzung von Maßnahmen (bis 500.000 EUR) und übergeordnete Unterstützung durch Klimaanpassungsbeauftragte. Gefördert werden sowohl naturbasierte Lösungen als auch technisch-infrastrukturelle Maßnahmen (BMUKN 2025a).

Klimaanpassungsmaßnahmen werden dabei teilweise auch durch Klimaschutz-Fördermittel gefördert, sofern die betreffende Maßnahme beiden Zielen zuträglich ist: Das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle fördert seit dem 12. Februar 2024 im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative den Verbau von Kälte- und Klimaanlage für gewerbliche NutzerInnen; da jedoch nur Anlagen mit nicht-halogenierten Kältemitteln förderfähig sind, trägt das Programm auch zur Steigerung der Energieeffizienz und zur verringerten Emission flourierter Treibhausgase bei (BAFA o. J.). Auch integrierte Klimaschutz- und Klimaanpassungskonzepte werden vom Bund gefördert: Der zweite ANK-DAS-Förderaufruf¹⁰ (Förderfenster 15. Mai bis 5. August 2025) unterstützt kommunale Konzepte zur nachhaltigen Klimaanpassung und für natürlichen Klimaschutz. Geförderte KlimaanpassungsmanagerInnen sollen Konzepte entwickeln, die Synergien zwischen Klimaanpassung, natürlichem Klimaschutz und Biodiversitätsstärkung unter Einsatz naturbasierter Lösungen in den Fokus nehmen (BMUKN 2025b).

3.2.2.2 EU-Strukturfonds und Klimaanpassung

EU-Strukturfonds, insbesondere der Europäische Fonds für regionale Entwicklung (EFRE), werden auch zur Verstärkung nationaler Förderprogramme eingesetzt, etwa im Rahmen der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Regionalen Wirtschaftsstruktur“ (GRW; BMWF 2025). Diese Möglichkeit zur Einwerbung zusätzlicher Fördermittel betrifft auch geeignete Projekte der Klimaanpassung; somit können auf diesem Wege EU-Mittel unterstützend zur Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen beitragen.

In Nordrhein-Westfalen werden allein im Förderaufruf "Klimaanpassung.Kommunen.NRW" rund 37 Mio. EUR aus EFRE-Mitteln bereitgestellt; in der dritten Einreichungsrunde wurden 24 Projekte mit einem Gesamtvolumen von 27 Mio. EUR gefördert (MWIKE o.J.). Bayern stellt für Hochwasserschutzmaßnahmen zur Klimaanpassung ebenfalls bedeutende EFRE-Mittel bereit (StMWi o. J.), während Brandenburg bis zu 55 Mio. EUR aus EFRE-Mitteln für Starkregenvorsorge und den Schutz denkmalgeschützter Garten- und Parkanlagen mobilisiert (MWFK 2024).

Die EFRE-Förderung konzentriert sich auf spezifische Bereiche der Klimaanpassung. Prioritäre Fördertatbestände umfassen Maßnahmen zum Schutz vor Überhitzung, Dürre und Trockenheit sowie die Schaffung von Verdunstungskühle. Besondere Bedeutung haben naturbasierte Lösungen zur Wiederherstellung natürlicher Bodenaustausch-Prozesse und die Umsetzung des Schwammstadt-Prinzips zum Versickern, Verdunsten, Speichern und schadstofffreien Ableiten von Niederschlagswasser. Hochwasserschutzmaßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel bilden einen weiteren Schwerpunkt, insbesondere die Planung und Umsetzung von Hochwasserschutzanlagen sowie deren Nachrüstung zum Schutz von Siedlungsgebieten und Infrastruktur. (Vgl. MWIKE o.J., StMWi o. J., SenMVKU o. J.)

3.2.2.3 Sondervermögen Infrastruktur und Klimaneutralität

Das Sondervermögen Infrastruktur und Klimaneutralität wurde 2025 mit einer Kreditermächtigung von bis zu 500 Mrd. EUR eingerichtet. Es verfolgt zwei Hauptziele: zusätzliche Investitionen in die

¹⁰ ANK: Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz.

Infrastruktur und Investitionen zur Erreichung der Klimaneutralität bis 2045. 100 Mrd. EUR stehen den Ländern für Infrastrukturinvestitionen zur Verfügung, weitere 100 Mrd. EUR fließen in den Klima- und Transformationsfonds (KTF). Die verbleibenden 300 Mrd. EUR sind für Bundesinvestitionen vorgesehen. Ein zentrales Element ist die Zusätzlichkeitsprüfung: Investitionen müssen nachweislich zusätzlich zu bestehenden Ausgaben erfolgen. (Bundesregierung 2025)

Während für den Klimaschutz somit erhebliche Finanzmittel zur Verfügung gestellt werden, ist die Verwendung dieser Mittel für Klimaanpassung je nach Anteil des Sondervermögens in unterschiedlichem Maße möglich. Laut Entwurf des SVIKG können die dem Bund zugewiesenen Investitionsmittel insbesondere in den in § 4 Abs. 1 SVIKG festgelegten Sektoren Zivil- und Bevölkerungsschutz, Verkehrsinfrastruktur, Energieinfrastruktur sowie Forschung und Entwicklung (Deutscher Bundestag 2025a) grundsätzlich im Sinne der Klimaanpassung eingesetzt werden. Bei den Ländermitteln soll die Verwendung über das Länder-und-Kommunal-Infrastrukturfinanzierungsgesetz (LuKIFG) geregelt werden. Die Begründung des Gesetzesentwurfs stellt ausdrücklich klar, dass im Rahmen des Bevölkerungsschutzes präventive Maßnahmen wie Hitze-, Hochwasser- und Küstenschutz förderfähig sind (Bundesrat 2025). Die Mittel des KTF sind hingegen für Maßnahmen des Klimaschutzes zweckgebunden (Wissenschaftliche Dienste des Deutschen Bundestages 2023) und somit höchstens im Rahmen integrierter Klimaschutz- und Klimaanpassungsmaßnahmen für Anpassungsziele nutzbar (s. Kapitel 3.2.2.1).

3.2.2.4 Klimaanpassung im föderalen Finanzausgleich

Der kommunale Finanzausgleich ist grundsätzlich von großer Bedeutung für die Klimaanpassung, da er die finanzielle Handlungsfähigkeit der Kommunen sicherstellt. Kommunen mit ausreichender Finanzausstattung können eher in präventive Klimaanpassungsmaßnahmen investieren, während finanzschwache Kommunen oft auf freiwillige Selbstverwaltungsaufgaben, zu denen Maßnahmen des Klimaschutzes und der Klimaanpassung zählen, verzichten müssen (Schanze et al. 2017).

Wie aus der Beschreibung der föderalen Finanzausgleichsmechanismen in Kapitel 3.2 hervorgeht, ist das aktuelle System nur sehr eingeschränkt darauf ausgelegt und in der Lage, Finanzierungsbedarfe zu decken, die sich aus notwendigen Anpassungsmaßnahmen ergeben, da die Ausgleichskennzahlen kein Klimarisikokriterium o.ä. beinhalten. Zwar werden bei der Verteilung des kommunalen Finanzausgleichs Finanzierungsbedarfe der Kommunen betrachtet, diese werden jedoch gegenwärtig vor allem auf Grundlage von ex-post erhobenen, empirisch klar definierten Indikatoren wie Bevölkerungszahl oder Anzahl der SchülerInnen pro Kommune berechnet (Eggert und Minter 2018; Döring et al. 2024) und beinhalten keine Anpassungsfinanzierung oder Klimaschutzinvestitionen. Eine Integration von Klimakriterien in den Finanzausgleich wird im Rahmen von Kapitel 3.3 als neuartiges, erweitertes Finanzierungsinstrument diskutiert.

3.2.2.5 Städtebauförderung

Die Städtebauförderung ist eines der wichtigsten Instrumente zur nachhaltigen Stadtentwicklung mit direktem Klimabezug. Der Bund stellt gemeinsam mit den Ländern Finanzhilfen für Investitionen in die Erneuerung und Entwicklung von Städten und Gemeinden bereit. Im Bundeshaushalt 2025 stehen 790 Mio. EUR für die Programme der Städtebauförderung zur Verfügung (BMWSB o. J.). Die Finanzierung erfolgt nach dem Drittelmodell: Der Bund trägt ein Drittel der Kosten, Land und Gemeinde zusammen zwei Drittel. Die Verwaltungsvereinbarung zwischen Bund und Ländern macht Maßnahmen der grünen und blauen Infrastruktur zur Pflicht, wobei mindestens eine Klimamaßnahme im Zuwendungszeitraum erfolgen muss.

Seit 2020 sind Maßnahmen zum Klimaschutz bzw. zur Anpassung an den Klimawandel in allen drei Programmen Fördervoraussetzung:

- Lebendige Zentren (300 Mio. EUR): Erhalt und Entwicklung der Stadt- und Ortskerne
- Sozialer Zusammenhalt (200 Mio. EUR): Stabilisierung benachteiligter Quartiere
- Wachstum und nachhaltige Erneuerung (290 Mio. EUR): Bewältigung des demographischen Wandels

Klimaschutz, Klimaanpassung und „Grün in der Stadt“ sind seitdem systematisch als Querschnittsaufgaben in der Förderlogik verankert. Die große Chance liegt darin, klimarelevante Maßnahmen nicht isoliert umzusetzen, sondern im Rahmen einer ganzheitlichen und integrativen Stadterneuerung zu verankern.

Diese neue Ausrichtung bringt jedoch Planungs- und Umsetzungshürden mit sich. Kommunen müssen rechtliche, organisatorische und technische Fragestellungen bewältigen und zugleich mit begrenzten finanziellen und personellen Ressourcen auskommen. Die Vielfalt der Gebietstypen – von urbanen Mischgebieten über Großwohnsiedlungen bis hin zu innenstadtnahen Bereichen und Brachflächen – verlangt maßgeschneiderte Lösungen, die den spezifischen Charakteristika der jeweiligen Quartiere gerecht werden. Vor allem kleinen und mittelgroßen Kommunen unter 100.000 EinwohnerInnen fehlen notwendige Fachkapazitäten, um die komplexen Anforderungen der Klimaintegration eigenständig zu realisieren. Darüber hinaus variieren die länderspezifischen Förderrichtlinien, was zu unterschiedlichen Vorgehensweisen und Umsetzungstempos führt.

Die besonderen Charakteristika der Städtebauförderung – wie spezifische Gebietsabgrenzungen, die verpflichtenden integrierten städtebaulichen Entwicklungskonzepte (INSEK) und komplexe Finanzierungsstrukturen – erfordern maßgeschneiderte Lösungen, die über allgemeine Klimastrategien hinausgehen. Zwar ist die Erstellung und Fortschreibung der INSEK den Stadtplanungsämtern vertraut, doch die Integration von Klimaschutz und Klimaanpassung verlangt zusätzliche fachliche Kompetenzen und Kapazitäten. Hier zeigt sich zugleich, dass es in vielen Kommunen an ausreichenden Personalressourcen fehlt, um die Förderinstrumente optimal zu nutzen.

3.2.2.6 Mischfinanzierung und weitere Instrumente

3.2.2.6.1 Gemeinschaftsaufgaben nach Art. 91a GG

Gemeinschaftsaufgaben beschreiben Aufgaben der Bundesländer, an deren Umsetzung der Bund durch Beteiligung an der Finanzierung (Mischfinanzierung) sowie an der Rahmenplanung mitwirkt. Dies ist nach Art. 91a GG möglich, wenn die Aufgaben für die Gesamtheit bedeutsam sind und ihre Umsetzung zur Verbesserung der Lebensverhältnisse erforderlich ist (Eggert 2018).

Neben den im Folgenden betrachteten Gemeinschaftsaufgaben wird seit einigen Jahren die Schaffung einer weiteren Gemeinschaftsaufgabe für Klimaanpassung diskutiert; dieses Vorhaben wird im Infokasten in Kapitel 3.3 betrachtet.

3.2.2.6.1.1 Gemeinschaftsaufgabe Verbesserung der regionalen Wirtschaftsstruktur (GRW)

Die GRW ist das zentrale Finanzierungsinstrument der deutschen Regionalpolitik. Sie verfolgt drei Hauptziele: Beschäftigung und Einkommen sichern, Standortnachteile ausgleichen und Transformationsprozesse hin zu einer klimaneutralen und nachhaltigen Wirtschaft beschleunigen (BMWE 2025).

Die GRW hat sich zu einem wichtigen Finanzierungsinstrument für Klimaschutz entwickelt, seit in der GRW-Reform 2022 explizit die Transformation zur Klimaneutralität als ein Hauptziel verankert wurde (BMWE 2025). Gefördert werden gewerbliche Investitionen, wirtschaftsnahe Infrastruktur und nichtinvestive Aktivitäten wie Clusterbildung in strukturschwachen Regionen (BMWE 2025).

Während Klimaschutz somit in der GRW angelegt ist, gibt es keinen klaren Bezug zur Finanzierung von Klimaanpassungsmaßnahmen. Eine Finanzierung integrierter Klimaschutz- und Klimaanpassungsmaßnahmen ist jedoch grundsätzlich denkbar, und auch die möglichen positiven Beschäftigungseffekte der Klimaanpassung (s. Kapitel 3.1.2.5) eröffnen Anknüpfungspunkte.

3.2.2.6.1.2 Gemeinschaftsaufgabe Agrarstruktur und Küstenschutz (GAK)

Die GAK ist das zentrale bundesweite Förderinstrument zur Verbesserung der Agrarstruktur sowie zum Küsten- und Hochwasserschutz und setzt bundesweite Rahmenpläne, die von den Ländern umgesetzt werden. Sie wird gemeinschaftlich finanziert (üblicherweise 60 % Bund, 40 % Länder) und verbindet bundespolitische Ziele mit Länder- und standortspezifischer Durchführung (BMEL 2025). Als finanzielles Ausgleichsinstrument mildert sie regionale Disparitäten und verankert prioritäre Investitionen in ländlichen Räumen. Für Klimaschutz und -anpassung ist die GAK besonders wichtig, weil sie klimarelevante Sektoren abdeckt und im Rahmen von Maßnahmen wie Deichbau, naturnahen Küstenschutzmaßnahmen, wasserwirtschaftlicher Infrastruktur und emissionsmindernden Landwirtschaftspraktiken die Umsetzung der deutschen Ziele von Klimaschutz und Klimaanpassung mitfinanziert.

3.2.2.6.2 Art. 104b GG-Investitionshilfen

Artikel 104b des Grundgesetzes erlaubt es dem Bund, den Ländern Finanzhilfen für besonders bedeutsame Investitionen der Länder oder der Gemeinden zu gewährleisten. Voraussetzung ist, dass die Investitionen entweder

1. zur Abwehr einer Störung des gesamtwirtschaftlichen Gleichgewichts,
2. zum Ausgleich unterschiedlicher Wirtschaftskraft im Bundesgebiet, oder
3. zur Förderung des wirtschaftlichen Wachstums

erforderlich sind (Art. 104b Abs. 1 GG). Die Städtebauförderung nach Art. 104b GG ermöglicht auf diese Weise dem Bund, sich an städtebaulichen Maßnahmen zu beteiligen (BMWSB 2024). Klimaanpassungsmaßnahmen sind seit 2020 Fördervoraussetzung, wodurch das Instrument zu einem wichtigen Klimafinanzierungsinstrument geworden ist (s. Kapitel 3.2.2.5).

Art. 104b Abs. 1 Nr. 3 GG eröffnet zudem weitreichende Möglichkeiten zur Gewährung von Finanzhilfen für das wirtschaftliche Wachstum. In ihrem für das BMUV erstellten Rechtsgutachten zu „Rechtsfragen der gemeinsamen Finanzierung von Maßnahmen der Klimaanpassung und des Naturschutzes durch Bund und Länder“ kommen Kaufhold und Heitzer (2024) zu dem Schluss, dass sich Maßnahmen der Klimaanpassung in weiten Bereichen diesem Förderzweck zuordnen lassen, da sie zur langfristigen Sicherung der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit beitragen.

3.2.2.6.3 Stabilitätsrat und fiskalische Überwachung

Der Stabilitätsrat wurde mit der Föderalismusreform II als gemeinsames Gremium von Bund und Ländern eingerichtet. Er überwacht die Haushalte zur Vermeidung von Haushaltsnotlagen und die Einhaltung der europäischen Fiskalregeln (Stabilitätsrat o. J.a, o. J.b).

Grundlage sind jährliche Stabilitätsberichte mit festgelegten Kennziffern zur Beurteilung der Haushaltslage. Bei drohenden Haushaltsnotlagen leitet der Stabilitätsrat ein umfassendes Evaluationsverfahren ein und vereinbart gegebenenfalls Sanierungsprogramme (Stabilitätsrat o. J.b).

Für die Klimafinanzierung ist der Stabilitätsrat relevant, da er die gesamtsstaatliche Einhaltung der EU-Fiskalregeln überwacht und damit den Rahmen für klimabezogene Investitionen beeinflusst (Deutsche Bundesbank 2019). Die Schuldenbremse und fiskalische Überwachung können sowohl begrenzend als

auch strukturierend auf klimabezogene Ausgaben wirken; einerseits grenzen sie finanzielle Spielräume ein, andererseits tragen sie aber auch zur Transparenz von Finanzierungswegen und zur Evaluation und wirkungsbasierten Priorisierung von Maßnahmen bei (s. Kapitel 4). Sondervermögen wie der Aufbauhilfefonds oder das Sondervermögen Infrastruktur und Klimaneutralität ermöglichen es zudem, klimabedingte Investitionen außerhalb der regulären Haushaltsregeln zu finanzieren.

3.2.3 Kritische Reflektion bestehender Mechanismen

3.2.3.1 Unzulänglichkeiten bestehender Finanzierungsmechanismen

Die existierenden Finanzierungsmechanismen im föderalen System der Bundesrepublik Deutschland weisen im Hinblick auf die finanziellen Risiken des Klimawandels eine Reihe von Schwachstellen und Unzulänglichkeiten auf, die im Folgenden skizziert werden. Dabei wird auf die vorangegangene Literaturrecherche ebenso zurückgegriffen wie auf eine Reihe von ExpertInneninterviews, die im Rahmen des Forschungsprojekts durchgeführt wurden.

Das größte und grundlegendste Problem besteht in der großen Kluft zwischen den in Kapitel 2 beschriebenen Finanzierungsbedarfen und den tatsächlich zur Verfügung stehenden Mitteln. Bereits ohne die notwendigen zukünftigen Ausgaben für Klimaanpassung sowie die zu erwartenden Kosten durch Klimaschäden verzeichneten die Kommunen im Jahr 2024 ein Rekorddefizit von 24,8 Mrd. EUR (Statistisches Bundesamt 2025), und im KfW-Kommunalpanel 2025 wurde ein wahrgenommener Investitionsrückstand von 215,7 Mrd. EUR erfasst (KfW Research 2025b). Darüber hinaus verursachen Stadtwerke, Extrahaushalte und kommunale Unternehmen zusätzlichen Investitionsdruck für die Kommunen.

Art. 104a Abs. 1 GG legt fest, dass Bund und Länder die im Rahmen der Erfüllung ihrer Aufgaben entstehenden Kosten selbst zu tragen haben – das sogenannte Konnexitätsprinzip. In diesem Sinne ist es dem Bund auch verboten, Aufgaben der Länder zu finanzieren (Finanzierungsverbot) (Verheyen und Franke 2025). Im Kontext der Finanzierung kommunaler Aufgaben gilt zudem das landesverfassungsrechtliche Konnexitätsprinzip, das in den einzelnen Landesverfassungen geregelt ist: wenn das Land einer Kommune Aufgaben zuweist (kommunale Pflichtaufgaben), muss es einen angemessenen finanziellen Ausgleich sicherstellen (Wohltmann 2018).

In der Praxis stößt das Konnexitätsprinzip an seine Grenzen: Von kommunaler Seite wird häufig beklagt, dass übertragene Aufgaben nicht mit den notwendigen Haushaltsmitteln unterfüttert werden (bpb 2023) und somit die kommunalen Haushalte zusätzlich belasten. Beispielsweise führten Änderungen in der Sozialgesetzgebung (SGB II, SGB VIII) zu erheblichen Mehrbelastungen der Kommunen, ohne dass immer ein vollständiger Ausgleich erfolgte (Grohs und Reiter 2014). Der Anteil der Sozialausgaben an den kommunalen Gesamtausgaben steigt kontinuierlich (Statistisches Bundesamt 2025). 2023 hatten die Kommunen einen Anteil an den Steuereinnahmen von 14,2 %, während sie 28,4 % der Ausgaben des öffentlichen Gesamthaushalts (ohne Sozialversicherungen) zu tragen hatten (Döring und Wohltmann 2025) – diese strukturell angelegte Unterfinanzierung, die auf aufstockende Zuwendungen der Länder und des Bundes angewiesen ist, verschärft das Problem der Finanzierungslücke im Angesicht des Klimawandels weiter. Das Konnexitätsprinzip ist dabei für die Klimaanpassung von besonderer Relevanz, da das KAnG den Kommunen zumindest indirekt neue Aufgaben überträgt.

Im Kontext von Klimaschutz und -anpassung stellt sich die gegenwärtige kommunale Finanzierung komplex dar: der verpflichtende finanzielle Ausgleich für kommunale Pflichtaufgaben setzt für die Länder fiskalisch keinen Anreiz, Klimaschutz und -anpassung im Rahmen von Pflichtaufgaben einheitlich und planbar zu regeln. Der Bund wiederum darf die Kosten kommunaler Pflichtaufgaben nicht übernehmen, da diese Ländersache sind (Finanzierungsverbot). Im Ergebnis können Kommunen Klimaschutz und -anpassungsaufgaben aktuell nur freiwillig und auf eigene Kosten übernehmen und

dafür ggf. auf Fördermittel zugreifen, was eigene Herausforderungen mit sich bringt (s. u.) (Verheyen und Franke 2025).

Da Maßnahmen für Klimaanpassung primär auf kommunaler Ebene umgesetzt werden müssen, stellt die fiskalische Situation der kommunalen Haushalte ein erhebliches Risiko für das Erreichen der Klimaziele und der Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen dar. Ausbleibende Investitionen in Anpassungsmaßnahmen erhöhen die Vulnerabilität sowohl der kommunalen Haushalte (s. Kapitel 3.1) als auch der EinwohnerInnen gegenüber den Folgen des Klimawandels. Wo Haushaltsmittel fehlen, droht zudem die Einsparung klimarelevanter Haushaltsposten, etwa bei der Bereitstellung des ÖPNV (Kessler 2025) – ein Versagen der fiskalischen Ausgleichsmechanismen kann also auch konkrete negative Auswirkungen auf das Klima haben. Die angespannte Finanzlage der Kommunen führt zudem zu Investitionskonkurrenz zwischen zukunftsorientierten Investitionen für Klimaanpassung, Sozialvorsorge, Versorgungssicherheit etc., die eine Priorisierung seitens der Kommune erforderlich machen, obwohl alle Investitionen für sich betrachtet notwendig wären.

Manche KritikerInnen der in Deutschland angewandten Finanzausgleichsmechanismen verweisen darauf, dass der hohe Grad, zu dem finanzielle Unterschiede ausgeglichen werden, dazu führt, dass Empfängerländer und -kommunen wenig Anreiz haben, ihre Steuereinnahmen zu erhöhen und somit das verfügbare fiskalische Gesamtvermögen zu vergrößern; zudem wird die Intransparenz und hohe Komplexität der Verteilungsmechanismen bemängelt, die die demokratische Aufsicht erschweren (Bielicki 2012).

Die gegenwärtige Finanzierungslandschaft für Klimaanpassung in Deutschland setzt zu erheblichen Teilen auf das Instrument der Förderprogramme. Diese bieten diverse Vorteile: so sind sie etwa politisch und haushaltsrechtlich verhältnismäßig einfach durch- und umzusetzen, und sie ermöglichen die gezielte Steuerung der finanzierten Maßnahmen oder Investitionen. Gleichzeitig bieten sie jedoch auch Anlass zur Kritik, insbesondere auf kommunaler Ebene. So wird etwa bemängelt, dass die Vielzahl verschiedener Förderprogramme in ihrer Gesamtheit kaum zu überblicken ist (s. auch KPMG o. J.). Zudem müssen Förderanträge meist aufwendig vorbereitet und nach strengen Kriterien geprüft werden. Dies bindet personelle Ressourcen bei AntragstellerInnen wie FördergeberInnen und kann zu Verzögerungen bei der Projektrealisierung führen. Angesichts des bereits heute erheblichen und in Zukunft voraussichtlich noch deutlich verschärften Personalmangels in den Kommunen (Klimaschutz Kommune 2025) kann die Beantragung von Fördermitteln so insbesondere für kleine oder besonders von Personalnot betroffene Kommunen zur unüberwindbaren Hürde werden – mit dem Ergebnis, dass Mittel zur Bewältigung der Klimakrise nicht abgerufen und entsprechende Maßnahmen nicht umgesetzt werden. Zudem ist die finanzielle Unterstützung durch Förderprogramme begrenzt und deckt meist nur die einmaligen Investitionskosten einer Maßnahme ab, nicht jedoch die ggf. dauerhaften Instandhaltungs- und Pflegekosten, die oft erhebliche Kostenfaktoren darstellen. Diese müssen im Nachgang der Maßnahme von den Kommunen getragen werden und belasten den kommunalen Haushalt.

Die Abhängigkeit der Verfügbarkeit von Fördermitteln vom politischen Willen der Fördergeber sowie der Haushaltslage führt zudem zu Unsicherheiten und verringerter Planbarkeit auf EmpfängerInnenseite, da sich Haushaltskürzungen bei FördergeberInnen oder z. B. auf Landesebene direkt auf die den Kommunen zur Verfügung stehenden Mittel für Klimaanpassung auswirken. Angesichts der Tatsache, dass manche Anpassungsmaßnahmen Infrastrukturprojekte erheblichen Umfangs darstellen, ist Planungssicherheit und eine mittelfristig gesicherte Finanzierung jedoch unabdingbar für ihre Umsetzung. Beispielhaft kann hier der Hochwasserschutz herangezogen werden: Langfristige HWS-Vorhaben sind auf verlässliche Finanzierungsrahmen angewiesen. Entscheidend ist eine dauerhafte Bereitstellung angemessener Verpflichtungsermächtigungen, da die Projekte oft mehrere Jahre laufen. Die jährlichen Etatzyklen von Land und Bund erschweren dies jedoch: Zu geringe Verpflichtungsermächtigungen im Nationalen Hochwasserschutzprogramm (NHWS) zwangen zuletzt

vor allem finanzschwächere ostdeutsche Länder dazu, große Maßnahmen aufzuteilen und in mehreren kleineren Ausschreibungen zu vergeben. Das führte zu höherem Personal- und Kostenaufwand sowie zu Verzögerungen bei der Umsetzung.

Auch die konkrete Ausgestaltung mancher Instrumente kann dazu beitragen, dass diese nicht vollumfänglich im Sinne der Klimaanpassung zum Tragen kommen. Der Aufbauhilfefonds 2021 deckt zwar Anpassungsmaßnahmen im Hochwasserbereich ab (z. B. Aufständigung von Gebäuden), Modernisierungsmaßnahmen werden jedoch nur gefördert, wenn für diese eine bestehende Rechtspflicht besteht. Die Landesregierung Rheinland-Pfalz vertrat bei der Ausgestaltung den Wunsch, auch die Herstellung zukünftiger energetischer Standards, die gesetzlich bereits vorgesehen sind, förderfähig zu machen; dem kam die Bundesregierung mit Verweis auf die geltenden gesetzlichen Normen und Standards jedoch nicht nach (Deutscher Bundestag 2023). Somit wurde die Chance vertan, den Wiederaufbau zukunftsorientiert mit einer klimapolitischen Ausrichtung zu verknüpfen, anstatt den Status Quo wiederherzustellen. Auch der EU-Solidaritätsfonds steht in der Kritik, da er keinen Wiederaufbau nach den „build back better“-Prinzipien¹¹ der UN erlaubt (García-Herrero und Mejino-López 2024).

3.2.3.2 Anknüpfungspunkte für mögliche Verbesserungen

Angesichts der vorhandenen Kritikpunkte und Schwachstellen der gegenwärtigen Finanzierungsmechanismen bieten sich diverse Potenziale zur Verbesserung oder Erweiterung der Finanzierung von Klimaanpassungsmaßnahmen.

Die hohen Finanzierungsbedarfe und die unzureichende finanzielle Ausstattung der öffentlichen Haushalte zur Finanzierung von Klimaschäden und Klimaanpassung verdeutlichen die Notwendigkeit, zusätzliche Finanzierungsquellen zu erschließen, die über eine Umverteilung der vorhandenen Haushaltsmittel hinausgehen und etwa Mittel aus dem Privatsektor oder aus dem Finanzsektor nutzbar machen.

Die deutsche Förderlandschaft sollte vereinfacht und digitalisiert werden, um die Bearbeitung zu beschleunigen und insbesondere die Kommunen personell zu entlasten. Im Rahmen der geführten Interviews wurde häufig der Wunsch nach langfristig abrufbaren, flexiblen Förderinstrumenten geäußert. Zudem sollten neben Förderprogrammen auch andere Finanzierungsformen verstärkt berücksichtigt werden. Die Finanzierungsinstrumente sollten zudem so ausgestaltet werden, dass sie über längere Laufzeiten klare Finanzierungszusagen bieten und damit Planbarkeit bei der Umsetzung schaffen. Auch sollten Anpassungs- und Resilienzkriterien bereits bei der Ausgestaltung der Instrumente berücksichtigt werden, um die zukunftssichere Verwendung der Mittel zu gewährleisten.

Angesichts der angespannten personellen und fiskalischen Lage vieler deutscher Kommunen erscheint es zudem lohnenswert, Instrumente zu konzipieren, die auf regionaler Ebene operieren und Bedarfe und Kapazitäten effizient bündeln können. Diese könnten etwa die Form regionaler Zweckgesellschaften haben, die Bedarfe mehrerer Kommunen bündeln und Skaleneffekte nutzbar machen.

3.3 Zusätzliche Mechanismen zur Finanzierung

Der Klimawandel birgt eine Vielzahl fiskalischer Risiken für öffentliche Haushalte in Deutschland, zu deren Bewältigung die in Kapitel 3.2 benannten, bereits existierenden Ausgleichsmechanismen

¹¹ „build back better“ beschreibt den Ansatz, die Phasen der Wiederherstellung, Rehabilitation und des Wiederaufbaus nach einer Katastrophe zu nutzen, um die Resilienz von Nationen oder Gemeinschaften zu stärken, indem Maßnahmen zur Katastrophenvorsorge in die Wiederherstellung von Infrastruktur, Wirtschaft und Natur einfließen (UNDRR 2017).

zunehmend nicht mehr ausreichen. In diesem Kapitel wird eine Liste innovativer Ansätze zur Schließung der vorhandenen Finanzierungslücke vorgestellt, die an die zuvor identifizierten Schwachstellen des aktuellen Finanzierungssystems und auf verschiedenen Ebenen des föderalen Systems ansetzen, vorhandene Haushaltsmittel umschichten oder zusätzliche Mittel aus dem Privatsektor oder institutionellen Kontexten mobilisieren und präventive Anpassungsmaßnahmen finanzieren oder ex ante bei der Bewältigung von Klimafolgen unterstützen (s. Tabelle 43). Die Bezeichnung jedes Mechanismus beinhaltet den Link zum jeweiligen Steckbrief im Anhang.

Tabelle 43: Übersicht neuer Finanzierungsmechanismen

Bezeichnung	Kurzbeschreibung	Kategorie
Erhebung (lokal- ler) Abgaben für Klimaschutz und - anpassung	Zweckgebundene kommunale Abgaben (z. B. auf versiegelte Flächen) zur Finanzierung lokaler Anpassungsmaßnahmen wie Entsiegelung, Begrünung oder Regenwassermanagement.	Systemische Umverteilung und fiskalische Steuerung
Katastrophenan- leihen (Cat Bonds)	Öffentliche Anleihen. Tritt ein definiertes Katastrophenereignis ein, wird das von den InvestorInnen eingesetzte Kapital ganz oder teilweise zur schnellen Finanzierung eingesetzt, andernfalls wird es am Laufzeitende zurückgezahlt.	Risikotransfer und Schadensabsicherung
Klima-resiliente Schuldenklauseln (CRDCs)	Vertragliche Stundungsoptionen in Krediten: Nach Klimaereignissen (z. B. Dürre, Hochwasser) können zur kurzfristigen Entlastung des Haushalts Tilgungs- und Zinszahlungen befristet ausgesetzt werden.	Liquiditätsentlastung und Schuldenmanagement bei Klimaschocks
Erweiterung loka- ler Klimafonds	Erweiterung bestehender kommunaler Klimafonds um Anpassungsprojekte; Finanzierung aus Haushaltsmitteln sowie Beiträgen von Wirtschaft, Stiftungen und Zivilgesellschaft.	Systemische Umverteilung und fiskalische Steuerung
Resilienzprüfung von Infrastruk- turinvestitionen	Verbindliche Prüfung von Klimarisiken bei öffentlichen Bau- und Infrastrukturprojekten, um Funktionsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit langfristig zu sichern.	Regulatorische Qualitätssicherung und Mainstreaming
Integration von Klimaschutz und Klimaanpassung in den horizontalen Finanzausgleich	Klimarisiken, -leistungen und Anpassungsbedarfe werden systematisch in die Mittelverteilung zwischen Ländern und Kommunen einbezogen, um Betroffenheit und Leistung angemessen zu berücksichtigen.	Systemische Umverteilung und fiskalische Steuerung

Bezeichnung	Kurzbeschreibung	Kategorie
Kommunale Klima-Collateralized Loan Obligations (K-CLOs)	Bündelung vieler kleiner kommunaler Klimakredite zu einem handelbaren Paket für InvestorInnen. Dadurch wird zusätzliches Kapital für lokale Projekte mobilisiert.	Präventions- und Investitionsfinanzierung über Kapitalmärkte
Parametrische Versicherungen	Versicherung mit klar definierten Auslösern (z. B. bestimmte Niederschlagsmenge). Bei Erreichen eines festgelegten Schwellenwerts erfolgt eine schnelle Auszahlung ohne langwierige Schadensbegutachtung.	Risikotransfer und Schadensabsicherung
Reformierte Bundesergänzungszuweisungen mit Klimaprognosefaktor	Bundesmittel werden zusätzlich nach Klimaindikatoren (Risiken, Anpassungsbedarf, Schadenshistorie) verteilt, um besonders belastete Länder planbarer zu unterstützen.	Systemische Umverteilung und fiskalische Steuerung
Resilienzanleihen mit Präventionsfokus	Anleihen, die neben der Absicherung von Schäden auch präventive Maßnahmen finanzieren. Monetarisierter Schadensvermeidung trägt zur Finanzierung von Schutzinfrastruktur bei.	Präventions- und Investitionsfinanzierung über Kapitalmärkte
Staat als letzte Versicherungsinstanz	Der Staat übernimmt als Rückversicherung die Extremrisiken, wenn private (Rück-)Versicherungen nicht ausreichen. Dadurch bleibt Versicherungsschutz verfügbar und bezahlbar.	Versicherung gegen Schadensfälle

Die Liste der Vorschläge wurde auf Grundlage von relevantem Vorwissen des Teams, der vorangegangenen Literaturrecherche sowie einer Reihe von ExpertInneninterviews erarbeitet. Zur anschaulichen Aufbereitung werden alle Instrumente in Form von einheitlichen Steckbriefen vorgestellt. Dabei wird für jedes Instrument zunächst der grundlegende Wirkmechanismus beschrieben, bevor spezifische Vorteile und Herausforderungen herausgearbeitet sowie Anwendungsbeispiele benannt werden. Besonderes Augenmerk liegt auf der Verankerung der Instrumente im föderalen Kontext, sodass jeweils klar benannt wird, auf welcher Ebene welche Zuständigkeiten bei der Umsetzung des Instruments liegen.

Die vollständigen Steckbriefe aller behandelten Instrumente finden sich im Anhang A dieses Berichts.

EXKURS: GEMEINSCHAFTSAUFGABE KLIMAAANPASSUNG

Die Idee einer Gemeinschaftsaufgabe Klimaanpassung wird seit einigen Jahren diskutiert und hat im politischen Diskurs Deutschlands zunehmend an Bedeutung gewonnen. Dabei steht das Bestreben im Fokus, Klimaanpassung als neue Gemeinschaftsaufgabe nach Artikel 91a GG zu verankern, um die koordinierte und gemeinsame Finanzierung von Klimaanpassungsmaßnahmen durch Bund, Länder und Kommunen rechtlich zu ermöglichen (vgl. Kapitel 3.2.2.6.1).

2021 wurde die Schaffung einer neuen Gemeinschaftsaufgabe Klimaanpassung vom UBA vorgeschlagen, um die von der damaligen Umweltbundesministerin Svenja Schulze (SPD) benannte Zielstellung umzusetzen, verlässliche rechtliche und finanzielle Rahmenbedingungen für die Klimaanpassung zu schaffen (UBA 2021). 2024 wurde ein vom BMUV beauftragtes Gutachten zu „Rechtsfragen der gemeinsamen Finanzierung von Maßnahmen der Klimaanpassung und des Naturschutzes durch Bund und Länder“ von Prof. Ann-Kathrin Kaufhold und Dr. Sonja Heitzer veröffentlicht. Das Gutachten zeigt konkrete Möglichkeiten auf, wie Artikel 91a GG um Klimaanpassung erweitert werden könnte (Kaufhold und Heitzer 2024).

Die Forderung nach einer Gemeinschaftsaufgabe Klimaanpassung wird von einer breiten Allianz verschiedener AkteurInnen getragen. Der Städte- und Gemeindebund forderte im Juli 2024 eine Verankerung der Klimaanpassung im Grundgesetz, um die aus dem KAnG entstehenden Finanzierungsbedarfe zu decken; die damalige Bundesumweltministerin Steffi Lemke (Bündnis 90/Die Grünen) sprach sich ebenfalls für eine entsprechende Gesetzesänderung aus, und auch die Bundestagsfraktion von CDU/CSU äußerte sich zu diesem Zeitpunkt offen für die Schaffung der Gemeinschaftsaufgabe (tagesschau.de 2024).

Am 29. November 2024 wurde im Rahmen der 103. Umweltministerkonferenz in Bad Neuenahr-Ahrweiler von den UmweltministerInnen der Länder festgehalten, dass die Einrichtung einer neuen Gemeinschaftsaufgabe für Maßnahmen der Klimaanpassung und des Klimaschutzes notwendig sei; zu diesem Zweck wurde ein neuer Arbeitskreis zum Thema „Gemeinschaftliche Finanzierung“ eingerichtet, um Eckpunkte einer möglichen neuen Gemeinschaftsaufgabe zu erarbeiten (MKUEM 2024). Auch zivilgesellschaftlich findet das Thema Anklang: eine Online-Petition, die die Verankerung von Klimaschutz und Klimaanpassung in der kommunalen Daseinsvorsorge im Grundgesetz fordert, hatte im August 2025 bereits über 100.000 Unterschriften gesammelt (BürgerBegehren Klimaschutz 2025).

Angesichts des weit fortgeschrittenen Diskurses um eine neue Gemeinschaftsaufgabe zur Finanzierung von Klimaanpassung wurde das Instrument im Rahmen dieser Studie nicht vertiefend betrachtet; der Fokus lag stattdessen auf darüber hinausgehenden, neuartigen Ansätzen, die neben einer möglichen zukünftigen Gemeinschaftsaufgabe zusätzliche Pfade zur Finanzierung von Klimaschäden und Klimaanpassung eröffnen.

3.3.1 Querschnittsbetrachtungen

Im Zuge der Ausarbeitung und Analyse der präsentierten Vorschläge wurde eine Reihe von thematischen Schwerpunkten identifiziert, die die erarbeiteten Instrumente vereinen oder entlang derer sich einzelne Instrumente gruppieren lassen. Diese inhaltlichen Schnittmengen werden im Folgenden betrachtet und eingeordnet.

3.3.1.1 Notwendigkeit präziser Parameterdaten

Die Umsetzung der vorgestellten Finanzierungsinstrumente erfordert in vielen Fällen das Vorhandensein präziser, aktueller, hochauflösender Daten zu verschiedenen Klimaindikatoren (z. B. Niederschlag, Pegelstände, Temperatur, Windgeschwindigkeit). Diese sind etwa notwendig, um die Auszahlung parametrischer Versicherungen oder von Katastrophenanleihen zu steuern. Angesichts des bereits in Kapitel 1.1.1 identifizierten gegenwärtigen Forschungsbedarfs ergibt sich für die Zukunft und die Umsetzung zusätzlicher Finanzierungsmodelle umso dringender die Notwendigkeit, diese und

weitere Klimadaten nach einheitlichen Kriterien zu erheben, zu katalogisieren und zugänglich zu machen.

3.3.1.2 Schaffung einheitlicher Taxonomien

Die Steckbriefe zeigen durchgängig, dass fehlende standardisierte Bewertungsframeworks und Taxonomien für Resilienzprojekte eine zentrale Barriere darstellen. Dies führt zu erhöhten Modellierungskosten für einzelne Projekte, erschwelter Vergleichbarkeit und Bewertung durch InvestorInnen und zur potenziellen Benachteiligung kleinerer Kommunen durch hohe Fixkosten. Insbesondere Kommunen könnten durch die Schaffung einheitlicher Rahmenkriterien bei der Umsetzung systematischer Bewertungsverfahren entlastet werden, was in Anbetracht der hohen finanziellen und personellen Beanspruchung vieler Kommunen ein wichtiger Schritt zur Ermöglichung der Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen sein kann.

Während für Klimaschutz CO₂-Einsparungen als einheitlicher Wirkungsmaßstab zur Verfügung stehen, fehlt für Klimaanpassung ein vergleichbarer universeller Indikator. Dies macht die Entwicklung einheitlicher Bewertungskriterien deutlich komplexer. Internationale Referenzen wie der Adaptation Benefits Mechanism der African Development Bank oder der Climate Resilience Check der EU-Kommission können als Anknüpfungspunkte für standardisierte Bewertungsverfahren herangezogen werden. Der Bund wird in diesem Kontext als Koordinator benötigt (s. u.). Möglichkeiten der vereinheitlichten Bewertung von Anpassungsmaßnahmen, der aktuelle Stand der Forschung und weitergehende Forschungsbedarfe werden in Kapitel 4 erörtert.

3.3.1.3 Zentrale Rolle der Kommunen

Die Kommunen behalten auch im Kontext der neuen Finanzierungsinstrumente ihre herausgestellte Rolle als primäre Umsetzende der Klimaanpassung. Sämtliche vorgestellten Instrumente zielen in letzter Konsequenz darauf ab, den Kommunen zusätzliche Mittel zur Bewältigung der Klimarisiken zur Verfügung zu stellen bzw. zugänglich zu machen und die existierenden Finanzierungslücken zu schließen oder Sicherheiten bei der Planung und Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen zu schaffen, die bisher nicht hinreichend vorhanden sind.

3.3.1.4 Bund als Koordinator und Integrator

Dem Bund kommen bei der Umsetzung der vorgestellten Finanzierungsinstrumente eine Reihe koordinativer Schlüsselaufgaben zu. So kann er die Standardisierung von Mechanismen, die die Auszahlung bestimmter Finanzmittel (z. B. Katastrophenanleihen) auslösen, von Bewertungstaxonomien und Datengrundlagen (s. o.) vorantreiben und die notwendige technische und personelle Infrastruktur zur Sammlung und Verarbeitung der notwendigen Daten bereitstellen. Die Implementierung von CRDCs in föderalen Finanzbeziehungen, die Ausgabe von Resilienzanleihen oder die Strukturierung von K-CLOs erfordern zudem spezifische rechtliche Rahmenbedingungen. Ein Vorbild für die Entwicklung kontext-angepasster nationaler Standards könnte Großbritannien sein, wo eine von der Regierung einberufene Arbeitsgruppe eine standardisierte Vorlage für klimaresiliente Schuldenklauseln (CRDCs) erarbeitete (Cravero et al. 2025; s. Steckbrief 7.4).

Der Bund kann durch gezielte Pilotvorhaben auch den Markthochlauf innovativer Instrumente beschleunigen. Bei K-CLOs wären eine zentrale Dateninfrastruktur, Förderprogramme und Risikoabfederung erforderlich. Bei Resilienzanleihen könnten Standardisierungsframeworks und Best Practices etabliert werden.

Nicht zuletzt ist der Bund für die übergeordnete Koordination zwischen den Ländern und Kommunen zuständig; auch die Verankerung der neuen Finanzierungsinstrumente im Kontext europäischer Finanzierungsrahmen käme dem Bund zu.

3.3.1.5 Bund als Garantiegeber

Die Finanzierung von Klimaanpassungsmaßnahmen stößt zunehmend an Grenzen, vor allem bei transformativen Projekten mit hohem Risiko und unsicheren Renditen. Solche Vorhaben lassen sich oft nicht allein über Banken oder private InvestorInnen realisieren. Deshalb kommt dem Staat als Garantiegeber eine zentrale Rolle zu: Er übernimmt Risiken, damit Kommunen oder Unternehmen Kredite zu tragbaren Konditionen erhalten – nicht in Form direkter Zuschüsse, sondern durch Absicherung von Risikopositionen, die private Kapitalgeber nicht tragen würden.

Vergleichbare Modelle existieren bereits: Exportkreditgarantien („Hermesdeckungen“) und Investitionsgarantien des Bundes sichern Unternehmen in risikobehafteten Auslandsmärkten, z. B. in politisch instabilen Regionen, ab (BMW o. J.; BMW und Euler Hermes o. J.). Im Binnenmarkt unterstützt der Staat über Rückbürgschaften Bürgschaftsbanken, die Kredite für kleine und mittlere Unternehmen, Start-ups oder GründerInnen absichern (VDB o. J.).

Im Kontext der vorgestellten Finanzierungsinstrumente sind staatliche Garantien in manchen Fällen – z. B. bei kommunalen K-CLOs oder CRDCs – sinnvoll, da Unsicherheiten über Folgekosten, Einsparpotenziale oder Einnahmen über etablierte Finanzierungsmechanismen hinausgehen. Bürgschaften, Kreditzusagen oder Ausfallgarantien könnten hier das Risiko-Rendite-Profil so verbessern, dass private Kapitalgeber bereit sind einzusteigen. Damit ließen sich nicht nur Finanzierungslücken schließen, sondern auch Investitionen skalieren und private Mittel mobilisieren. Angesichts wachsender Klimarisiken und knapper Haushaltsmittel könnten staatliche Garantien zu einer tragenden Säule der Klimaanpassungsfinanzierung werden – ähnlich wie in der Exportförderung seit Jahrzehnten.

3.3.1.6 Mobilisierung von privatem/institutionellen Kapital

Um die Klimaanpassung und die Finanzierung des Wiederaufbaus nach Klimaschäden auf zukunftssichere Füße zu stellen, ist die Einwerbung zusätzlicher Finanzmittel aus dem Finanz- und Privatsektor unerlässlich. Maßnahmen wie die Herausgabe von Katastrophenanleihen, Resilienzanleihen oder lokale Klimafonds zielen darauf ab, fiskalische Risiken auf InvestorInnen zu übertragen und/oder Mittel zu akquirieren, mit denen Anpassungsmaßnahmen umgesetzt werden können. Der entscheidende Ansatz ist es dabei, existierende Marktmechanismen für die Ziele der Klimaanpassung nutzbar zu machen und auf diesem Wege die fiskalische Resilienz öffentlicher Haushalte zu erhöhen.

3.3.2 Forschungsbedarf

Während Kapitel 3.1 eine Übersicht fiskalischer Risiken durch den Klimawandel bietet, fehlt es bisher an systematischen Untersuchungen zu den fiskalischen Risiken des Klimawandels für die öffentlichen Haushalte in Deutschland.

Ein Ansatz ließe sich dabei aus den im Finanzsektor gängigen „Stress Tests“ ableiten, die finanzielle Auswirkungen bestimmter Schocks oder Entwicklungen untersuchen. Die EZB führte 2022 erstmals einen Klimarisiko-Stresstest für die Bilanz des Eurosystems durch, um die Sensitivität ihrer monetären Portfolios gegenüber physischen und Übergangsrisiken zu untersuchen. Die Übung zeigte, dass physische Risiken insgesamt stärker ins Gewicht fallen als Übergangsrisiken und dass die Hauptbelastungen auf Unternehmens- und gedeckten Anleihen sowie besicherten Kreditgeschäften liegen (Germann et al. 2023). 2023 präsentierte die Bundesbank in einer Studie zu Klimatransitionsrisiken (Frankovic et al. 2023) eine methodische Umsetzung für deutsche Banken, Versicherer und Fonds. Sie entwickelte ordentliche und kurze, schockartige Übergangsszenarien, bezog firmenspezifische Emissionsdaten ein und quantifizierte die Auswirkungen auf Bilanzen von

Finanzintermediären. Ziel war die Beurteilung der Vulnerabilität des Finanzsystems gegenüber regulatorisch oder marktbedingt induzierten CO₂-Preissprüngen.

Beide Ansätze fokussieren auf das Risikoprofil von Finanzinstituten und nicht direkt auf öffentliche Haushalte. Erkenntnisse lassen sich dennoch übertragen: Die Nutzung mehrjähriger physischer und Übergangsszenarien sowie die Übersetzung makrofinanzieller Schocks auf spezifische Portfolios bieten einen methodischen Rahmen. Für öffentliche Haushalte könnten vergleichbare Stresstests entwickelt werden, in denen Klimaszenarien auf Einnahmen (etwa Steuerausfälle bei Ernteaussfällen) und Ausgaben (z. B. Wiederaufbaukosten nach Extremereignissen) angewendet werden. Die Herausforderung bestünde darin, geeignete Indikatoren und Datenquellen für Haushaltsposten zu definieren und Szenarioparameter entsprechend fiskalischer Fragestellungen zu kalibrieren.

Weiterer Forschungsbedarf ergibt sich aus dem bisherigen Fehlen systematischer Ex-post-Evaluierungen zur Bewertung der Effizienz und Effektivität bestehender Förderprogramme und Anpassungsinstrumente. Dabei könnte untersucht werden, welche Indikatoren – etwa Kosten-Nutzen-Verhältnis, Zielerreichungsgrad oder Verteilungseffekte – sich am besten für eine vergleichbare Analyse eignen, wie datenbasierte Fallstudien zu beispielsweise kommunalen Klimaanpassungsfonds durchgeführt werden könnten, um tatsächliche Emissionsminderungen und Anpassungsleistungen zu quantifizieren, und auf welche Weise Feedback-Schleifen gestaltet sein müssten, damit Erkenntnisse zielgerichtet in die Optimierung von Programm- und Prozessdesign einfließen könnten.

Ein wiederkehrender Kritikpunkt an der aktuellen Ausgestaltung der Klimafinanzierung in Deutschland ist das Fehlen einheitlicher Datengrundlagen, die zur Bewertung und Umsetzung von Maßnahmen oder zur Bewilligung von z. B. Förderanträgen notwendig wären. Auch die Standardisierung von Prozessen sowie Maßnahmen könnte die Umsetzung bedeutend erleichtern und beschleunigen. Vor diesem Hintergrund ergeben sich entsprechend Forschungsbedarfe, die idealerweise von zentraler Stelle, z. B. der Bundesebene, koordiniert werden sollten, um bundesweit einheitliche Standards zu etablieren.

4 Priorisierung von Anpassungsmaßnahmen

Tabelle 44: Ergebnisse auf einen Blick

ERGEBNISSE IM ÜBERBLICK:

- Drei Hauptverfahren werden für die ex-ante Bewertung von Klimaanpassungsmaßnahmen genutzt: Kosten-Nutzen-Analyse (KNA), Kosten-Wirksamkeits-Analyse (KWA) und Multikriterien-Analyse (MKA). Strukturierte Bewertungsverfahren stellen neben der Unterstützung einer fundierten Priorisierung auch einen großen Mehrwert für die in Kapitel 3 beschriebenen Finanzierungsmittel dar.
- Praxisbeispiele zeigen, dass die Auswahl und Gewichtung der Bewertungskriterien oft partizipativ und kontextspezifisch erfolgt, was die Akzeptanz und Relevanz der Ergebnisse erhöht. Die praktische Umsetzung erfordert eine solide Informationsgrundlage, methodisches Know-how und ggf. unterstützende Tools; erste Leitfäden und Softwarelösungen sind verfügbar, aber noch nicht flächendeckend etabliert.
- Zentrale Herausforderung ist, dass die Wirkung von Klimaanpassungsmaßnahmen nur begrenzt standardisiert bestimmt werden kann, und dass wichtige Bewertungsdaten, wie etwa zu den Kosten des Nicht-Handelns, fehlen.
- Unsicherheiten im Bewertungsverfahren erschweren präzise Wirkungsabschätzungen. Je nach Bewertungskontext haben die Unsicherheiten unterschiedliche Relevanz für die Priorisierung von Maßnahmen. Auf kommunaler Ebene zeigt sich, dass besonders No-Regret- und Low-Regret-Maßnahmen fokussiert werden und somit Unsicherheiten der Klimaszenarien in der kommunalen Praxis eine untergeordnete Rolle spielen.
- Die Komplexität der Bewertungsverfahren stellt auf allen Governance-Ebenen eine Hemmnis der Umsetzung der Verfahren dar. Wissen über mögliche Bewertungsverfahren ist in der Praxis kaum verbreitet.
- Bewertungsverfahren sind stark kontextabhängig. In der Weiterentwicklung der Verfahren ist die Möglichkeit des verstärkt modularen Aufbaus weiter zu berücksichtigen. Zur präziseren Abschätzung der Wirkung von Maßnahmen soll die Integration von Wirkungsgefügen weiter untersucht und innovative Ansätze zur Berücksichtigung der multikausalen Wirkung untersucht werden.
- Es besteht Forschungsbedarf, inwieweit erstmals entwickelte Kriterien zur Erfassung von transformativen Maßnahmen auf andere Bewertungskontexte und -verfahren übertragbar sind und ob durch die Integration zusätzlicher Maßnahmen ein Mehrwert entsteht.
- Zur breiteren Anwendung von Bewertungsverfahren ist der Fokus auf die niedrigschwellige Durchführung in der Praxis entscheidend. Die Bereitstellung praxisnaher, leicht verständlicher Tools und Handreichungen, idealerweise als digitale Anwendungen, ist entscheidend, um den Einstieg und die Auswahl passender Bewertungsverfahren zu erleichtern.
- Es besteht Bedarf, nicht nur Einzelmaßnahmen, sondern auch Policy-Mixes hinsichtlich ihrer gemeinsamen Wirkung bewerten zu können.
- Die Förderung von Austauschformaten von AnwenderInnen sowie die Hervorhebung und Verbreitung guter Praxisbeispiele können die breitere Anwendung unterstützen.

Zur Reduzierung der Gefahren von zunehmenden Extremwetterereignissen stehen auf Bundes-, Länder und kommunaler Ebene vielfältige Maßnahmen zur Verfügung. Angesichts begrenzter Ressourcen und der zunehmenden Gefahr der Fehlanpassung¹² ist die Priorisierung von Maßnahmen notwendig, um die vorhandenen Mittel möglichst wirkungsvoll einzusetzen (EPA 2025; Guerrero-Hidalga et al. 2020; IPCC 2023). Ex-ante Bewertungen sind dabei wichtige Verfahren, welche eine systematische Bewertung der Wirkung ermöglichen und somit eine fundierte Grundlage zur Priorisierung schaffen (EPA 2025). Basierend auf diesen Einschätzungen können nicht nur besonders wirksame und effiziente Maßnahmen identifiziert, sondern auch Risiken wie Fehlanpassungen frühzeitig erkannt und vermieden werden (EPA 2025; IPCC 2022). Durch das systematische Vorgehen können zudem Unsicherheiten transparent gemacht werden und bei der Auswahl von Maßnahmen durch eine umfassende Bewertung verringert werden (Guerrero-Hidalga et al. 2020).

Aktuell liegen bereits Forschungserkenntnisse sowie erste Beispiele der praktischen Anwendung von Bewertungsverfahren vor. Es fehlt jedoch an einem Konsens darüber, was als wirksame Anpassung gilt und welche Kriterien zur Erfassung am besten geeignet sind (Dalitz et al. 2023; Guerrero-Hidalga et al. 2020; Owen 2020). Ex-ante Bewertungen in der Klimaanpassung sind im Vergleich zu anderen Politikfeldern zudem besonders herausfordernd, da es keine festen Maßeinheiten für Anpassungserfolge gibt und die Wirkung von Maßnahmen stark von lokalen Kontexten, Synergien und Unsicherheiten über zukünftige Klimabedingungen abhängt (Owen 2020). Die Komplexität wird durch die Vielfalt der AkteurInnen, Entscheidungsebenen und sektorübergreifenden Wechselwirkungen von Maßnahmen im Querschnittsthema Anpassung weiter erhöht (Owen 2020).

Ex-ante Bewertungen können einen großen Mehrwert zur wirksamen Gestaltung von Klimaanpassung beitragen, allerdings bestehen in der methodischen und praktischen Umsetzung große Herausforderungen. Im folgenden Kapitel wird ein Überblick über bestehende Forschung und Praktiken der Bewertungen gegeben und Empfehlungen für eine Weiterentwicklung von Bewertungsverfahren entwickelt. Hierzu werden zu Beginn die drei zentralen ex-ante Bewertungsverfahren – Kosten-Nutzen-Analyse (KNA), Kosten-Wirkungsanalyse (KWA) und Multikriterien-Analyse (MKA) – erläutert und mit praktischen Anwendungsbeispielen veranschaulicht. Aufgrund der großen Bedeutung von MKA wird dieses Verfahren in besonderer Ausführlichkeit behandelt. Aufbauend auf diesem Forschungsüberblick werden anschließend die Herausforderungen und Bedarfe für die Weiterentwicklung von Bewertungsverfahren identifiziert. Hierbei werden sowohl methodische Aspekte als auch die praktische Umsetzung betrachtet. Im dritten Schritt werden, angelehnt an die zuvor genannten Hürden, Empfehlungen für die Weiterentwicklung dieser Verfahren vorgestellt. Die Ergebnisse des Kapitels beruhen dabei auf einer umfassenden Literaturrecherche sowie auf geführten ExpertInneninterviews mit AkteurInnen aus der Praxis.

4.1 Ex-ante Bewertungsverfahren zur Abschätzung der Wirksamkeit von Klimaanpassungsmaßnahmen

Bei der Priorisierung von Anpassungsmaßnahmen stellen systematische Bewertungen ein hilfreiches Vorgehen dar, um zu einer fundierten und transparenten Auswahl von Maßnahmen zu gelangen. In der Bewertung von Klimaanpassungsmaßnahmen kommen verschiedene Verfahren zum Einsatz, von denen drei – die Kosten-Nutzen-Analyse (KNA), Kosten-Wirksamkeits-Analyse (KWA) und die Multikriterien-Analyse (MKA) – besonders verbreitet sind. Diese Bewertungsverfahren unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Methoden, Kriterien und Anwendungsbereiche. Es ist wichtig zu beachten, dass in der Praxis die Begrifflichkeiten der verschiedenen Verfahren jedoch nicht trennscharf verwendet werden und auch

¹² Fehlanpassung, auch Maladaptation genannt, beschreibt potenziell negative Auswirkungen von Anpassung, welche zu einer Reproduktion, Verschiebung oder Vergrößerung der Vulnerabilität führt (IPCC 2022; Juhola et al. 2022).

Kombinationen aus den Verfahren umgesetzt werden. Die Beschreibungen der Bewertungsverfahren basieren neben wissenschaftlichen Publikationen insbesondere auf Handreichungen des Bundes, der Länder sowie auf Pilotprojekten in der Praxis. Die Literatur fokussiert dabei den europäischen Kontext, wohingegen die Praxisbeispiele ausschließlich aus dem deutschen Raum stammen. Es ist zudem hervorzuheben, dass sowohl die Praxisbeispiele als auch die Ergebnisse zur Verankerung der ex-ante Bewertung in Deutschland auf einer explorativen Untersuchung beruhen. Im Folgenden werden die drei Bewertungsmethoden ausführlich vorgestellt, Implikationen für die praktische Umsetzung beschrieben und die Verfahren kritisch reflektiert.

Tabelle 45: Übersicht der Ex-ante Bewertungsverfahren

Methodischer Ansatz	Kurze Beschreibung	Datenbasis	Vorteile	Nachteile
Kosten-Nutzen-Analyse (KNA)	Monetäre Bewertung von Kosten und Nutzen einer Maßnahme, um deren gesellschaftlichen Mehrwert zu bestimmen.	Monetär bewertbare Daten zu Kosten und Nutzen; ggf. Schätzungen für nicht-marktfähige Leistungen.	Direkter Vergleich des wirtschaftlichen Nutzens; Vergleich aus unterschiedlichen Bereichen möglich.	Nicht-monetarisierbare Effekte (z. B. soziale Aspekte, Nachhaltigkeit) werden oft nicht erfasst; Unsicherheiten bei Monetarisierung.
Kosten-Wirkungs-Analyse (KWA)	Quantitative Bewertung der Kosten im Verhältnis zur Wirksamkeit einer Maßnahme (nicht ausschließlich monetär).	Nicht monetäre, quantifizierbare Daten zu messbaren Wirkungen (z. B. Reduktion von Hitzetagen, Hochwasserschäden) und monetär quantifizierbare Kosten der Umsetzung.	Auch für Maßnahmen geeignet, deren Nutzen nicht monetär erfassbar ist.	Vergleich meist nur innerhalb eines Bereichs möglich; nicht bzw. schwer quantifizierbare Faktoren (z. B. soziale Aspekte & Nachhaltigkeit) oft unberücksichtigt; nur eingeschränkt geeignet für nicht technische Maßnahmen.
Multi-kriterien - Analyse (MKA)	Bewertung von Maßnahmen anhand verschiedenster (quantitativer & qualitativer) Kriterien, oft partizipativ und kontextspezifisch.	Unterschiedliche Datenarten: monetäre, quantitative, qualitative Daten; ExpertInnen-einschätzungen und Stakeholder-Input.	Umfassende Berücksichtigung vielfältiger Kriterien; geeignet für komplexe Entscheidungssituationen; Beteiligung von verschiedenen AkteurInnen.	Subjektivität durch ExpertInnen-einschätzungen; hoher Aufwand; Inkonsistenzen in der Bewertung möglich.

Quelle: eigene Darstellung adelphi; in Anlehnung an das StMUV (2021)

4.1.1 Die Kosten-Nutzen-Analyse (KNA)

4.1.1.1 Beschreibung des Bewertungsverfahrens

Eine KNA ist ein Bewertungsverfahren, das positive und negative Effekte von Maßnahmen in monetären Einheiten gegenüberstellt, um die Auswahl von Klimaanpassungsmaßnahmen ökonomisch begründen zu können (Lehr et al. 2020). In erweiterten KNA können zudem nicht-marktfähige Umweltleistungen durch ökonomische Bewertungsmethoden abgebildet werden (Grothmann et al. 2021). Die KNA eignet sich besonders für eindeutig abgrenzbare Maßnahmen, bei denen Kosten und Nutzen monetär bestimmbar sind, wie beispielsweise der betriebliche Hochwasserschutz, Begrünungs- und Verschattungsmaßnahmen oder die Erhöhung des Oberflächenrückstrahlungsvermögens (BMVBS 2013). Ein besonderer Mehrwert dieses Verfahrens liegt in der direkten Vergleichsmöglichkeit verschiedener Maßnahmen, auch aus unterschiedlichen Sektoren, mit Fokus auf eine ökonomisch effiziente Priorisierung.

4.1.1.1.1 Kriterien & Indikatoren

Wie der Name bereits zeigt, werden in einer KNA ausschließlich die zwei Kriterien Kosten und Nutzen betrachtet. Als Kosten werden meist Investitions- und laufende Pflegekosten für die Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen definiert (Dehnhardt et al. 2020; Grothmann et al. 2021). Der Nutzen der Maßnahmen wird ebenfalls monetär abgebildet. Durch den Vergleich der Kosten und Nutzen von verschiedenen Maßnahmen können zudem die Opportunitätskosten dieser aufgezeigt werden. Die Abbildung des positiven ökonomischen Nutzens nicht- marktfähiger Leistungen, wie beispielsweise verbesserter Luftqualität, kann anhand unterschiedlicher ökonomischer Bewertungsansätze erfolgen. Dazu zählen Schadenskosten, der Ersatzkostenansatz und eine Befragung zur Zahlungsbereitschaft der Bevölkerung (Dehnhardt et al. 2020)¹³.

4.1.1.1.2 Verfahren

Das Vorgehen der KNA folgt einem systematischen Verfahren von mehreren Schritten (BMVBS 2013; Dehnhardt et al. 2020; Europäische Union 2025b; Stadt Jena 2012). Zunächst erfolgt die Erfassung aller Kosten und Nutzen der verschiedenen Handlungsalternativen im definierten Bewertungszeitraum, wobei sowohl direkte als auch indirekte Auswirkungen berücksichtigt werden. Im zweiten Schritt wird die Diskontierung¹⁴ von Kosten und Nutzen durchgeführt, um zeitlich unterschiedlich anfallende Werte auf einen gemeinsamen Stichtag zu beziehen. Im dritten Schritt wird aus der Summe der diskontierten Kosten der Nettonutzen ermittelt und das Nutzen-Kosten-Verhältnis errechnet (BMVBS 2013; Dehnhardt et al. 2020). Die Option mit den größten Nettonutzen bzw. dem höchsten Nutzen-Kosten-Relation gilt als am effizientesten. Abschließend wird eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt, um die Robustheit der Ergebnisse bei veränderten Parametern zu überprüfen. Bei der Festlegung der

¹³ Der Ansatz der Schadenskosten erfasst die Kosten, die der Gesellschaft durch Umwelt- und Gesundheitsschäden entstehen. Der Ersatzkostenansatz hingegen berücksichtigt die Aufwendungen, die notwendig sind, um die durch einen Eingriff verursachten Verluste auszugleichen. Durch die Befragung zur Zahlungsbereitschaft der Bevölkerung kann ermittelt werden, welchen Betrag Menschen bereit sind, für den Erhalt oder die Wiederherstellung von Umweltleistungen zu zahlen (Dehnhardt et al. 2020).

¹⁴ Diskontierung bezeichnet ein Verfahren, mit dem zukünftige Kosten und Nutzen auf ihren heutigen Wert umgerechnet werden. Dabei wird berücksichtigt, dass Geldbeträge, die erst in der Zukunft anfallen, aufgrund von Faktoren wie Inflation oder entgangenen Zinsen weniger wert sind als heute verfügbare Beträge. Mithilfe eines Diskontierungszinssatzes (Diskontrate) werden zukünftige Zahlungen abgezinst, sodass sie vergleichbar und gemeinsam bewertet werden können. Durch die Diskontierung werden sämtliche zukünftigen Kosten und Nutzen auf den heutigen Zeitpunkt umgerechnet und als Nettogegenwartswert (NGW) dargestellt (Dehnhardt et al. 2020). Das UBA empfiehlt hierfür üblicherweise eine Diskontrate von 1 % anzusetzen (Bünger und Matthey 2018; Dehnhardt et al. 2020). Weitere Informationen zu Diskontierung künftiger Kosten und Nutzen sind in der UBA-Publikation „Methodenkonvention 3.0 zur Ermittlung von Umweltkosten“ (Bünger und Matthey 2018) zu finden.

spezifischen Definition von Kosten und Nutzen wird die partizipative Abstimmung mit lokalen AkteurInnen hervorgehoben (BMVBS 2013; Grothmann et al. 2021).

4.1.1.1.3 Praktische Umsetzung

Projekte und Leitfäden zu KNA zeigen, dass keine Software für die Durchführung notwendig ist, jedoch spezialisierte Bewertungssoftware wie PRIMATE die Umsetzung des Verfahrens unterstützen (BMVBS 2013; Dehnhardt et al. 2020). Ein weiteres Tool zur Umsetzung einer KNA ist das Excel-basierte Risk Analysis Tool (RAT) der Technischen Universität München. Es verfolgt das Ziel, quantitative Risikoanalysen für Naturgefahren zu unterstützen und alternative Risikominderungsstrategien anhand einer KNA zu entwickeln (StMUV 2021; TUM o. J.).

4.1.1.1.4 Kritische Reflexion

Die KNA dient als Instrument der Entscheidungsunterstützung, indem sie einen einfachen Vergleich von Maßnahmen auch aus unterschiedlichen Bereichen ermöglicht. Durch die monetäre Abbildung des Nutzens von Klimaanpassungsmaßnahmen kann das Verfahren dazu beitragen, das gesellschaftliche und politische Bewusstsein für den Wert von Natur sowie für den monetären Nutzen von Klimaanpassung zu schärfen (Naturkapital Deutschland – TEEB DE 2012). Eine große Schwäche des Verfahrens ist, dass Kriterien, bei denen eine monetarisierbare Abbildung methodisch nicht möglich ist, auch nicht berücksichtigt werden können (StMUV 2021). Auch können wichtige Wirkungen von Maßnahmen, beispielsweise im Bereich der Nachhaltigkeit, nur begrenzt abgebildet werden. Beispielsweise lässt sich nur schwer ein Wert für den Erhalt von Ökosystemen oder Arten, insbesondere unabhängig von dem direkten menschlichen Nutzen, bestimmen. Der mögliche zukünftige Nutzen lässt sich häufig ebenfalls nur schwer oder unvollständig quantifizieren. Neben Aspekten der Nachhaltigkeit können zudem auch Synergien zwischen Maßnahmen häufig nur teilweise oder gar nicht abgebildet werden. Eine weitere methodische Herausforderung stellt die Unsicherheiten bei der Genauigkeit des monetär abgeschätzten Nutzens dar (StMUV 2021). Auch der Umgang mit der Bandbreite an möglichen Klimaszenarien trägt zu Unsicherheiten bei der Bewertung bei und schränkt die Zuverlässigkeit der prognostizierten Kosten und Nutzen ein. Die Wahl des Diskontsatzes beeinflusst zudem stark die Bewertung: Bei einem hohen Diskontsatz werden weit in der Zukunft liegende Nutzen stark abgewertet, wodurch Maßnahmen mit langfristigen Erträgen – wie viele Klimaanpassungsinvestitionen – weniger wirtschaftlich erscheinen. Ein niedriger Diskontsatz betont hingegen den Wert späterer Nutzen stärker, was Projekte mit langfristiger Wirksamkeit begünstigt. Der gewählte Zeithorizont, wie lange Kosten und Nutzen betrachtet werden, prägt ebenfalls die Bewertungsergebnisse. Ein zu kurzer Zeithorizont kann langfristige Vorteile und Restrisiken unzureichend abbilden, während ein zu langer Zeithorizont die Prognoseunsicherheit erhöht. Insgesamt sind diese Faktoren entscheidend für die Aussagekraft und Vergleichbarkeit von KNAs bei Klimaanpassung.

4.1.1.2 Beispiel aus der Praxis: Erweiterte Kosten-Nutzen-Analyse im Projekt BREsilient

Ein herausragendes Beispiel für die Umsetzung eines KNA-Verfahrens ist die erweiterte KNA im Projekt BREsilient (Grothmann et al. 2021; Dehnhardt et al. 2020). In diesem Projekt wurden Kosten und Nutzen ausgewählter grüner Klimaanpassungsmaßnahmen für die Stadt Bremen ermittelt. Im Fokus standen Maßnahmen wie Dach- und Freiflächenbegrünung sowie die Pflanzung von Straßenbäumen. Das Vorgehen umfasste Workshops mit PraxisakteurInnen zur Auswahl und Konkretisierung der Maßnahmen, die für zwei Umsetzungsszenarien (moderat und ambitioniert) betrachtet wurden. Die Bewertung erfolgte auf Basis verschiedener ökonomischer Ansätze wie den Schadenskosten, dem Ersatzkostenansatz und Zahlungsbereitschaftsstudien für gesellschaftliche Wertschätzung. Alle Kosten und Nutzen wurden bis 2050 diskontiert und in einem regionalen Input-Output-Modell ergänzt, um Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte zu erfassen (Dehnhardt et al. 2020). Die Analyse ermöglicht für die ausgewählten Maßnahmen eine übersichtliche Gegenüberstellung des monetären Nutzens sowie

der Investitions- und Pflegekosten bis 2025. Im moderaten Szenario ergibt sich ein Nettonutzen von rund 76 Mio. EUR, im ambitionierten Szenario sogar 174 Mio. EUR (Grothmann et al. 2021). Die Ergebnisse wurden zudem genutzt, um Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte für Bremen und Umgebung zu modellieren. Diese Berechnungen zeigen, dass insgesamt ca. 2,7 Mio. EUR jährlicher Wertschöpfung für das Land Bremen entstehen und ca. 55 Arbeitsplätze geschaffen werden (Dehnhardt et al. 2020). Die Entscheidung, die KNA durchzuführen, basiert auf der Annahme, dass sie vier zentrale Anforderungen erfüllt: Erstens ermöglicht sie, Kosten und Nutzen verschiedener Maßnahmen systematisch gegeneinander abzuwägen. Zweitens unterstützt sie die Priorisierung dieser Maßnahmen. Drittens trägt sie dazu bei, die Vorteile der Maßnahmen besser sichtbar und kommunizierbar zu machen. Und viertens liefert sie eine fundierte Grundlage, um politische Entscheidungen zu legitimieren. Eine abschließende Umfrage zur Wahrscheinlichkeit der Erfüllung dieser Ziele durch die durchgeführte Bewertung zeigt, dass UnternehmensvertreterInnen und VeranstalterInnen alle vier Nutzungen der Ergebnisse für wahrscheinlich einschätzen (Grothmann et al. 2021, S. 6). VerwaltungsmitarbeiterInnen ziehen jedoch bezüglich des Nutzens des Bewertungsverfahrens für die Priorisierung eine gemischte Bilanz. Beispielsweise helfe die erhobene Zahlungsbereitschaft die Prioritäten der BürgerInnen gegenüber der Politik besser zu kommunizieren. Für die Entscheidung in den Fachbereichen wird diese Einstufung als weniger relevant eingeschätzt und andere Faktoren stärker gewichtet (Grothmann et al. 2021, S. 7).

4.1.2 Die Kosten-Wirksamkeits-Analyse (KWA)

4.1.2.1 Beschreibung des Bewertungsverfahrens

Ein weiteres quantitatives Bewertungsverfahren zur Abschätzung der Wirksamkeit von Maßnahmen ist die KWA. Dieses Verfahren weist große Ähnlichkeiten zur KNA auf, unterscheidet sich jedoch in der Erhebung des Nutzens, da dieser hier nicht monetär bemessen wird. Auch anderweitig quantifizierbare Wirkungsweisen, wie die Reduzierung der Hitzebelastung oder der betriebliche Hochwasserschutz, können erfasst werden (BMVBS 2013; StMUV 2021). Die KWA, welche auch als Kosten-Effektivitäts-Analyse bezeichnet wird, dient dazu, die kostengünstigste Option zur Erreichung eines bestimmten Zieles zu identifizieren, indem die Kosten dem zu erwartenden Grad der Zielerreichung gegenübergestellt werden. Auch dies stellt einen Unterschied zu KNA dar, welche ohne anderweitig abgeleitete Zielsetzung der Maßnahmen durchgeführt werden kann. Das Ergebnis ist ein Ranking der untersuchten Optionen nach ihrer Wirtschaftlichkeit, wobei die Maßnahme ausgewählt wird, mit der das gesetzte Ziel am günstigsten erreicht werden kann bzw. die das beste Verhältnis von Kosten zum Grad der Zielerreichung aufweist (BMVBS 2013; BMK 2024). Die KWA ist besonders geeignet, wenn die Kosten monetär erfassbar sind und die Wirkung quantifiziert werden kann (BMVBS 2013; Dalitz et al. 2023). Damit ist auch dieses Verfahren wie bereits die KNA besonders zur Bewertung einzelner, lokaler Maßnahmen geeignet (BMK 2024).

4.1.2.1.1 Kriterien & Indikatoren

Im Rahmen der KWA werden die zwei Kriterien Kosten und Nutzen zur Bewertung der Maßnahmen herangezogen, wobei der Nutzen anders als bei KNA über die monetäre Wertigkeit hinaus definiert wird. Zu den Kosten zählen im Allgemeinen die Investitionskosten, Reinvestitionskosten sowie laufende Kosten wie Unterhaltungskosten. Anwendungsbeispiele zeigen zudem, dass bei der Bewertung einzelner Maßnahmen auch der technische Aufwand, die zeitliche Umsetzbarkeit sowie Transaktionskosten, etwa aus Politik, Bürgerbeteiligung oder Stadtplanung, in die Analyse einbezogen werden können (BMVBS 2013). So ergänzt beispielsweise die Stadt Jena (2012) die klassischen Kostenindikatoren um die Transaktionskosten, die bei der Projektanbahnung und Umsetzung entstehen. In einem europäischen Leitfaden für Kommunen werden die Kosten als benötigte materielle Ressourcen, Kosten für den menschlichen Einsatz in allen Projektphasen sowie alle quantifizierbaren sozialen,

ökologischen oder wirtschaftlichen Nachteile definiert (Europäische Union 2025b). Zukünftige Kosten werden dabei unter Verwendung eines Abzinsungssatzes auf den heutigen Wert (Gegenwartswert) abgezinst (Europäische Union 2025b). Der Nutzen einer Maßnahme wird in einer KWA je nach gesetztem Ziel ermittelt. Beispielsweise kann, wenn das Ziel die Verringerung der Zahl hitzebedingter Todesfälle ist, jede Option anhand ihres Potenzials zur Reduktion der hitzebedingten Sterblichkeit bewertet werden. Hierbei kann sowohl die Zahl der vermiedenen Todesfälle als auch der prozentuale Rückgang im Vergleich zum Ausgangswert betrachtet und mit den jeweiligen Kosten verglichen werden (Europäische Union 2025b).

4.1.2.1.2 Verfahren

Bei der Durchführung der KWA ist die Umsetzung mehrerer Schritte zu beachten. Zunächst wird ein Zielindikator definiert, wobei ein einziger, nicht monetärer Zielindikator – beispielsweise die Reduktion der thermischen Belastung – ausgewählt wird (BMVBS 2013). Anschließend wird ein Zielwert festgelegt, der zur Messung der Wirksamkeit dient. Im nächsten Schritt erfolgt die Kostenbestimmung. Hierbei werden beispielsweise meist die Investitionskosten, Reinvestitionskosten und laufenden Unterhaltungskosten erhoben. Diese Kosten werden beispielsweise über einen Zeitraum von 100 Jahren mit einem Diskontierungssatz von 3 % pro Jahr abgezinst, wodurch der Kostenbarwert ermittelt wird (BMVBS 2013). Die Wirksamkeit der jeweiligen Maßnahme wird anhand des gewählten Zielindikators eingeschätzt. Neben der quantitativen Bewertung, etwa der vermiedenen Schadenshöhe, besteht die Option, eine qualitative Bewertung in den Kategorien „gering“, „mittel“ oder „hoch“ durchzuführen. Im Anschluss wird das Kosten-Wirksamkeits-Verhältnis berechnet, indem der Kostenbarwert durch den Grad der Zielerreichung geteilt wird (BMVBS 2013). Alle untersuchten Maßnahmen werden auf Basis dieses Verhältnisses miteinander verglichen und die Maßnahme mit dem günstigsten Verhältnis – also den niedrigsten Kosten pro Wirkungseinheit – identifiziert. Auch im Rahmen dieser Analyse lassen sich Sensitivitätsanalysen anwenden, um zu prüfen, ob Veränderungen der Eingangsdaten das Endergebnis beeinflussen (BMVBS 2013). Partizipative Stakeholder-Beteiligungen bei der Durchführung der Bewertung sind möglich, jedoch in der Praxis bisher nur begrenzt verbreitet.

4.1.2.1.3 Praktische Umsetzung

Für die praktische Umsetzung einer KWA ist eine umfangreiche Informationsgrundlage sowie ein gutes methodisches Verständnis erforderlich. Laut dem Leitfaden des BMVBS (2013) kann auch dieses Verfahren grundsätzlich ohne spezielle Software durchgeführt werden, wobei wie bei der KNA der Einsatz einer Bewertungssoftware die Auswertung erleichtern kann. In der Stadt Jena wurde beispielsweise das Tool PRIMATE, welches vom Helmholtzzentrum Zentrum für Umweltforschung (UFZ) entwickelt wurde, angewendet (Gebhardt et al. 2012; Stadt Jena o.J.). Die für die Bewertung genutzten Kriterien und deren Ausprägungen wurden dort durch Konsultation der Verantwortlichen für Planung, Umsetzung und Unterhaltung der betrachteten Maßnahmen festgelegt und anschließend bewertet (Stadt Jena 2012).

4.1.2.1.4 Kritische Reflexion

Die KWA weist im methodischen Aufbau und in der Durchführung große Ähnlichkeiten zur KNA auf. Im Gegensatz zur KNA ermöglicht dieses Verfahren auch die Bewertung von Maßnahmen, deren Kosten zwar quantifizierbar sind, aber deren Nutzen nicht in monetär quantifizierbaren Daten zur Verfügung steht (StMUV 2021). Dabei können jedoch auch Maßnahmen berücksichtigt werden, bei denen der Nutzen grundsätzlich monetär bewertbar ist, jedoch hier anhand einer spezifischen nicht monetären Zielsetzung gemessen werden. Die Methode ist besonders im Umweltbereich weit verbreitet und bekannt. Die KWA eignet sich nicht für den Vergleich von Maßnahmen aus unterschiedlichen Bereichen und nur bedingt für den Vergleich nicht-technischer Maßnahmen (StMUV 2021). Darüber hinaus lassen

sich für viele Bewertungskriterien und Maßnahmen keine übertragbaren Daten finden, da viele Informationen sehr kontextspezifisch und einzelfallabhängig sind, insbesondere hinsichtlich der Wirksamkeit der Maßnahmen (BMVBS 2013). Zudem werden in einer KWA meist soziale Aspekte, die Durchführbarkeit oder Abbildung anderer Nebeneffekte nicht berücksichtigt (Europäische Union 2025b). Auch bei diesem Verfahren zeigt sich, dass durch verschiedene mögliche Klimaszenarien sowie schwer abschätzbare Maßnahmeneffekte Unsicherheiten in den Ergebnissen bestehen (BMVBS 2013).

4.1.2.1.5 Beispiel aus der Praxis: Kosten-Effektivitätsbewertung im IAWAK-EE-Projekt

Ein beispielhaftes Projekt, in welchem eine KWA durchgeführt wurde, ist das Projekt IAWAK-EE (IAWAK Projekt 2024). Im Fokus standen hier Maßnahmen aus verschiedenen Landnutzungsbereichen wie zum Beispiel das Einbringen von Gehölzen in landwirtschaftliche Flächen sowie der Umbau von Kiefernmonokulturen in Laubmischwälder. Ziel war es, die Wirkung dieser Maßnahmen auf den Landschaftswasserhaushalt, die Überwärmung von Flächen sowie auf Biodiversität und Hochwasserschutz zu untersuchen. Für die Kostenschätzung wurden alle Teilflächen im Landkreis Elbe-Elster berücksichtigt. Dabei flossen Investitionskosten, Managementkosten und Opportunitätskosten (entgangene Gewinne durch alternative Nutzung) in die Analyse ein. Der Betrachtungszeitraum betrug 30 Jahre, wobei eine Diskontierung der Kosten vorgenommen wurde (Hecker et al. 2025). Die Wirksamkeit der Maßnahmen wurde mithilfe statistischer und hydrologischer Modelle erfasst und den entstehenden Kosten gegenübergestellt. Für jede Kombination aus Maßnahme und Parzelle wurde das Nutzen-Kosten-Verhältnis – gemessen als Minderung der Landoberflächentemperatur pro investiertem EUR – berechnet (Hecker et al. 2025). Da keine Monetarisierung der Wirksamkeit stattfand, wurde die Wirksamkeit im Verhältnis zu den Kosten bewertet. Das Ergebnis der Analyse lieferte eine Entscheidungsgrundlage für die priorisierte Auswahl und Umsetzung der kosteneffizientesten Maßnahmen vor Ort (Dalitz et al. 2023; Hecker et al. 2025; IAWAK Projekt 2024).

4.1.3 Die Multikriterien-Analyse (MKA)

4.1.3.1 Beschreibung des Bewertungsverfahrens

Eine besonders verbreitete Methode zur Bewertung von Klimaanpassungsmaßnahmen ist die MKA. In der Literatur lässt sich eine Verschiebung des Fokus von rein ökonomischen Kosten-Nutzen-Entscheidungen hin zu einer solchen Berücksichtigung komplementärer Bewertungskriterien beobachten, um Maßnahmen besser priorisieren zu können (Europäische Union 2025; Lühr et al. 2018; Stadt Jena 2012). Für MKA gibt es sowohl auf kommunaler als auch auf Bundesebene erste Anwendungsbeispiele: So wurden MKAs in Ländern wie Österreich, Belgien und Deutschland sowie auch zur Entwicklung der Europäischen Anpassungsstrategie angewendet (BMK 2024; Europäische Kommission 2021; Hölscher et al. 2025a; Mertens et al. 2013). Die MKA ist dabei kein einheitliches Verfahren. Vielmehr basiert sie meist auf der KNA oder der KWA, wobei zusätzlich zu den Kosten und der Wirksamkeit bzw. Nutzen weitere Kriterien qualitativ berücksichtigt werden. In der Praxis wird die Methode jeweils an den spezifischen Bewertungskontext angepasst und die einzelnen Kriterien unterschiedlich definiert und gewichtet. Ein besonderes Merkmal der MKA ist zudem die feste Einbindung verschiedener Interessengruppen – wie Stakeholder und ExpertInnen – in den Bewertungsprozess (Bayrische Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz 2021, S. 96; Guerrero-Hidalga et al. 2020, S. 3). Zudem ermöglicht die MKA nicht nur die Bewertung einzelner Maßnahmen, sondern mithilfe von MKA werden in der Praxis auch Analysen von Maßnahmenbündeln oder sogenannten Policy-Mixes. In der Forschung ist die Bewertung von Maßnahmenbündeln auch bspw. anhand von KNA möglich, jedoch in der Praxis besonders bei MKAs umgesetzt. Beispiele hierfür sind die ex-ante Bewertung zur Entwicklung der Europäischen Anpassungsstrategie (Europäische Kommission 2021) und das ex-ante Bewertungsverfahren durch das Behördennetzwerk Klimawandel und Anpassung (BNW) im Zuge der Erarbeitung des APA IV (Hölscher et al. 2025a). Durch diesen

übergeordneten Betrachtungsansatz kann die MKA als Instrument für eine strategische Steuerung und die Verfolgung langfristiger Ziele eingesetzt werden. Je nach ausgewählter Zielsetzung können Kriterien für die MKA ausgewählt und definiert sowie nach spezifischen Schwerpunkten gewichtet werden (Europäische Kommission 2021). Trotz der großen Vielfalt in der Ausgestaltung zeigt sich, dass die MKA besonders geeignet ist, um Maßnahmen zu priorisieren, wenn verschiedene und teils schwer quantifizierbare Kriterien berücksichtigt werden sollen. Ziel dieses Verfahrens ist es, durch eine quantitative und/oder qualitative Bewertung eine Rangfolge von Anpassungsoptionen auf Basis umfassender Kriterien zu erstellen (StMUV 2021; Dalitz et al. 2023).

4.1.3.1.1 Kriterien & Indikatoren

Das Verfahren umfasst neben dem Kriterium der Kosten sehr diverse Kriterien zur Erfassung der Wirkung. In der Tabelle werden besonders verbreitete Kriterien in der MKA zusammengefasst. Die Kriterien und Indikatoren stammen aus durchgeführten Verfahren sowie aus Leitfäden und Anleitungen zu Bewertungsverfahren. Bei der Übersicht ist zu berücksichtigen, dass es sich um eine exemplarische Auswahl von Kriterien und berücksichtigten Quellen handelt und darüber hinaus weitere Kriterien Anwendung finden. Bei einer MKA können beliebig viele Kriterien definiert und bei der Bewertung berücksichtigt werden, sodass dieses Verfahren je nach Bewertungskontext und Bedarfen angepasst werden kann. Beispiele für weitere Kriterien sind Dringlichkeit und politische und gesellschaftliche Akzeptanz (StMUV 2021). Bei der Untersuchung der Kriterien und Indikatoren fällt zudem auf, dass die Operationalisierung in vielen Verfahren und Tools nur selten transparent beschrieben wird.

Tabelle 46: Übersicht verbreiteter Kriterien in der MKA

Kriterien	Indikatoren	Verfahren (Beispiele)
Kosten	Umfasst Investitions-, Reinvestitions- und laufende Kosten;	Bundesamt für Umwelt der Schweiz (2018); Ex-ante Bewertungsverfahren des BNW (Hölscher et al. 2025a); Kosten-Nutzenwert-Analyse Singen (2024); Handlungskonzept Klimaanpassung 2030 für Münster (2019); KlimA-Lok (2024);
Wirksamkeit / Effektivität	Beitrag zur Risikominderung, Erfolgsaussichten, Breitenwirkung, Dauerhaftigkeit der Wirkung, Grad der Dringlichkeit	StMUV (2021); BMK Österreich (2021); Bundesamt für Umwelt der Schweiz (2018); EU Klimaanpassungsstrategie (2021); Ex-ante Bewertungsverfahren des BNW (Hölscher et al. 2025a); Handlungskonzept Klimaanpassung 2030 für Münster (2019); Integriertes Klimafolgenanpassungskonzept für die Stadt Essen (2023); KlimA-Lok (Extrass 2024); Leitfaden zur Entscheidungsunterstützung bei der urbanen Klimaanpassung des BMVBS (2013); UBA Klimalotse (2022);

Nachhaltigkeit	Berücksichtigung in den Nachhaltigkeits-Dimensionen Ökologie, Soziales sowie Wirtschaft und Gesellschaft	StMUV (2021); BMK Österreich (2021); europäische Klimaanpassungsstrategie (2021); Ex-ante Bewertungsverfahren des BNW (Hölscher et al. 2025a); Kosten-Nutzenwert-Analyse Singen (2024);
Wechselwirkungen	Erfassung von Synergien/Zielkonflikten mit anderen Maßnahmen oder Politikfeldern	BMK Österreich (2021); StMUV (2021); Ex-ante Bewertungsverfahren des BNW (Hölscher et al. 2025a); Kosten-Nutzenwert-Analyse Singen (2024); Leitfaden zur Entscheidungsunterstützung bei der urbanen Klimaanpassung des BMVBS (2013); KlimA-Lok (Extrass 2024);
Umsetzbarkeit	Institutionelle Voraussetzungen, Komplexität, politische Unterstützung, Praktikabilität der Umsetzung, Planungsaufwand, Anzahl der beteiligten AkteurInnen, Akzeptanz der Maßnahme	Anpassungsstrategie Belgien (2013); StMUV (2021); UBA Klimalotse (2022);
Flexibilität & Robustheit	Anpassungsfähigkeit einer Maßnahme an unterschiedliche Klimaszenarien und sich verändernde Rahmenbedingungen	Bundesamt für Umwelt der Schweiz (2018); StMUV (2021); UBA Klimalotse (2022);

Quelle: eigene Darstellung adelphi

4.1.3.1.2 Verfahren

Das Bewertungsverfahren ist, wie bereits zu Beginn genannt, meist partizipativ und an den jeweiligen Bewertungskontext angepasst (StMUV 2021). Da MKA je nach Kontext, Zielsetzung und beteiligten AkteurInnen sehr unterschiedlich gestaltet sind, besteht auch eine Diversität in der Art in der Durchführung. Zu Beginn wird das Bewertungsverfahren abgestimmt und die zu berücksichtigen Kriterien festgelegt (BMVBS 2013; Hölscher et al. 2025a). Neben der Definition der Kriterien und Indikatoren wird hier auch die Gewichtung der einzelnen Kriterien bestimmt. Für die Gewichtung der Kriterien gibt es unterschiedliche Vorgehensweisen. Bekannte Methoden der Gewichtung sind beispielsweise die 100-Punkte-Methode oder Swing-Weight¹⁵ (BMVBS 2013). Andere Beispiele aus der

¹⁵ Bei der 100-Punkte-Methode verteilt der EntscheidungsträgerInnen 100 Punkte auf die verschiedenen Kriterien entsprechend ihrer subjektiven Wichtigkeit und normalisiert anschließend die Gewichte, indem er sie durch 100 teilt. Beim Swing-Weight-Verfahren werden die Kriterien zunächst nach ihrer Bedeutung geordnet; das wichtigste Kriterium erhält 100 Punkte, die weiteren Kriterien werden im Verhältnis dazu bewertet und ebenfalls normalisiert, sodass die Summe aller Gewichte 1 ergibt. Beide Verfahren dienen dazu, die relative Bedeutung von Kriterien systematisch und nachvollziehbar zu bestimmen (BMVBS 2013).

Praxis zeigen, dass die Gewichtung anhand unterschiedlicher prozentualer Gewichtung vorgenommen wird. In der Stadt Singen (2024) wird beispielsweise das Kriterium des Anpassungsbedarfs mit 35 %, Sensibilisierung und Synergien mit 40 % und Ökosystemdienstleistungen mit 25 % in der Gesamtbewertung gewichtet. Auf Bundesebene wurde eine ex-ante Bewertung von potenziellen Anpassungsmaßnahmen des APA IV BNW¹⁶ vorgenommen, bei welcher ein Fokus auf die Effektivität von Maßnahmen gelegt wurde. Dieser spezifische Schwerpunkt zeigt sich in einer doppelten Gewichtung dieses Kriteriums (Hölscher et al. 2025a). In einigen Anwendungsbeispielen werden bereits bei der methodischen Entwicklung ExpertInnen und Stakeholder miteingebunden (Hölscher et al. 2025a). Basierend auf der Bewertungsmethode wird dann eine Bewertungsmatrix oder auch ein Tool zur Durchführung der Bewertung entworfen. Hierbei werden die einzelnen Bewertungskriterien anhand verschiedener Indikatoren operationalisiert sowie eine Normierung der Bewertungsskalen vorgenommen. In einem optionalen dritten Schritt wird eine Vorauswahl der im Bewertungsverfahren zu berücksichtigenden Maßnahmen getroffen und eine gemeinsame Informationsgrundlage für die einzelnen Maßnahmen geschaffen. Die Auswahl kann im Rahmen eines Workshops mit FachexpertInnen – wie z. B. in den Städten Singen, Essen und im Landkreis Breisgau-Hochschwarzwald – oder anhand einer Literatur- und Bedarfsrecherche ermittelt werden (Hölscher et al. 2025a). Anschließend wird die Bewertung der verschiedenen Kriterien durch die zu Beginn ausgewählten AkteurInnen, beispielsweise FachexpertInnen, Stakeholder oder externen Dienstleister, durchgeführt. Eine Bewertung kann sowohl quantitativ (beispielsweise bei der Angabe von Kosten) als auch qualitativ (beispielsweise Einschätzung der Wirksamkeit als hoch, mittel oder niedrig) erfolgen. Diese Einschätzungen werden im Anschluss in eine normierte Bewertungsskala übertragen (beispielsweise Werte von 1 bis 5) und mit den jeweiligen Gewichten multipliziert. Basierend auf der Höhe der Bewertungen können die Maßnahmen im Anschluss in eine Reihenfolge gebracht werden (BMVBS 2013; Hölscher et al. 2025a; Stadt Singen 2024). In einzelnen MKA wird zudem noch eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt und die Bewertung mit unterschiedlichen Daten und Gewichtungen wiederholt, um die Robustheit der Rangfolge zu prüfen (BMVBS 2013; Stadt Jena 2012).

4.1.3.1.3 Praktische Umsetzung

Die praktischen Anwendungsbeispiele von MKA auf Bundes- und Kommunalebene geben wertvolle Einblicke zu den Herausforderungen und Erfolgsfaktoren bei der Anwendung dieser Bewertungsmethode. Je nach spezifischer Gestaltung des Bewertungsverfahrens benötigen die beteiligten AkteurInnen teils signifikante zeitliche Ressourcen (StMUV 2021; Hölscher et al. 2025a). Bei der ex-ante Bewertung von APA IV-Maßnahmen, die vom BNW umgesetzt wurde, wurde das Netzwerk bei der Entwicklung der Methodik umfassend eingebunden. In Verbindung mit dem diskursiven Bewertungsverfahren, das in mehreren Workshops und Abstimmungsschleifen stattfand, führte dies zu einem insgesamt hohen Zeitaufwand für die eingebundenen AkteurInnen sowie zu einem größeren Koordinierungsaufwand des Verfahrens. Eine frühzeitige Abstimmung der Kapazitäten der beteiligten AkteurInnen ist daher sehr entscheidend. Im Gegensatz dazu werden auf kommunaler Ebene die Bewertungsprozesse häufig schlanker gestaltet. Die Planung und Durchführung wird meist durch externe Dienstleister gestaltet (UBA 2022; Stadt Essen 2023; Stadt Singen 2024). Des Weiteren verdeutlichen Anwendungsbeispiele der MKA sowohl auf kommunaler als auch auf Bundesebene, dass ein themenübergreifender Austausch von bewertenden AkteurInnen die Integration verschiedener Perspektiven fördert und die Entwicklung fundierter, konsistenter Lösungen unterstützt. Zudem fördert der breite Austausch eine integrative Einschätzung des Nutzens sowie eine umfassende Perspektive auf mögliche positive sowie negative Nebeneffekte. Auch können die Austauschformate im Bewertungsprozess die über den Prozess hinausgehende Zusammenarbeit der AkteurInnen fördern, und bilden eine wichtige Grundlage für die Umsetzung (ExpertInneninterviews). In der Durchführung hat sich gezeigt, dass im diskursiven Prozess die Ausgestaltung der Maßnahmen weiter geschärft und

optimiert wurde, was zur Entwicklung von effektiveren Maßnahmen beitragen kann (Hölscher et al. 2025a, S. 76; Stadt Singen 2024, S. 49). Für eine konsistente Bewertung durch Beteiligung unterschiedlicher AkteurInnen sind eindeutige Definitionen, präzise Leitfragen und eine gemeinsame Informationsgrundlage bezüglich der Ausgestaltung und des Verständnisses der Maßnahmen entscheidend. Hierzu können Wirkungsketten und Steckbriefe der Maßnahmen eine hilfreiche Grundlage sein (UBA 2022a; Lühr et al. 2018). Die Erstellung von detaillierten Steckbriefen, vor allem in Zusammenarbeit mit den für die Umsetzung verantwortlichen AkteurInnen, ist zudem für die Umsetzung sehr hilfreich (ExpertInneninterviews).

Gespräche mit ExpertInnen aus der kommunalen Praxis haben das einheitliche Bild ergeben, dass Handreichungen und Tools zur ex-ante Bewertung im Allgemeinen und zur Methodik der MKA im Besonderen nicht bekannt sind. Umfassende Recherchen zeigen jedoch, dass erste Leitfäden und Tools für die kommunale Anwendung bestehen, wie beispielsweise:

- **UBA Klimalotse:** Der Klimalotse ist ein digitales Tool, welches Kommunen unterstützt, Klimaanpassungsmaßnahmen zu planen und Maßnahmen zu bewerten. Hier wird ein Excel-Tool zur Bewertung von Klimaanpassungsmaßnahmen den Kommunen zur Verfügung gestellt (UBA 2023b).
- **Urban Adaptation Support Tool:** Dieses europäische Tool unterstützt kommunale AkteurInnen in den EU-Mitgliedsstaaten bei der Planung und Gestaltung von Klimaanpassung. Informationen und Lektüre zu Bewertungsverfahren werden hier den Nutzenden zur Verfügung gestellt (Europäische Union 2025a).
- **Klima-Lok:** Das webbasierte Anwendungstool richtet sich an Kommunen und Städte, um diese auf zunehmende Starkregen- und Hitzeereignisse vorzubereiten. In diesem Tool können Maßnahmen priorisiert werden. Dabei können die Nutzenden Kriterien selber auswählen, eigene Leitfragen einfügen und diese mit ja, teilweise und nein bewerten (Extrass 2024).
- **INKAS:** Das „Informationsportal Klimaanpassung in Städten“ des DWD ist ein interaktives online Beratungsnetzwerk mithilfe dessen eine Wirkungs- sowie Flächenanalyse von Maßnahmen zur Reduzierung sommerlicher Hitze durchgeführt werden kann. Das Tool fokussiert dabei besonders städtebauliche Anpassungsmaßnahmen (DWD o. J.).

4.1.3.1.4 Kritische Reflexion

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die MKA ein etabliertes Verfahren auf unterschiedlichen Governance-Ebenen ist, um die Wirksamkeit von Anpassungsmaßnahmen abzuschätzen. Sie zeichnet sich durch eine breite Einsetzbarkeit in komplexen Entscheidungssituationen aus, da sie auch dann angewendet werden kann, wenn nicht alle relevanten Daten quantifizierbar sind (Bayrische Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz 2021; Dalitz et al. 2023; Guerrero-Hidalga et al. 2020). Die Einschätzungen hinsichtlich der Komplexität und des Aufwands der Umsetzung variieren in den Handreichungen und praktischen Erfahrungen, was auf die jeweilige Ausgestaltung der MKA zurückgeführt werden kann (StMUV 2021). Ein großer Mehrwert des Verfahrens liegt in der effizienten Nutzung vorhandenen ExpertInnenwissens sowie der aktiven Beteiligung von Stakeholdern, wodurch Akzeptanz und Relevanz der Ergebnisse gesteigert werden können (Bayrische Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz 2021, S. 96). Obwohl die qualitative Einschätzung durch ExpertInnen und Stakeholder eine umfassende Berücksichtigung vielfältiger Kriterien ermöglicht, bringt dieses Vorgehen auch verschiedene Herausforderungen mit sich. Die Subjektivität von Einschätzungen, fehlende Informationen oder Indikatoren und unterschiedliche Annahmen bei der Bewertung können zu inkonsistenten und ungenauen Bewertungen führen. Der Versuch, unterschiedliche Einheiten und Kriterien zu vereinfachen und zu normieren, kann dabei einen Verlust an Genauigkeit zur Folge haben (Guerrero-Hidalga et al. 2020). Zudem gestaltet sich die Berücksichtigung von Unsicherheiten in den verfügbaren Daten ebenfalls schwierig, was die Aussagekraft der Ergebnisse weiter einschränken kann (StMUV 2021).

EXKURS: TRANSFORMATIVE ANPASSUNG & SOZIALE GERECHTIGKEIT ALS SCHLÜSSEL FÜR WIRKSAME MAßNAHMEN

Forschung und Praxis zeigen zunehmend, dass Klimaanpassung nur dann wirksam und langfristig nachhaltig ist, wenn sie sozial gerecht gestaltet wird (Juhola et al. 2022; Shi et al. 2016). Entsprechend hebt auch der IPCC soziale Gerechtigkeitsfaktoren als grundlegende Voraussetzung für *“successful adaptation”* hervor (IPCC 2022).

Vor diesem Hintergrund gewinnt das Konzept der transformativen Anpassung an Bedeutung. Während inkrementelle Anpassung auf graduelle Veränderungen und die Bewahrung des Status quo setzt – etwa durch die Erhöhung bestehender Deiche oder Effizienzsteigerungen –, zielt transformative Anpassung auf strukturelle Veränderungen von Systemen, Institutionen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen. Dabei sollen die tiefgreifenden Ursachen von Verwundbarkeit (Vulnerabilität) in den Blick genommen werden (Fedele et al. 2019). Transformative Maßnahmen sind dabei umstrukturierend, pfadverändernd, innovativ, systemübergreifend und langfristig wirksam (Fedele et al. 2019). Beispiele für Maßnahmen, wie sie Mahrenholz et al. (2017) ausführen, sind die Rückverlegung von Deichen, die Umsiedlung von Siedlungen aus Risikozonen oder der Aufbau klimaresilienter, ökologisch und sozial nachhaltiger Landwirtschaftssysteme. Ziel ist es, durch präventive, strukturelle Veränderungen langfristige Klimarisiken zu vermeiden – statt nur bestehende Strukturen anzupassen.

Im Zentrum transformativer Anpassung stehen dabei auch Fragen der sozialen Gerechtigkeit wie » Wer trägt die Kosten? Wer profitiert? Wer wird gehört? «. Die ungleiche Verteilung von Risiken und Ressourcen macht deutlich, dass Klimaanpassung nicht unabhängig von sozialen Ungleichheiten geplant und umgesetzt werden kann. Studien wie von Anguelovski (2023) verdeutlichen, dass Kosten und Nutzen von Anpassungsmaßnahmen oft ungleich innerhalb von Gesellschaften verteilt sind. Konzepte der Umweltgerechtigkeit basieren auf der Annahme, dass benachteiligte Bevölkerungsgruppen besonders stark von negativen klimatischen Entwicklungen sowie von Fehlanpassung betroffen sind. Entsprechend müssen Maßnahmen auf ihre sozialen Auswirkungen hin hinterfragt werden. Ex-ante Bewertungen von Nutzenverteilungen in Anpassungsstrategien können helfen, diese Risiken offenzulegen und gegenzusteuern (Teebken 2024).

Auch über die Frage der sozialen Gerechtigkeit hinaus werden in klassischen Bewertungen von Anpassungsmaßnahmen transformative Aspekte meist nicht berücksichtigt. In neuen Bewertungsansätzen – wie im Auftrag des UBA entwickelten Konzept eines transformativen Policy Mix (Kristof et al. 2023) – werden zu etablierten MKA weitere Kriterien herangezogen. Entscheidend sind hier:

- **Veränderungsideen:** attraktive Veränderungsidee, dauerhafte Veränderung, Beitrag zur Vision
- **AkteurInnen & Widerstände:** z. B. wirkmächtige AkteurInnen vorhanden, Erreichbarkeit der AkteurInnen, Widerstände nutzen
- **Zeitaspekte:** z. B. nutzbare Windows of Opportunity, Zeitressourcen der AkteurInnen
- **Komplexität:** z. B. ermöglichen AkteurInnen einen adäquaten Umgang mit Komplexität, wirksames Monitoring

In der Praxis wurde dieser Bewertungsansatz beispielhaft bei Schwammstadtmaßnahmen getestet: Mithilfe einer qualitativen Bewertung entlang der transformativen und klassischen Kriterien konnte nicht nur das Transformationspotenzial einzelner Maßnahmen ermittelt, sondern auch konkrete Empfehlungen zur Verbesserung oder Priorisierung der Instrumente abgeleitet werden. Besonders hilfreich war dabei die frühzeitige Identifizierung von möglichen Widerständen oder unterstützenden AkteurInnen – ein Aspekt, der im klassischen Policy-Design oft vernachlässigt wird (Kristof et al. 2023).

Die Berücksichtigung transformativer Anpassung und sozialer Gerechtigkeit in der ex-ante Bewertung von Klimaanpassungsmaßnahmen ist entscheidend, um deren langfristige Wirksamkeit, Akzeptanz und Fairness zu sichern. Sie ermöglicht es, ungleiche Verteilungen von Nutzen und Kosten frühzeitig zu erkennen, sozial benachteiligte Gruppen gezielt zu stärken und unbeabsichtigte negative Folgen zu vermeiden. So können Maßnahmen nicht nur hinsichtlich der Verringerung des Risikos oder der Erreichung eines spezifischen Ziels priorisiert werden, sondern auch Faktoren wie die gesellschaftliche Tragfähigkeit und Akzeptanz berücksichtigt werden.

Tabelle 47: Übersicht der Kriterien in der ex-ante Bewertung des BNW (2024)

Kriterium	Beschreibung
Effektivität	Zielkonforme Wirkung (risikoreduzierend, resilienzerhöhend), operationalisiert durch drei Indikatoren: Erfolgsaussicht, Breitenwirkung und Dauerhaftigkeit der Wirkung.
Nachhaltigkeit	Wirkung in den drei Nachhaltigkeitsdimensionen Umwelt, Wirtschaft und soziale Aspekte, operationalisiert durch Wirkbereiche und Leitfragen (SFA)
Wechselwirkung	Erfassung der Wechselwirkung innerhalb des Gesamtsets an vorgeschlagenen Maßnahmen, operationalisiert durch eine Matrix, welche positive und negative Wirkung aufzeigt.
Kosten	Bewertung der Kosten entlang einer fünfstufigen Skala mit Ausdifferenzierung von Kostenkategorien. Berücksichtigt wurden Initialkosten, laufende Kosten, Transaktionskosten.

Quelle: eigene Darstellung adelphi basierend auf Hölscher et al. (2025a)

4.1.3.2 Beispiel aus der Praxis I: ex-ante Bewertung zur Bewertung eines Policy-Mix für den APA IV

Unter Federführung des UBA hat das BNW eine ex-ante Bewertungsmethodik weiterentwickelt und erprobt, die zur Bewertung von Maßnahmenvorschlägen für den Aktionsplan Anpassung (APA) IV herangezogen wurde (Hölscher et al. 2025a). Im Mittelpunkt stand die Auswahl und Ausgestaltung besonders wirksamer Politikinstrumente anhand eines diskursiven ex-ante Bewertungsverfahrens. Berücksichtigt wurden vier zentrale Kriterien: Effektivität, Nachhaltigkeit, Wechselwirkungen und Kosten. Die Effektivität bewertet die vulnerabilitätsreduzierende bzw. resilienzerhöhende Wirkung einer Maßnahme, Nachhaltigkeit bezieht sich auf Umwelt-, Wirtschafts- und Sozialaspekte, Wechselwirkungen erfassen Synergien und Zielkonflikte zwischen Instrumenten, und das Kriterium Kosten umfasst alle finanziellen Aufwendungen (Hölscher et al. 2025a). Jedes Kriterium wurde durch spezifische Indikatoren, Leitfragen und Bewertungsskalen operationalisiert. Das Vorgehen in der Entwicklung und der anschließenden Erprobung umfasste mehrere Schritte: Zunächst wurden in einer Recherche- und Konzeptualisierungsphase bestehende Bewertungsansätze analysiert und methodische Bausteine weiterentwickelt (Hölscher et al. 2025a). Darauf aufbauend wurde eine multikriterielle Bewertungsmethodik in enger Zusammenarbeit mit dem BNW entwickelt und in einem Excel-basierten Tool operationalisiert. Die Bewertung erfolgte in Clustergruppen, die sich an den Schwerpunkten der Klimawirkungs- und Risikoanalyse orientierten. Die Ergebnisse wurden anschließend

zusammengeführt und gemeinsam ausgewertet. Die Erarbeitung und Bewertung der Maßnahme erfolgte kollaborativ im BNW. Die Mitglieder des Netzwerks bewerteten die Instrumente anhand der entwickelten Methodik und dokumentierten die Ergebnisse im Excel-Tool. Das Konsortium übernahm eine Querschnittsfunktion, um einheitliche Bewertungsmaßstäbe sicherzustellen und Inkonsistenzen zu vermeiden. Rückmeldungen aus dem Netzwerk wurden in die Weiterentwicklung der Methodik und des Tools integriert. Das Ergebnis des Bewertungsverfahrens ist eine gemeinsame Empfehlung von eingehend geprüften und bewerteten Politikinstrumenten an die Interministerielle Arbeitsgruppe „Anpassung an den Klimawandel“ (IMAA) zur Aufnahme in den APA IV (Hölscher et al. 2025a).

4.1.3.3 Beispiel aus der Praxis II: Kosten-Nutzwert-Analyse der Stadt Singen

Ein hervorstechendes Beispiel für die Umsetzung einer MKA in der kommunalen Praxis bietet die Stadt Singen (Hohentwiel). Im Rahmen ihres Klimaanpassungskonzepts wurde ein mehrstufiges, methodisch fundiertes Verfahren entwickelt, das qualitative und quantitative Elemente miteinander verbindet (Stadt Singen 2024). Der durch einen externen Dienstleister begleitete Prozess umfasste zunächst einen verwaltungsinternen Workshop, in dem 35 Maßnahmen anhand von Kriterien wie Nutzen, Umsetzbarkeit, Zuständigkeit und kommunalem Handlungsspielraum ausgewählt wurden. Zur weiteren Eingrenzung dieser möglichen Maßnahmen wurde eine systematische Bewertung mittels einer Kosten-Nutzwert-Analyse durch den externen Dienstleister durchgeführt. Der Nutzen der Maßnahmen wurde anhand von 14 Indikatoren in den Bereichen Anpassungsbedarf (35 %), Sensibilisierung und Synergien (40 %) sowie Ökosystemleistungen (25 %) eingeschätzt (Stadt Singen 2024). Zusätzlich wurden Kosten und Personalaufwand berücksichtigt. Auf Basis des daraus entstandenen Rankings wurden die 24 bestbewerteten Maßnahmen priorisiert und in das Konzept aufgenommen. Abschließend wurde die Analyse gemeinsam mit VertreterInnen der Stadt überprüft und diskutiert. Die finalen Maßnahmen wurden in umfassenden Steckbriefen ausgearbeitet und in das kommunale Beteiligungskonzept aufgenommen (Stadt Singen 2024). Das Bewertungsverfahren bildet in diesem Beispiel eine fundierte Grundlage für die Entwicklung eines Klimaanpassungskonzepts und der Auswahl von Klimaanpassungsmaßnahmen auf kommunaler Ebene.

4.1.4 Die Bedeutung von ex-ante Bewertungsverfahren von Anpassungsmaßnahmen in Deutschland

Die Untersuchung des aktuellen Status quos von ex-ante Bewertungen in der Forschung und Praxis macht einen unterschiedlichen Grad der Verankerung und der Umsetzung der verschiedenen Verfahren deutlich. Im Folgenden sind Erkenntnisse, besonders in Hinblick auf Bund, Länder und Kommunen, zusammengefasst:

Die drei Bewertungsverfahren – KNA, KWA und MKA – umfassen unterschiedliche Indikatoren und Bewertungsmethoden. Es ist ein Trend hin zur vermehrten Nutzung von MKA zu erkennen, welche meist KNA/KWA beinhalten und somit quantitative sowie qualitative Daten abbilden können. Dies ermöglicht eine umfassende Bewertung verschiedener Kriterien und eine breite Anwendung auf Bundes-, Länder-, und kommunaler Ebene. Es bestehen erste Umsetzungsbeispiele von strukturierten Verfahren auf nationaler Ebene z. B. in Deutschland, Österreich, Schweiz, Belgien, sowie auf supranationaler Ebene der EU (BMK 2024; Europäische Kommission 2021; Hölscher et al. 2025a; Mertens et al. 2013; Schweizerische Eidgenossenschaft 2020). Auch in einzelnen Kommunen sowie in Leuchtturmprojekten, z. B. Jenka (Stadt Jena 2012) oder RegiKlim (Dalitz et al. 2023; RegiKlim o.J.) werden Bewertungsverfahren angewendet. Fernab der systematischen Bewertung der Wirkung von Klimaanpassungsmaßnahmen zeigen sich darüber hinaus positive Auswirkungen auf den weiteren Anpassungsprozess - und dies Bund, Länder und Kommunen übergreifend: Der direkte Austausch zwischen verschiedenen AkteurInnen bei der Bewertung führt zu einer engeren Vernetzung und einer höheren Identifikation der AkteurInnen und Abteilungen mit den Maßnahmen und Konzepten. Darüber

hinaus verdeutlichen Praxisbeispiele, dass die ex-ante Bewertungen zur Anpassung und Optimierung von Maßnahmenausgestaltung beitragen können (Hölscher et al. 2025a; Stadt Singen 2024). Bewertungsverfahren ermöglichen somit nicht nur eine systematische Auswahl, sondern tragen auch zur qualitativen Verbesserung der betrachteten Maßnahmen bei.

4.1.4.1 Bundesebene

In Deutschland wurde bereits zur Entwicklung des APA III eine ex-ante Bewertung durchgeführt, welche in einem durch das UBA beauftragten Vorhaben weiterentwickelt wurde (Hölscher et al. 2025a). Zuletzt wurde das Bewertungsverfahren in einem Projekt des UBA mit den BNW weiterentwickelt, ein Bewertungsprozess durchgeführt und die Ergebnisse zur Aufnahme in den APA IV an die IMAA überreicht (Hölscher et al. 2025a). 12 von 20 Politikinstrumenten des Bewertungsprozesses wurden weitestgehend vollständig oder teilweise in dem Entwurf des APA IV gelistet.

4.1.4.2 Bundesländer

Die Umsetzung von Bewertungsverfahren auf Länderebene stand bisher in der Forschung und auch in der Praxis wenig im Mittelpunkt. Beispielhafte Schilderungen von ExpertInnen verdeutlichen, dass Klimaanpassungsmaßnahmen in den Ländern in ressortübergreifenden Workshops zu einzelnen Handlungsfeldern zur Aufnahme in Anpassungsstrategien diskursiv ausgewählt wurden. Systematische Verfahren zur Abschätzung der Wirksamkeit dieser Maßnahmen sind nach aktuellem Kenntnisstand jedoch nicht etabliert. ExpertInneninterviews zeigen jedoch, dass die Bedeutung von Bewertungsverfahren und Priorisierungen in den Bundesländern zunimmt.

4.1.4.3 Kommunen

In der kommunalen Klimaanpassungspraxis ist die Verankerung systematischer und transparenter Bewertungsverfahren zur Priorisierung von Maßnahmen bislang gering. Zwar wird bei der DAS-Förderung von KlimaanpassungsmanagerInnen (KAM) und der Erstellung von Klimaanpassungskonzepten (ZUG 2021), Förderschwerpunkt A1) eine Priorisierung von Maßnahmen grundsätzlich gefordert. Es wird jedoch nicht spezifiziert, nach welchen Kriterien oder mit welchem Vorgehen diese Priorisierung erfolgen soll. Erfahrungsberichte aus verschiedenen Kommunen bestätigen diese Einschätzung: Es werden zwar Priorisierungen vorgenommen und häufig Schlüsselmaßnahmen identifiziert, das Vorgehen zur Priorisierung wird in den Anpassungskonzepten jedoch meist nicht transparent dargelegt. Es ist daher anzunehmen, dass die Auswahl auf Grundlage von ExpertInneneinschätzungen, aber nicht auf Basis systematischer Bewertungsverfahren erfolgt ist. Werden Kriterien genannt, umfassen diese beispielsweise Dringlichkeit, die Einordnung als No-Regret-Maßnahme, Anpassungsbedarfe auf Basis kommunaler Analysen sowie die angestrebte Umsetzbarkeit (z. B. Stadt Eberswalde, Stadt Essen, Landkreis Euskirchen; ExpertInneninterviews). Die Recherche sowie die ExpertInneninterviews zeigen einheitlich, dass auf kommunaler Ebene bisher wenig Wissen über ex-ante Bewertungsverfahren besteht.

4.1.4.4 Chancen und Grenzen messbarer Ziele

Für die Überprüfbarkeit des Nutzens von Anpassungsmaßnahmen ist für KWA und MKA eine klar definierte Zielsetzung entscheidend, da nur so die Wirkung im Hinblick auf diese Ziele bewertet werden kann. Dieses Vorgehen ist bei allen drei Bewertungsverfahren bereits zu Beginn festgelegt. Die in der DAS definierten Ziele bilden somit eine zentrale Grundlage für ex-ante Bewertungen auf Bundesebene. Gleichzeitig wird in der DAS auch die Herausforderung deutlich, Ziele durch geeignete Indikatoren messbar auszugestalten, wie das Cluster Wirtschaft veranschaulicht. ExpertInnengespräche zur Wirkung der definierten Ziele und Indikatoren auf Länder- und Kommunalebene verdeutlichen, dass

diese keine unmittelbare Wirkung auf Länder und Kommunen entfalten. Dennoch wird insbesondere für die Länderebene eine gewisse Strahlkraft dieser Ziele und Indikatoren angenommen. Die bundesweiten Ziele und Indikatoren lassen sich jedoch nicht ohne Weiteres auf die Landesebene übertragen, wie die ExpertInnengespräche weiter zeigen. Vielmehr sind spezifische Erarbeitungsprozesse erforderlich, um sie an die jeweiligen landesspezifischen Gegebenheiten und Bedürfnisse anzupassen. Für die Kommunen wird nach ersten Einschätzungen lediglich ein geringer Einfluss der bundesweiten Ziele und Indikatoren auf die eigenen Bewertungsprozesse vermutet.

4.2 Herausforderungen und Ansätze der Weiterentwicklung von ex-ante Bewertungsverfahren

4.2.1 Methodische Hürden der Wirksamkeitsbewertung von Anpassungsmaßnahmen

Bei der ex-ante Bewertung von Klimaanpassungsmaßnahmen bestehen verschiedene methodische Herausforderungen. Eine grundlegende Problematik bei der Bewertung der Wirksamkeit von Klimaanpassungsmaßnahmen ist das Fehlen einheitlicher Maßeinheiten für die Wirksamkeit (Guerrero-Hidalga et al. 2020; Owen 2020). Im Gegensatz zu Handlungsfeldern wie dem Klimaschutz, bei dem die Einsparung von CO₂-Äquivalenten eindeutig definiert und abgebildet werden kann, lässt sich der Nutzen von Anpassungsmaßnahmen nicht pauschal bestimmen. In der Praxis mangelt es neben den einheitlichen Maßeinheiten auch an klar definierten, messbaren Zielen, die eine objektive und vergleichbare Bewertung ermöglichen würden (ExpertInneninterviews). Ein weiteres Hemmnis ist ein Mangel an Daten, insbesondere zu den Kosten des Nicht-Handelns (ExpertInneninterviews; Hölscher et al. 2025a). Szenarioanalysen im Auftrag des BMWK verdeutlichen, dass Investitionen in Anpassungsmaßnahmen volkswirtschaftliche Schäden durch den Klimawandel erheblich reduzieren oder sogar ausgleichen können (Flaute et al. 2022). So wird geschätzt, dass der Klimawandel Deutschland ohne Anpassung bis 2050 zwischen 280 und 910 Mrd. EUR kosten könnte. Diese Schätzungen beruhen jedoch auf makroökonomischen Modellen und konkret auf einzelne Maßnahmen bezogene Daten liegen nicht vor. In der Forschung sowie in beschriebenen Methodiken wird der Nutzen anhand der vermiedenen Schäden angestrebt (BMVBS 2023, S. 28). In der Praxis sei diese Abschätzung anhand von Modellierung möglich (BMVBS 2023, S. 28). In den hier beleuchteten Praxisbeispielen wird aber meist auf qualitative Einschätzungen ausgewichen oder, wie im Projekt BREsilient, eine Schadensabschätzung durchgeführt, bei welcher beispielsweise der Nutzen durch den Rückhalt von Treibhausgasen ermittelt wird. Vermiedene Schäden mithilfe einzelner Maßnahmen werden somit meist auf Modellberechnungen oder basierend auf ExpertInneneinschätzungen ermittelt. Eine präzise Erfassung der vermiedenen Schäden bei einzelnen Maßnahmen stellt in der Praxis bislang noch eine Herausforderung dar. Hinzu kommt, dass nicht für alle Bewertungskriterien und Maßnahmen übertragbare Informationen verfügbar sind, da viele Daten sehr kontextspezifisch und einzelfallabhängig ausfallen – insbesondere im Hinblick auf die Einschätzung der Wirksamkeit (BMVBS 2013). Schließlich stellt die Gewichtung verschiedener Kriterien eine besondere Herausforderung dar, vor allem wenn soziale, ökologische und wirtschaftliche Aspekte gleichzeitig berücksichtigt werden müssen (Dalitz et al. 2023).

Neben diesen übergreifenden methodischen Hürden bietet die umfassende Erprobung der MKA auf Bundesebene wertvolle Einblicke in methodische Vorgehensweisen und bestehende Herausforderungen. Die Anwendung des Bewertungsverfahrens im Kontext der Erarbeitung des APA IV zeigt beispielsweise auf, dass die Abgrenzung der einzelnen Nachhaltigkeitskriterien eine Herausforderung darstellt (Hölscher et al. 2025a). Auch bei der übergreifenden Bewertung von Synergien zwischen den verschiedenen Maßnahmen und der Darstellung komplexer Wechselwirkungen zwischen Maßnahmen treten methodische Schwierigkeiten auf (Hölscher et al. 2025a). Zudem fällt bei diesem Verfahren auf, dass das verbreitete Kriterium Flexibilität, welches den Grad der Reversibilität und Modifizierbarkeit von Maßnahmen abbildet, nicht berücksichtigt wurde. Da eine höhere Flexibilität

nicht zwangsläufig eine größere Handlungsfreiheit zur weiteren Optimierung und Anpassung der Maßnahme für EntscheidungsträgerInnen bedeutet (Hölscher et al. 2025a), wurde bei der Weiterentwicklung der Methode dieses Kriterium ausgeschlossen. Die differenzierte Abbildung der positiven Bedeutung von flexiblen Maßnahmen ist bei einer standardisierten Bewertungsskala eine methodische Herausforderung. Ein zentrales Problem bei allen Bewertungsverfahren besteht darin, Unsicherheiten bei der Abschätzung der Wirksamkeit von Maßnahmen berücksichtigen zu müssen (StMUV 2021; Owen 2020). Aufgrund der umfassenden Bedeutung dieser Unsicherheiten für die Bewertung von Wirksamkeit wird im Folgenden dargestellt, welche Unsicherheiten relevant sind und auf welche Weise die verschiedenen Bewertungsmethoden damit umgehen.

4.2.1.1 Unsicherheiten bei der Bewertung der Wirksamkeit

Ein wesentliches Problem bei der Frage nach der Wirkung von Anpassungsmaßnahmen besteht darin, dass nicht eindeutig bestimmt werden kann, an welchem Klimaszenario die Maßnahmen ausgerichtet werden sollen (StMUV 2021; Owen 2020). Die Tragweite dieser Unsicherheiten unterscheidet sich jedoch nach Bewertungskonzept und Kontext, da beispielsweise Maßnahmen hinsichtlich der Zielsetzung und nicht direkt mit Blick auf Klimaszenarien bewertet werden können. Hinzu kommen Unsicherheiten bezüglich der gesellschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen, die den zugrunde liegenden Prognosen unterliegen (StMUV 2021; Owen 2020). Diese Unsicherheiten spiegeln sich auch in der Datengrundlage wider: Häufig werden vergangenheitsbezogene Daten zur Wirksamkeit herangezogen, während belastbare Informationen über zukünftige Entwicklungen fehlen (Groth und Nuzum 2016). Die Darstellung von Wirkungsketten ist dabei ein Ansatz, um die meist indirekt auftretende Wirkung entlang der Input-, Output- und Outcome-Ebene einer Maßnahme aufzuzeigen. Aufgrund der Multikausalität und Komplexität von Wirkungen der Anpassungsmaßnahmen bestehen in den Wirkungsketten jedoch Zuordnungslücken, sodass Nachahmungseffekte oder Wechselwirkungen nur schwer eindeutig zugeordnet werden können (Lühr et al. 2018). Insgesamt bestehen Unsicherheiten sowohl hinsichtlich der zukünftigen Klimakennwerte als auch der Auswirkungen des Klimawandels in allen Handlungsbereichen, weshalb Politik und Gesellschaft diesen Unsicherheiten bei der Auswahl und Bewertung von Anpassungsmaßnahmen Rechnung tragen müssen (StMUV 2021; Lühr et al. 2018).

Bei bestehenden ex-ante-Bewertungsverfahren werden unterschiedliche Vorgehensweisen ergriffen, um Unsicherheiten bei der Bewertung zu reduzieren. Über die drei hier betrachteten Bewertungsverfahren hinweg wird hervorgehoben, dass die Dokumentation und Transparenz bezüglich der bestehenden Unsicherheiten entscheidend für den Bewertungsprozess sowie die Einordnung der Ergebnisse sind (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) 2013, S. 8, 21). Zudem ist es wesentlich, dass eine einfache Wiederholbarkeit des Verfahrens gegeben ist, um neue wissenschaftliche Erkenntnisse und Klimaprognosen problemlos in die Bewertung integrieren zu können (BMVBS 2013; Groth und Nuzum 2016; UBA 2022a).

Mit Blick auf die unterschiedlichen Bewertungsverfahren und Anwendungskontexte zeigen sich jedoch auch unterschiedliche Umgangsweisen mit Unsicherheiten sowie deren Auswirkungen auf die Aussagekraft der Ergebnisse bei den drei Bewertungsverfahren. Bei quantitativen Methoden – besonders bei KNA und KWA – werden häufig als letzten Schritt Sensitivitätsanalysen¹⁷ durchgeführt. Auch in verschiedenen Tools wie RAT der TU München werden die Unsicherheiten durch Modellierung und Sensitivitätsanalysen adressiert. In dem Tool PRIMATE, welches beispielhaft von der Stadt Jena zur Priorisierung eingesetzt wurde, werden die Unsicherheiten in den Eingangsdaten und die

¹⁷ Sensitivitätsanalysen sind Verfahren, mit denen geprüft wird, wie empfindlich die Ergebnisse einer Bewertung oder Entscheidung auf Veränderungen einzelner Annahmen oder Eingangsdaten reagieren. Durch die Wiederholung der Bewertung mit möglichst unterschiedlichen Eingangsdaten kann überprüft werden, ob und wenn ja welchen Einfluss die Variation auf das Bewertungsergebnis hat (BMVBS 2013).

Unsicherheiten durch die unterschiedlichen Gewichtungen in der Rangverteilung berücksichtigt (BMVBS 2013; Stadt Jena 2012). Verbleibende Unsicherheiten und eigene Bewertungsspielräume werden bei diesem Vorgehen transparent gemacht, wodurch die Findung von Kompromisslösungen erleichtert werden soll. Unsicherheiten haben auch unterschiedliche Folgen für die Aussagekraft der Bewertungsergebnisse der verschiedenen Verfahren. So können KNA bei hoher Unsicherheit an die Grenzen ihrer Aussagekraft gelangen. In solchen Fällen sind unter Umständen andere Bewertungsverfahren, wie KWA, besser vereinbar mit dem Vorsorgegedanken gegen Extremschäden, da hier Ziele basierend auf Überlegungen der Risikovorsorge und naturwissenschaftlichen Erkenntnissen abgeleitet werden und daran anschließend die möglichst kosteneffiziente Zielerreichung angestrebt wird. Hervorzuheben ist, dass die verschiedenen Modelle keine exakten Vorhersagen, sondern mögliche Entwicklungspfade aufzeigen (Schünemann et al. 2024). Somit können Sensitivitätsanalysen und die Berücksichtigung verschiedener Modelle Unsicherheiten bei der Wirksamkeitsabschätzung reduzieren, aufgelöst werden können diese jedoch in quantitativen Verfahren nicht.

Bei der qualitativen Abschätzung der Wirkung von Maßnahmen, und somit meist bei MKA, ist eine rechnerische Abbildung der Unsicherheiten nicht möglich. Zur Reduzierung von Unsicherheiten werden verschiedene Faktoren bei der methodischen Umsetzung berücksichtigt. Bei einzelnen Verfahren, wie beispielsweise die ex-ante Bewertung zur Entwicklung einer Europäischen Anpassungsstrategie, werden unterschiedliche Klimawandelszenarien berücksichtigt (Europäische Kommission 2021; Hölscher et al. 2025a). Da die im IPCC referierten RCP-Szenarienmodelle jedoch in einer qualitativen Bewertung nur schwer genau abzubilden sind, wird hier eine Unterscheidung zwischen „Low“- und „Medium“-Klimawandelszenarien getroffen. Ähnlich wird im Bewertungsverfahren des BNW die Unsicherheit bezüglich der Klimapfade aufgenommen und ein optimistisches und ein pessimistisches Klimawandelszenario ausschließlich bei der Einschätzung der Wirksamkeit von Maßnahmen berücksichtigt (Hölscher et al. 2025a, S. 60).¹⁸ Auf kommunaler Ebene werden verschiedenen Szenarien meist nicht explizit zu Grunde gelegt, sondern auf „No-Regret“- oder „Low-Regret“- Maßnahmen gesetzt, die unabhängig vom Ausmaß des Klimawandels generell positive Wirkungen entfalten und die gesellschaftliche Toleranz gegenüber Klimafolgen erhöhen (StMUV 2021; Europäische Union 2025a; ExpertInneninterview). Aus den Interviews geht jedoch nicht eindeutig hervor, wie Maßnahmen in der kommunalen Praxis konkret als „No-Regret“ identifiziert werden. Von den kommunalen PraktikerInnen wird darüber hinaus die Herausforderung durch Unsicherheiten bei der Bewertung weniger problematisch eingeschätzt (ExpertInneninterviews). Bei einzelnen multikriteriellen Bewertungsverfahren werden Unsicherheiten zudem gezielt durch die Auswahl und Gewichtung entsprechender Kriterien berücksichtigt. So werden Flexibilität und Robustheit als zentrale Kriterien herangezogen, etwa mit der Leitfrage: „Wirkt sich die Maßnahme unter verschiedenen Klimaszenarien positiv aus?“ (UBA 2022a). Mit Blick auf die Vermeidung von Fehlanpassung wird zudem das Kriterium der Pfadabhängigkeit betont (BMK 2021). Hierbei sollen Maßnahmen, die bei Unsicherheit über klimatische Entwicklungen oder deren Wirksamkeit irreversibel oder schwer korrigierbar sind, vermieden werden. Leitfragen sind unter anderem, ob eine Maßnahme mit verhältnismäßig geringen Kosten modifiziert oder bei veränderten Rahmenbedingungen rückgängig gemacht werden kann (BMK 2021). Bei transformativen Anpassungen wird als ergänzendes Kriterium die Komplexität berücksichtigt (Kristof et al. 2023, S. 18). Neben der Fähigkeit des Instruments, der Zielgruppe einen angemessenen Umgang mit komplexen Herausforderungen zu ermöglichen, spielen vorhandene Analysen und Szenarien möglicher Zukunftsentwicklungen eine wichtige Rolle (Kristof et al. 2023).

¹⁸ Die Berücksichtigung dieser beiden Szenarien bei konstant gehaltener Maßnahmenbeschreibung erfolgte angelehnt an die Definition in der KWRA 2021. Die Bewertungsergebnisse zeigen jedoch nur geringe Abweichungen zwischen den Bewertungen der Effektivität in den beiden Szenarien auf (Hölscher et al. 2025a). Dies führt zu der Frage, inwieweit den abstrakten Klimaszenarien bei einem bereits komplexen Bewertungsprozess Rechnung getragen werden kann.

Insgesamt bestehen bei den verschiedenen ex-ante Bewertungen vielfältige methodische Herausforderungen, welche zu Unsicherheiten bei der Auswahl eines geeigneten Verfahrens sowie bei der Bewertung der Wirkung führen (Owen et al. 2020). Neben den methodischen Herausforderungen umfasst dies auch verschiedene praktische Hürden, welche die Umsetzung und Verankerung von Bewertungsverfahren erschweren. Diese praktischen Herausforderungen werden im folgenden Kapitel beleuchtet.

4.2.2 Herausforderungen in der praktischen Anwendung und Verankerung von Bewertungsverfahren

Ex-ante Bewertungen im Bereich der Klimaanpassung werden bislang auf Bundes- und kommunaler Ebene nur punktuell umgesetzt. In der Praxis bestehen neben methodischen Hemmnissen weitere erhebliche Herausforderungen bei der Umsetzung und Integration von Bewertungsverfahren. Ein zentrales Problem ist das fehlende Wissen über geeignete Verfahren und deren Mehrwert. Kenntnisse zu möglichen ex-ante Bewertungen von Klimaanpassungsmaßnahmen sind auf allen Governance-Ebenen kaum verbreitet und das Thema ist bislang nur in einem engen Fachkreis verankert. Besonders in Kommunen ist Wissen zu Bewertungsverfahren sowie zu deren Relevanz und Nutzen kaum vorhanden, was die Integration in Auswahlprozesse von Maßnahmen erschwert (Dalitz et al. 2023; Grothmann et al. 2021). Der Wissensaufbau erfordert zudem umfangreiche zeitliche Ressourcen und präzise Handreichungen, die bislang fehlen. Auf Länderebene wird das Thema langsam aufgenommen und erste Prozesse zur Entwicklung geeigneter Bewertungsverfahren stehen noch ganz am Anfang (ExpertInneninterviews).

Die Komplexität der Verfahren stellt eine weitere Hürde dar, da es herausfordernd ist, umfangreiche Methoden praxisnah und anwendbar zu gestalten. Begrenzte personelle und finanzielle Ressourcen erschweren die Durchführung zusätzlich, insbesondere in kleinen Kommunen, in denen SachbearbeiterInnen viele Themen gleichzeitig bearbeiten und daher kaum Kapazitäten für zusätzliche Bewertungsprozesse haben (Dalitz et al. 2023; ExpertInneninterviews). Häufig werden ex-ante Bewertungen daher an externe Dienstleister vergeben, was jedoch die interne Auseinandersetzung mit spezifischen Gewichtungen und Verfahren reduziert und zusätzliche Finanzmittel beansprucht. Die partizipative Ausgestaltung von Bewertungsverfahren ist zudem zeit- und ressourcenintensiv und für kleine Kommunen kaum leistbar (Dalitz et al. 2023).

Die Zusammenarbeit mit verschiedenen AkteurInnen wird oft als Mehrwert bei Bewertungsverfahren beschrieben, da dies eine interdisziplinäre Perspektive auf die Wirkung ermöglicht, die Akzeptanz von Maßnahmen steigert und übergreifende Netzwerke zur Klimaanpassung fördert (Dalitz et al. 2023). In der Praxis kann diese umfassende Beteiligung jedoch eine Herausforderung darstellen, da Klimaanpassung als Querschnittsthema noch nicht umfassend verankert ist und meist noch nicht auf gefestigte Netzwerke zurückgegriffen werden kann. Zudem hat das Thema Anpassung häufig noch einen untergeordneten Stellenwert, sodass AkteurInnen für das Thema sowie den Bewertungsprozess zunächst aktiviert werden müssen. Bei der partizipativen Durchführung von Beteiligungsverfahren muss zunächst ein gemeinsames Verständnis der Zielsetzung von Anpassung entwickelt werden (Dalitz et al. 2023). Diese gemeinsame Vision und Zielsetzung von Klimaanpassung sowie ein einheitliches Verständnis und gemeinsame Annahmen sind als Grundlage zur Überprüfung der Wirksamkeit besonders wichtig. Aufgrund des zeitlichen und koordinativen Aufwands kann die Beteiligung diverser AkteurInnen eine Herausforderung darstellen.

Auch die unzureichende Datengrundlage erschwert häufig die Umsetzung von Bewertungsverfahren. Für viele Maßnahmen fehlen belastbare Daten, um Wirkungen und Kosten-Nutzen-Verhältnisse systematisch vorab bewerten zu können (Dalitz et al. 2023; ExpertInneninterviews). Zudem werden nur eingeschränkt systematische ex-post Analysen von Klimaanpassungsmaßnahmen durchgeführt. Diese Bewertungen könnten jedoch zu einer besseren Datengrundlage für eine fundierte ex-ante Bewertung

beitragen. Auch die Auswahl der geeigneten Daten oder Szenarien kann in der übergreifenden Abstimmung herausfordernd sein (Dalitz et al. 2023; ExpertInneninterviews). Neben der tatsächlichen Verfügbarkeit der Daten kann auch das Wissen, wo die jeweiligen Daten abgerufen werden können, ein Hemmnis darstellen. Diese Herausforderung ist jedoch je nach Bewertungskontext – z. B. in jedem Bundesland, Kommune, Einrichtung – sehr unterschiedlich ausgeprägt.

Einblicke in die Praxis zeigen zudem, dass die Ergebnisse von Bewertungsverfahren sehr unterschiedlich starken Einfluss auf die letztliche Umsetzung von Anpassungsaktivitäten haben und verschieden stark berücksichtigt werden. Während auf europäischer und nationaler Ebene, wie etwa in der Europäischen Klimaanpassungsstrategie oder in Belgien, ex-ante Bewertungen eine grundlegende Rolle für die strategische Ausrichtung und die Auswahl von Maßnahmen spielen, dienen sie in Deutschland beispielsweise der Anreicherung von Anpassungsplänen wie dem APA IV, indem einzelne geprüfte Maßnahmen aus den Bewertungsverfahren übernommen werden. Auf kommunaler Ebene hingegen haben die Ergebnisse häufig eine andere Funktion: Sie unterstützen vor allem die fundierte Auswahl von Maßnahmen für Anpassungskonzepte, wie das Beispiel Singen zeigt, und können als eine erste Grundlage bei der Gestaltung der Umsetzung dienen (ExpertInneninterviews). In der Praxis werden die Maßnahmen jedoch selten ausschließlich basierend auf ihrem Ranking der Kosten-Nutzen-Bewertung umgesetzt. Vielmehr prägen Faktoren wie finanzielle Rahmenbedingungen, verfügbare Förderfenster, personelle Kapazitäten, das persönliche Interesse von KlimaanpassungsmanagerInnen (KAM) sowie die Zusammenarbeit mit anderen Abteilungen, welche Maßnahmen tatsächlich realisiert werden (ExpertInneninterviews). Oft werden Projekte umgesetzt, die bereits geplant sind oder sich leicht durch Anpassungsmaßnahmen ergänzen lassen. Sichtbare, schnell umsetzbare Maßnahmen („low hanging fruits“) werden ebenfalls in der Umsetzung bevorzugt, um kurzfristige Erfolge zu erzielen und sichtbar zu machen (ExpertInneninterviews). Insgesamt ist somit ein zentrales Hemmnis, vor allem in der kommunalen Praxis, dass die von strukturierter Methodik und transparenten Kriterien geleitete Priorisierung häufig nur begrenzt handlungsleitend für die tatsächliche Umsetzung ist.

EXKURS: DIE ROLLE DER KLIMAAANPASSUNGSMANAGERINNEN (KAM) IN KOMMUNEN

Die Stelle der KAM wurde in Deutschland im Zuge der zunehmenden Bedeutung kommunaler Klimaanpassung 2022 neu geschaffen und ist seit der Aktualisierung der Bundes-Förderrichtlinie „Maßnahmen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels“ (2021) systematisch förderfähig (ZKA o.J.). Diese Förderung über die Deutsche Anpassungsstrategie (DAS) bildet eine wichtige Grundlage der Finanzierung, jedoch umfasst sie im Förderschwerpunkt A1 nur eine zeitlich befristete Stellenförderung über zwei Jahre. Zudem existieren alternative Finanzierungswege, etwa über europäische EFRE-Mittel (z. B. in der Stadt Singen) oder die Kommunalrichtlinie, wie im Beispiel der Stadt Münster.

Je nach Finanzierungsmodell und den entsprechenden Förderrichtlinien zählt insbesondere die Erstellung und Umsetzung eines Klimaanpassungskonzeptes zu den Hauptaufgaben der KAM. Im Förderschwerpunkt A1 ist die Erarbeitung des Konzeptes gefördert und es besteht die Möglichkeit, eine Anschlussförderung im Rahmen der DAS-Förderung für die Umsetzung des erarbeiteten Konzeptes zu erhalten. Die Rolle der KAM ist in vielen Kommunen noch nicht fest etabliert und hängt stark von der Verfügbarkeit von Fördermitteln sowie vom politischen Willen ab. Die Befristung dieser neu geschaffenen Stelle hat verschiedene Auswirkungen auf die Aufgaben und die Rolle der KAM. Beispielsweise führt die Befristung zu erheblichem Zeitdruck bei der Erstellung des Anpassungskonzeptes. Für KAM, die häufig nur wenig Erfahrung mit der Arbeit in Verwaltungsstrukturen haben, ist die Zeit für Einarbeitung, Vernetzung innerhalb der Verwaltung und Ausarbeitung des Konzeptes sehr knapp bemessen (ExpertInneninterviews). Dies kann beispielsweise die Integration eines Bewertungsprozesses erschweren. Zudem besteht die Gefahr eines Wissensverlusts, wenn eine KAM nach zwei Jahren die Verwaltung verlässt, da ein erhoffter Mitnahmeeffekt häufig ausbleibt und die ursprünglich intendierte Verstetigung nach Projektende nur begrenzt gelingt. Da zu Beginn der

Konzeptentwicklung meist unklar ist, wie die Umsetzung finanziert und ausgestaltet werden soll, wird dem Thema häufig eine geringe Priorität eingeräumt (ExpertInneninterviews).

Die jeweiligen Förderrichtlinien sowie die strukturelle Verankerung der Stelle – beispielsweise als Stabsstelle oder innerhalb einer Fachabteilung – beeinflussen die Rolle, die Aufgaben und auch den Handlungsspielraum der KAM. Im Allgemeinen bündeln KAM Wissen und Expertise zur Klimaanpassung in der Kommune und gestalten den Rahmen des Erarbeitungsprozesses von Anpassungskonzepten. Besonders in der Konzeptionsphase übernehmen sie eine koordinierende und initiiierende Funktion: Sie entwickeln gemeinsam mit den relevanten Verwaltungsbereichen das Klimaanpassungskonzept und priorisieren hierbei Maßnahmen. Durch ihre koordinierende Tätigkeit bei der Erstellung des Konzepts können KAM Bewertungsverfahren initiieren und verankern (ExpertInneninterviews). In ExpertInnengesprächen wird deutlich, dass auch wenn die umfassende Priorisierung bei den einzelnen FachexpertInnen liegt, die KAM besonders mit Blick auf Synergien, Konflikte und Wechselwirkungen zwischen den Maßnahmen eine prägende Rolle hat. In der Umsetzungsphase liegt der Schwerpunkt der Rolle der KAM auf der Aktivierung und Vernetzung von AkteurInnen, der Begleitung von Maßnahmen und der Unterstützung bei der praktischen Durchführung. Sie fungieren als Multiplikatoren und Ansprechpersonen für interne wie externe Beratung. Wie bereits oben beschrieben, wird die Umsetzung der Maßnahme meist weniger geleitet durch die zuvor durchgeführte Wirkungsbewertung, sondern durch pragmatische Faktoren, wie zur Verfügung stehende Finanzmittel und Förderungen oder die verwaltungsinterne Zusammenarbeit. Auch wird angestrebt, bei bereits geplanten Maßnahmen Klimaanpassungsmaßnahmen mit zu integrieren und somit Möglichkeitsfenster für Anpassung zu nutzen. Hierbei können die im Bewertungsprozess aufgebauten Netzwerke und ausführlichen gestalteten Steckbriefe einen großen Mehrwert darstellen (ExpertInneninterviews). KAM schaffen Verbindlichkeit und Kontinuität, indem sie die Umsetzung regelmäßig monitoren, steuern und an die Leitungsebene berichten. Da die Maßnahmen meist von den bereits in der Planung festgelegten Verwaltungsabteilungen umgesetzt werden, verringert sich hier der Einfluss der KAM auf die Priorisierung der Maßnahmen. Insgesamt wird die Rolle und Wirksamkeit der KAM stark geprägt von der Unterstützung durch Vorgesetzte und BürgermeisterInnen sowie von der eigenen Persönlichkeit und Vernetzung in der Verwaltung (ExpertInneninterviews). Die Rolle der KAM ist für die Koordinierung des Querschnittsthemas zentral, ihre Wirkung jedoch durch die genannten strukturellen und finanziellen Rahmenbedingungen stark geprägt.

4.2.3 Forschungslücken bei ex-ante Bewertungen von Anpassungsmaßnahmen

Die methodischen und praktischen Hürden bei der Entwicklung, Durchführung und Verankerung von ex-ante Bewertungen verdeutlichen die umfassenden Bedarfe der Weiterentwicklung von Bewertungsverfahren. Die dargestellten Schwierigkeiten zeigen dabei auch, dass sowohl zu methodischen Fragen als auch hinsichtlich der praktischen Anwendung erhebliche Forschungsbedarfe bestehen.

4.2.3.1 Datengrundlage

Ein zentraler Forschungsbedarf besteht im Bereich der Datengrundlage für ex-ante Bewertungen von Klimaanpassungsmaßnahmen. Häufig existieren keine vollständigen Gebäude- oder Energiekataster, und auch die lokalen Auswirkungen des Klimawandels sind vereinzelt unzureichend erfasst (ExpertInneninterviews). Dies erschwert sowohl die Abschätzung von Investitionsbedarfen als auch die Bewertung der Wirksamkeit geplanter Maßnahmen erheblich. Ein großer Bedarf stellt die präzisere Abschätzung der Wirkung von Klimaanpassungsmaßnahmen dar. Hierfür sind systematische Aufbereitungen von ex-post Bewertungen als Informationsbasis für zukünftige ex-ante Analysen ein

wichtiges Forschungsfeld. Bei der Erforschung von Maßnahmen sollten unterschiedliche Rahmenbedingungen berücksichtigt werden, um ein möglichst umfassendes Bild der Wirkung abbilden zu können. Auch sollten Maßnahmen auf allen Governance-Ebenen berücksichtigt werden. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen kann versucht werden, für spezifische Kontexte Referenzwerte zu ermitteln, welche in Handreichungen die praktische Durchführung erleichtern können. Eine weitere große methodische Herausforderung stellt die Abbildung der Kosten des Nicht-Handelns dar. Hier bestehen erste aggregierte Daten auf internationaler sowie nationaler Ebene (Flaute et al. 2022), jedoch sind diese für regionale Bewertungskonzepte noch nicht verwendbar. Ein wichtiger Ansatz ist die Umsetzung eines nationalen Schadenskatasters, in welchem bundesweit aufgetretene Schäden als Folge von Extremwetterereignissen strukturiert und einheitlich erfasst werden (Oberpriller et al. 2025). Die Forschung zu skalierbaren Daten und zu operationalisierbaren Indikatoren stellt einen wichtigen Beitrag zu fundierten Bewertungsverfahren dar und dient darüber hinaus als stützendes Argument für Klimaanpassung (ExpertInneninterviews; Juhola et al. 2022).

4.2.3.2 Unsicherheiten bei der Bewertung

Ein weiteres wesentliches Forschungsfeld betrifft den Umgang mit Unsicherheiten im Bewertungsprozess. Die Planung und Bewertung von Klimaanpassungsmaßnahmen ist mit erheblichen Unsicherheiten verbunden, etwa in Hinblick auf zukünftige Klimaszenarien, Kostenentwicklungen oder politische Rahmenbedingungen. In bestehenden Verfahren wird daher versucht, diese Unsicherheiten zu verringern und zugleich transparent darzustellen (siehe Kapitel 4.2.1.1). Zu den eingesetzten Methoden gehören beispielsweise die Einbeziehung mehrerer Szenarien, die Entwicklung flexibler und regelmäßig zu aktualisierender Konzepte sowie die Anwendung iterativer Bewertungsansätze. Basierend auf den hier beschriebenen Verfahren zeigen sich Unterschiede in der Berücksichtigung von Unsicherheiten bei qualitativen und quantitativen Verfahren. Aber auch die jeweiligen Bewertungskontexte – beispielsweise ob Bund oder Kommunen – prägen, inwieweit Unsicherheiten die Aussagekraft von Bewertungsergebnissen einschränken und wie der Umgang mit Unsicherheiten methodisch gestaltet wird. Bei Untersuchungen zur Berücksichtigung von Unsicherheiten sollten sowohl die Bewertungskontexte als auch die durchführenden AkteurInnen stärker berücksichtigt werden. Die Erprobung der MKA durch das BNW deutet darauf hin, dass die Berücksichtigung eines pessimistischen und optimistischen Klimaszenarios kaum zu Abweichungen in den Bewertungen führt (Hölscher et al. 2025a). Auch wird in Interviews mit ExpertInnen deutlich, dass präzise Klimaszenarien in der Praxis nicht berücksichtigt werden. Basierend auf diesen beispielhaften Ergebnissen ist es wichtig zu untersuchen, für welche Bewertungskontexte die Berücksichtigung unterschiedlicher Klimaszenarien einen Mehrwert darstellt und wie diese Szenarien konsistent der Bewertung zu Grunde gelegt werden können. Insgesamt ist die Erforschung rechnerischer und methodischer Ansätze zur Reduzierung von Unsicherheiten eine zentrale Voraussetzung für präzise und verlässliche Bewertungsverfahren.

4.2.3.3 Modularer Aufbau

Ein zentraler methodischer Forschungsbedarf liegt in der weiteren Erprobung von Bewertungsverfahren und der Entwicklung modularer Bewertungssysteme, die verschiedene Sektoren, die Vielfalt an Maßnahmen sowie unterschiedliche Bewertungsskalen berücksichtigen können. Dabei sind für die Beurteilung die jeweilige Ausgangslage, die regionalen Gegebenheiten und sozioökonomische Aspekte zu integrieren. Die Entwicklung quantifizierbarer, vergleichbarer Messwerte und Bewertungsskalen für die Wirksamkeit von Maßnahmen wird als zentral erachtet.

4.2.3.4 Wirkungsgefüge und innovative Ansätze

Eine Forschungslücke besteht im Fehlen von Wirkungsgefügen oder systematischen Darstellungen verschiedener Effekte im Kontext kommunaler Klimaanpassungsmaßnahmen. Wirkungsgefüge oder auch Wirkungsketten dienen der Veranschaulichung der verschiedenen Wirkungsweisen der Maßnahmen entlang der Ebenen von Input, Output und Outcome (Hölscher et al. 2025a; Lühr et al. 2018). Bei dieser Form der Abbildung können auch Unsicherheiten entlang der Wirkungskette abgebildet werden. Wirkungsanalysen werden bisher im Bereich der Klimafolgenanpassung wenig angewendet, obwohl sie voraussichtlich wertvolle Beiträge zur Anpassung an den Klimawandel leisten können. Die Erforschung innovativer Ansätze zur Erfassung der Wirkungsgefüge, deren Ziel die Veranschaulichung der nicht mono-kausalen Zusammenhänge ist, stellt ein weiteres Forschungsfeld dar (Lühr et al. 2018).

4.2.3.5 Fehlanpassung

Im Bewertungsverfahren zur Erarbeitung der Nationalen Klimaanpassungsstrategie Österreichs wird das große Risiko der Fehlanpassung hervorgehoben, welche auch im IPCC betont wird (BMK 2024; IPCC 2023). Mit Fokus auf der Reduzierung von Fehlanpassungen werden hier Kriterien wie die Zunahme und/oder Verschiebung von Verwundbarkeit, Zielkonflikte mit Klimaschutz sowie ökologischer und sozialer Nachhaltigkeit, Pfadabhängigkeiten, negative Wettbewerbseffekte und Ineffizienz herangezogen (BMK 2021). Diese Kriterien sind in einzelnen MKA bereits teilweise berücksichtigt. Aufgrund der Zunahme von Fehlanpassungen ist jedoch insbesondere zu untersuchen (IPCC 2022, S. 27), inwiefern der Aspekt der Verschiebung der Verwundbarkeiten in ex-ante Bewertungsverfahren berücksichtigt und operationalisiert werden kann.

4.2.3.6 Transformative Anpassung

Die Bewertung transformativer Klimaanpassung stellt ein vergleichsweise neues Forschungsfeld dar und die Forschung zu transformativer Anpassung (siehe Infobox „Exkurs: Transformative Anpassung & soziale Gerechtigkeit als Schlüssel für wirksame Maßnahmen“) in der Praxis steht noch am Anfang. Eine beispielhafte Studie zur Überprüfung des transformativen Charakters von Anpassungsmaßnahmen ist die UBA-Studie von Kristof et al. (2023). Inwieweit die hier aufgeführten Kriterien sich auch in andere Bewertungskontexte und -verfahren übertragen lassen und inwieweit ein Mehrwert durch die zusätzliche Integration weiterer Kriterien besteht, sollte in weiteren Forschungsaktivitäten untersucht werden.

4.2.3.7 Bewertungsverfahren in der Mehrebenen-Governance

Ein wesentlicher Forschungsbedarf besteht in der Erfassung der spezifischen Bedarfe an Bewertungsverfahren auf den unterschiedlichen Governance-Ebenen. Insbesondere über den Status quo in den Ländern sowie Bedarfe und Hürden von Bewertungsverfahren auf dieser Ebene bestehen kaum Informationen. In dieser Studie konnten erste Erkenntnisse zum aktuellen Stand der Anwendung von ex-ante Bewertungen auf kommunaler Ebene aufgezeigt werden. Dennoch ist eine umfassende Forschung auch zur kommunalen Praxis erforderlich, um einen systematischen Überblick über den Stand der Anwendung von Bewertungsverfahren in deutschen Kommunen zu erhalten. Auf dieser Grundlage können bestehende Hemmnisse und Erfolgsfaktoren umfassend identifiziert und Handlungsempfehlungen für eine breitere sowie nachhaltige Verankerung abgeleitet werden. Besonders kleinere Kommunen und Landkreise müssen dabei in den Blick genommen werden, da besonders hier Forschungsbedarfe hinsichtlich praxistauglicher Verfahren und unterstützender Angebote bestehen.

4.2.3.8 Bedeutung europäischer Förderprogramme

Eine Untersuchung einzelner Kommunen lässt die Vermutung zu, dass das Einwerben von EU-Förderungen oder europäischen Auszeichnungen, bspw. im Rahmen des European Climate Award, eine ex-ante Bewertung von Maßnahmen begünstigen könnte. Die Bedeutung europäischer Förderung und Auszeichnungen für die Verankerung systematischer Bewertungsverfahren ist bisher wenig untersucht und es braucht eine größer angelegte Studie zur Überprüfung dieser These. Darüber hinaus besteht ein Forschungsbedarf hinsichtlich der Frage, wie Fördermechanismen – etwa durch gezielte Kopplung von Fördermitteln an Nutzenbewertungen – die Anwendung und Weiterentwicklung von Bewertungsansätzen in der kommunalen Praxis unterstützen können.

4.2.3.9 Einbindung neuer Technologien

Die schnelllebige Entwicklung neuer Technologien und KI-gestützter Programme führt zu diversen Forschungsbedarfen zur Einbindung und Verbesserung von ex-ante Bewertungsverfahren. Die immer häufiger entwickelten digitalen Zwillinge von Städten oder Bundesländern machen umfassende Daten aus verschiedenen Themenbereichen leicht zugänglich. Hier stellt sich die Frage, ob und inwiefern eine Einbindung dieser die Bewertungsgrundlage bereichert und ob mit Blick auf die Flexibilität und Robustheit von Maßnahmen die Szenarienanalyse verbessert wird. Beispielsweise bestehen Forschungsbedarfe hinsichtlich der leichteren Datenaufbereitung und Verfügbarkeit von Daten durch KI-Tools. Auch ist zu untersuchen, inwiefern KI-basierte Programme zu einer leichteren Handhabung für die AnwenderInnen von komplexen Bewertungs-Tools beitragen kann. Es braucht grundlegende Erkenntnisse über die Akzeptanz und Integration von KI in bestehende Bewertungsprozesse. Wie auch in anderen Anwendungsbereichen sind hier die ethischen, rechtlichen und gesellschaftlichen Implikationen des KI-Einsatzes kritisch zu hinterfragen, besonders in Hinblick auf Einschätzung von sozialen und ökologischen Wirkungen von Anpassungsmaßnahmen.

4.3 Empfehlungen für die Weiterentwicklung und Verankerung von Wirksamkeitsbewertungen von Anpassungsmaßnahmen

4.3.1 Methodische Weiterentwicklungen

Die derzeit verbreiteten Methoden der ex-ante Bewertung weisen unterschiedliche Lücken und Herausforderungen auf. Die Forschung und Anwendung dieser Verfahren stehen noch am Anfang und es gibt wichtige Bedarfe für die methodische Weiterentwicklung. Die methodische Weiterentwicklung der bestehenden Bewertungsverfahren stellt einen wichtigen nächsten Schritt dar, um die Wirkung von Klimaanpassungsmaßnahmen noch genauer abschätzen zu können und die Verfahren an die verschiedenen Bedarfe der praktischen Anwendung weiter auszurichten.

Zwei grundlegende Aspekte, welche bei einer Weiterentwicklung mitberücksichtigt werden sollen, sind die leichte Wiederholbarkeit der Bewertung und die Ausrichtung der Verfahren an unterschiedlichen Bewertungskontexten. Eine erneute Bewertung sollte einfach wiederholt werden können, um neuen Informationen und sich entwickelnden Risiken angemessen Rechnung zu tragen (EPA 2025; Kristof et al. 2023). Die konkrete Ausgestaltung eines Bewertungsverfahrens hängt maßgeblich von der jeweiligen Zielsetzung, dem Kontext und den verfügbaren Ressourcen ab. Die Entwicklung eines einheitlichen Standardbewertungsverfahrens ist daher nur begrenzt möglich. In der weiteren Erforschung gilt es zu prüfen, inwiefern Bewertungsverfahren modular aufgebaut werden können, sodass dieses leicht an die Bedarfe und Kapazitäten der Bewertenden angepasst werden kann.

Die vorgestellten Bewertungsverfahren weisen alle Unsicherheiten in ihren Ergebnissen auf (siehe Kapitel 4.2.1.1). Hinsichtlich des methodischen Umgangs mit Unsicherheiten, wie zuvor aufgezeigt, bestehen noch große Forschungsbedarfe (siehe Kapitel 4.2.3.2). Neben der Reduzierung von Unsicherheiten, beispielsweise durch bessere und für die lokale Ebene und einzelne Maßnahmen anwendbare Datengrundlagen, sollte weiter untersucht werden, welche Bedeutung Unsicherheiten bei der Priorisierung in der Praxis haben und wie diese transparent und leicht verständlich abgebildet werden können. Auch hier gilt es, die Weiterentwicklung der Methodik eng an die Bedarfe in der Praxis zu knüpfen. Zudem hat sich in der Praxis eine Kohärenzprüfung der Bewertungsergebnisse der Instrumente untereinander bewährt (Hölscher et al. 2025a; Kristof et al. 2023). Besonders bei der Bewertung durch mehrere AkteurInnen besteht das Risiko, dass Kriterien und Indikatoren unterschiedlich verstanden oder einzelne Aspekte unterschiedlich in der jeweiligen Bewertung gewichtet werden. Eine Kohärenzprüfung der Bewertungsergebnisse kann folglich Unsicherheiten sowie Subjektivität der Bewertungen im methodischen Prozess reduzieren.

Eine große Herausforderung der bestehenden Bewertungsverfahren liegt in der Komplexität ihrer Anwendung in der Praxis. Ein entscheidender Bedarf besteht in der weiteren Ausrichtung von Bewertungsverfahren auf die praktische Anwendung. Diese Studie verdeutlicht den bisher geringen Kenntnisstand in der Praxis sowie die begrenzten Ressourcen von möglichen AnwenderInnen (ExpertInneninterview). Das Verfahren sollte, besonders mit Blick auf die kommunale Ebene, möglichst niedrigschwellig und methodisch leicht verständlich aufbereitet sein. Die Verfahren sollten durch praktische Erprobung getestet und an den Bedarfen der AnwenderInnen in den unterschiedlichen Verwaltungsstrukturen ausgerichtet werden. Diese Ausrichtung ist entscheidend, um ex-ante Bewertungsverfahren aus der wissenschaftlichen Erarbeitung und beispielhaften Erprobung in die breite Praxis zu bringen.

Eine weitere methodische Entwicklung sollte darauf abzielen, Anpassungsmaßnahmen nicht nur einzeln, sondern in ihrer Gesamtheit zu bewerten. Die Wirksamkeit einzelner Maßnahmen hängt stark davon ab, welche weiteren Maßnahmen ebenfalls umgesetzt werden. Die Wirkung eines Maßnahmenpakets unterscheidet sich deutlich von der Summe der Wirkungen der darin enthaltenen Einzelmaßnahmen. Zudem entfalten Anpassungsmaßnahmen ihre Wirkung häufig erst im Zusammenspiel. Daher bietet die Betrachtung verschiedener Maßnahmenpakete oder Policy Mixes oftmals sinnvollere Einblicke als die Bewertung von Einzelmaßnahmen. Dieser Aspekt wird in der Forschung bislang nur vereinzelt betrachtet und ist noch nicht systematisch oder praxisnah umgesetzt. Erste Ansätze, die diese Bewertungskomponente berücksichtigen, sind im Verfahren zur ex-ante Bewertung von Maßnahmen des APA IV integriert. Dort wurden positive oder negative Wechselwirkungen und Synergieeffekte zwischen einzelnen Maßnahmen analysiert. Allerdings erfolgte auch hier die Wirksamkeitsbewertung jeweils nur für Einzelmaßnahmen und nicht für alternative Ausgestaltungen eines möglichen Policy Mixes. Hier besteht weiterer Forschungsbedarf, um Methoden zur Bewertung von Maßnahmenpaketen oder Policy Mixes der Klimaanpassung zu entwickeln. Auch ist dies für die Bewertung transformativer Anpassungsinstrumente und Policy Mixes relevant: Viele Anpassungsmaßnahmen entfalten erst in Kombination mit anderen Maßnahmen eine transformative Wirkung. Auch mit Blick auf das transformative Potential sollte der gesamte Policy Mix betrachtet werden.

Die Bewertung von Anpassungsmaßnahmen im Hinblick auf das transformative Potenzial stellt ein vergleichsweise junges Forschungsfeld dar. Die Forschung von Kristof et al. (2023) ist ein Beispiel dafür, wie transformative Anpassung operationalisiert und ex-ante bewertet werden kann. Gleichzeitig verdeutlicht diese Studie wichtige Forschungsbedarfe, die es zur methodischen Weiterentwicklung hinsichtlich einer transformativen Klimaanpassung zu adressieren gilt. Um einzelne Kriterien noch fundierter bewerten zu können, sollten Methoden zur Erfassung von Transformativität weiterentwickelt werden. Auch in diesem Bereich liegen bislang nur erste methodische Ansätze vor, sodass eine

Weiterentwicklung dieses jungen Forschungsfeldes wichtige nächste Schritte darstellen würde (Kristof et al. 2023, S. 27). Hierzu bietet sich beispielsweise die Entwicklung von Checklisten oder Unterkriterien an. Mit einer weiteren Präzisierung der Methoden kann auch die Skalierung der einzelnen Kriterien verbessert werden. Es sollte geprüft werden, ob ausschließlich eine Gesamtpunktbewertung ohne spezifische Gewichtung einzelner Kriterien und ein paralleler Blick auf die Ausgewogenheit zum besten Ergebnis im Sinne eines geeigneten transformativen Policy Mixes führen oder ob eine für den jeweiligen Einzelfall angepasste Gewichtung erforderlich ist (Kristof et al. 2023).

Mit Blick auf die in dieser Studie vorgestellten Bewertungsverfahren zeigt sich, dass spezifische Bedarfe der Weiterentwicklung der Methodik, der berücksichtigten Kriterien und der Operationalisierung bestehen. Beispielsweise besteht in der Praxis der Bedarf neben der Kostenschätzung für einmalige Investitionen auch die langfristigen Pflege- und Betriebskosten einer Maßnahme abbilden zu können (ExpertInneninterview). Laut ExpertInnenaussagen liegt ein großer Mehrwert einer solchen Weiterentwicklung darin, dass diese langfristig entstehenden Kosten sichtbar gemacht werden. Dadurch könnten sie auch in Förderprogrammen, insbesondere auf kommunaler Ebene, besser berücksichtigt werden. Die Verankerung der langfristigen Pflege- und Betriebskosten stellt somit einen wesentlichen Gewinn und möglichen Anreiz für die kommunale Anwendung dar. Insbesondere bei der MKA bestehen Weiterentwicklungsbedarfe hinsichtlich der Integration und Operationalisierung von einzelnen Kriterien, wie beispielsweise Flexibilität oder Synergie und Konflikte (siehe Kapitel 4.2.1). Die weitere Forschung sollte die bestehenden Verfahren, Erkenntnisse und Lücken in den Fokus nehmen und in weiteren Forschungsprojekten mit Blick auf eine anwendungsfreundliche Ausgestaltung und breite Anwendung weiterentwickeln.

4.3.2 Empfehlungen zur Verankerung von Bewertungsverfahren in der Praxis

Neben der methodischen Weiterentwicklung gilt es besonders die Durchführung von geeigneten Bewertungsverfahren in der Praxis zu fördern. Basierend auf den ExpertInneninterviews und Literaturrecherchen konnten Empfehlungen für die breite Anwendung identifiziert werden.

Ein wichtiger Aspekt, der die Anwendung in der Praxis unterstützen kann, ist die Bereitstellung von Tools und Handreichungen (ExpertInneninterviews). InterviewpartnerInnen betonen die Notwendigkeit praxisnaher, leicht verständlicher Leitfäden oder Handreichungen, die verschiedene Module eines Standard-Bewertungsprozesses abbilden und entsprechende Tools für die Umsetzung erläutern. Eine innovative Idee besteht darin, Bewertungsverfahren nicht nur als Textdokument, sondern als Software-Tool aufzubereiten. Zu Beginn könnten die Nutzenden einen Fragebogen ausfüllen, der beispielsweise die Dauer des Prozesses, verfügbare Ressourcen oder beteiligte AkteurInnengruppen abfragt. Das Tool würde daraufhin eine Empfehlung zur Ausgestaltung des Bewertungsverfahrens samt Methodik ausgeben. Dies könnte insbesondere bei der Auswahl der passenden Methode unterstützen und so den Einstieg in das Verfahren erleichtern. Ausgearbeitete Informationsgrundlagen sollten zudem in Beratungsstellen und -angeboten verankert werden, beispielsweise beim Zentrum KlimaAnpassung (ZKA), das Kommunen und soziale Einrichtungen bei Fragen der Klimaanpassung berät und entsprechende Fortbildungen anbietet. Auch Länder könnten als Multiplikatoren fungieren und Hilfsangebote für Kommunen bereitstellen und eine beim UBA angesiedelte Beratungsstelle zur Unterstützung von Ländern und Kommunen wäre ebenfalls denkbar.

Zur breiteren Verankerung von Bewertungsverfahren wird ein Mainstreaming von Bewertungsverfahren in Leitlinien, Förderprogrammen und einzelnen Gesetzen empfohlen (EPA 2025; ExpertInneninterviews). Auch die Aufnahme von MKA zur Unterstützung der fundierten Abwägung im Baugesetzbuch könnte eine klimarobuste Bauleitplanung fördern und sollte geprüft werden. Zudem ist es wichtig, politische Kohärenz sicherzustellen, damit Anpassungsmaßnahmen nicht im Widerspruch zu anderen bundesweiten Nachhaltigkeitsstrategien stehen (EPA 2025). Für die EU wird die Förderung von Richtlinien für ex-ante Bewertungsverfahren, um Entwicklung und Konsistenz in den

Mitgliedstaaten zu stärken, empfohlen. Diese Empfehlung ist auch auf das föderale System in Deutschland übertragbar (EPA 2025). Solche Leitlinien können den Bundesländern helfen, ihre Anpassungsstrategien proaktiv zu bewerten und den Erarbeitungsaufwand einer geeigneten Methode für die Bundesländer verringern. Im Rahmen der ExpertInneninterviews wurde jedoch auch deutlich, dass eine Verpflichtung von ex-ante Bewertungen von einzelnen AkteurInnen aus der Praxis nicht als förderlich angesehen wird, wenn diese nicht durch zusätzliche Finanz- und Informationsressourcen unterlegt ist. Da hier ein großes Risiko gesehen wird und dies eine weitere Belastung für Kommunen bedeuten könnte, wird die Freiwilligkeit von Bewertungsverfahren hervorgehoben.

Finanziell sollte die Verankerung von Bewertungsverfahren durch die Integration in Förderrichtlinien des Bundes und der Länder weiter gestärkt werden. Aufbauend auf weiteren Forschungserkenntnissen und der Entwicklung praxisnaher Leitfäden für unterschiedliche Zielgruppen ist eine systematische Umsetzung in Förderprogrammen zu prüfen. Beispielsweise könnte der Priorisierungsprozess im DAS Förderprogramm weiter geschärft und durch umfassende Informationen und Unterstützungsangebote gestärkt werden. Auch andere Förderprogramme sollten auf die Möglichkeit der Integration von ex-ante Bewertungsverfahren geprüft werden. Wichtig ist, dass diese Verankerung durch informatische Hilfestellungen und ausreichende Ressourcen flankiert wird. Auf kommunaler Ebene werden häufig externe Dienstleister zur Unterstützung herangezogen. Damit die Durchführung bei begrenzten Personalressourcen in den Kommunen durchführbar ist, müssen entsprechende Kalkulationen bei den Fördermitteln vorgenommen werden. Auch die Verknüpfung von Fördermitteln an den erwarteten Nutzen von Maßnahmen stellt eine Empfehlung aus der Praxis dar. Alternativ ist auch denkbar, dass für die Anwendung von Bewertungsverfahren Bonuspunkte in Förderprogrammen vergeben werden.

In bestehenden Forschungen und ExpertInneninterviews wird die kommunale Umsetzung als Schlüssel für Klimaanpassung gesehen. Aktuell ist Klimaanpassung jedoch keine Pflichtaufgabe und wird aufgrund stark begrenzter Ressourcen in den Kommunen sehr unterschiedlich berücksichtigt und verankert. Die Kommunalbefragung des UBA sowie ExpertInnen-Gespräche verdeutlichen, dass es eine „Kümmerer-Person“ für Klimaanpassung, die bereichsübergreifend agiert, braucht (Friedrich et al. 2024a). KAM nehmen dabei eine besondere Rolle ein, da sie mit ihrer ressortübergreifenden Perspektive sowohl die gesamtgesellschaftliche Betrachtungsweise von Anpassungsmaßnahmen einnehmen als auch deren Ergebnisse für alle relevanten Ressorts aufbereiten und einen Interessenausgleich ermöglichen können (ExpertInneninterviews; Grothmann et al. 2021) (siehe Kapitel 4.2.2). Die Durchführung von Bewertungsverfahren ist nur möglich, wenn ausreichend Personal und Finanzmittel vorhanden sind. Die Befristung von Personal kann jedoch ein Hemmnis darstellen, da Wissen über den Prozess verloren geht und die Umsetzung der Maßnahmen nicht von Beginn der Entwicklung von Konzepten an gesichert ist. In den ExpertInneninterviews wurde daher die Verankerung von Klimaanpassung als Gemeinschaftsaufgabe und eine langfristige Sicherung von Personal für Klimaanpassung auch hinsichtlich der systematischen Bewertung von Maßnahmen betont.

Da viele AkteurInnen bisher nur begrenztes Wissen und Erfahrung mit der Durchführung von Bewertungsverfahren haben, stellt die Förderung von Austauschformaten einen weiteren wichtigen Schritt dar, um Wissen und Erfahrungen zu teilen und Hemmnisse abzubauen. Dies empfiehlt sich sowohl für die Bundesebene – etwa im Hinblick auf den Wissenstransfer von europäischen Mitgliedsstaaten – als auch für die Länder und Kommunen (EPA 2025; ExpertInneninterviews). Ebenfalls einen wichtigen Beitrag mit Blick auf das begrenzte Wissen kann das Hervorheben von guten Beispielen der Durchführung von Bewertungsverfahren darstellen. Die Identifikation und Aufbereitung solcher Beispiele sowie deren Verankerung in Informationsstellen wäre ein weiterer wichtiger Schritt, um Möglichkeiten der leichten Anwendung aufzuzeigen und zur Nachahmung zu inspirieren.

5 Fazit

Die Analyse der Finanzierungsbedarfe für Klimaanpassung in Deutschland macht deutlich, dass der Investitionsbedarf bereits heute erheblich ist und mit fortschreitendem Klimawandel voraussichtlich weiter steigen wird. Verschiedene Schätzungen und Modellierungen – von empirischen Bottom-up-Ansätzen bis hin zu makroökonomischen Top-down-Modellen – deuten übereinstimmend darauf hin, dass sich der jährliche Finanzierungsbedarf im mehrstelligen Milliardenbereich bewegen dürfte. Sektorale Detailanalysen, wie etwa für die Wasserwirtschaft, weisen für einzelne Bereiche besonders hohe Investitionserfordernisse aus. Hinzu kommen administrative Kosten für die Umsetzung gesetzlicher Vorgaben sowie bislang häufig unberücksichtigte Maßnahmen der Stadtentwicklung, die sich – je nach Umfang – ebenfalls auf erhebliche Summen akkumulieren können.

Gleichzeitig ist die Unsicherheit in allen quantitativen und qualitativen Einschätzungen hoch. Die Vielfalt und Streuung der Zahlen sowie die Heterogenität der Sektoren machen deutlich, wie schwierig eine belastbare Kalkulation ist. Die Querschnittsnatur der Klimaanpassung erschwert eine eindeutige Zuordnung der Kosten, da viele Maßnahmen mehrere Ziele gleichzeitig adressieren und häufig mit anderen Politikfeldern verflochten sind. Auch die gewählten methodischen Ansätze bringen jeweils spezifische Stärken und Schwächen mit sich: Bottom-up-Methoden erlauben eine detaillierte Betrachtung einzelner Maßnahmen, erfassen jedoch Querschnittseffekte und indirekte Kosten nur begrenzt. Top-down-Modelle können gesamtwirtschaftliche Zusammenhänge abbilden, sind jedoch auf ausgewählte Anpassungsmaßnahmen beschränkt und integrieren häufig nicht alle relevanten Faktoren wie Baukostendynamiken oder Synergien mit anderen Politikfeldern. Insgesamt sind alle vorliegenden Zahlen mit Unsicherheiten behaftet, weshalb sich belastbare Aussagen zu konkreten Bedarfen nur eingeschränkt treffen lassen.

Öffentliche Haushalte stehen angesichts dieser Entwicklungen vor einer Vielzahl an Herausforderungen: Akute Liquiditätsbedarfe entstehen durch Extremwetterereignisse und die damit verbundenen Schadensbehebungen; langfristige Kosten resultieren aus notwendigen Anpassungsinvestitionen; und im Extremfall kann eine Überschuldung drohen, wenn hohe Schadenskosten die finanziellen Spielräume zur Finanzierung bestehender Schulden einschränken. Wie innovative Finanzierungsinstrumente – etwa Katastrophenanleihen, parametrische Versicherungen, klimaresiliente Schuldenklauseln, Resilienzleihen oder lokale Klimafonds – im Zusammenspiel mit bestehenden Mechanismen zur Risikobegrenzung und langfristigen Finanzierung beitragen können, ist bislang jedoch nur in Ansätzen untersucht und bleibt ein zentrales Forschungsfeld. Die praktische Wirksamkeit und Skalierbarkeit dieser Instrumente im deutschen Kontext ist offen und bedarf weiterer empirischer Erprobung und Evaluation.

Angesichts begrenzter Ressourcen und wachsender Risiken ist es zudem unerlässlich, die verfügbaren Mittel möglichst effizient und wirksam einzusetzen. Die systematische Priorisierung von Anpassungsmaßnahmen gewinnt daher an Bedeutung. Ex-ante Bewertungsverfahren wie Kosten-Nutzen-Analysen (KNA), Kosten-Wirksamkeits-Analysen (KWA) und Multikriterien-Analysen (MKA) bieten hierfür methodische Grundlagen, um Nutzen, Effizienz und gesellschaftliche Akzeptanz von Maßnahmen strukturiert und transparent einzuschätzen. Während KNA und KWA vor allem auf quantifizierbare Kosten und Nutzen abzielen, ermöglicht die MKA die Berücksichtigung vielfältiger, auch qualitativer Kriterien. Dieses in der Praxis stark verbreitete Verfahren ist besonders geeignet für komplexe Entscheidungssituationen mit unterschiedlichen Zielsetzungen und Unsicherheiten, bedarf jedoch die kontextspezifische Anpassung von Bewertungsverfahren und die Gewichtung der

ausgewählten Kriterien. In der Praxis werden zunehmend partizipative und kontextspezifische Ansätze gewählt, die die Akzeptanz und Relevanz der Ergebnisse erhöhen.

Dennoch bestehen weiterhin erhebliche Herausforderungen: Die begrenzte Verfügbarkeit belastbarer Bewertungsdaten, Unsicherheiten durch unterschiedliche Klimaszenarien und komplexe Wirkungsketten sowie der zusätzliche Ressourcenbedarf für die Durchführung strukturierter Bewertungsverfahren erschweren die breite Anwendung, insbesondere auf kommunaler Ebene. Forschungsbedarf besteht insbesondere hinsichtlich der systematischen Erfassung von Kosten des Nicht-Handelns, der Integration sozialer Gerechtigkeit und transformativer Aspekte in Bewertungsverfahren sowie der Entwicklung modularer, praxisnaher Tools und Austauschformate. Die Bewertung von Policy-Mixes und die Berücksichtigung multikausaler Effekte sind weitere zentrale Entwicklungsfelder.

Insgesamt verdeutlicht die Analyse, dass eine wirksame und nachhaltige Klimaanpassung eine integrierte Strategie erfordert. Diese muss die Finanzierungslücken systematisch adressieren, fiskalische Risiken aktiv steuern und die Priorisierung von Maßnahmen auf eine solide Bewertungsgrundlage stellen. Die Vielzahl offener Fragen und der hohe Forschungsbedarf machen jedoch deutlich, dass viele der derzeit diskutierten Instrumente und Verfahren noch weiterentwickelt und empirisch erprobt werden müssen, bevor sie breit und wirkungsvoll implementiert werden können. Nur so kann gewährleistet werden, dass die begrenzten Ressourcen zielgerichtet eingesetzt werden, um die ökonomischen, sozialen und ökologischen Risiken des Klimawandels wirksam zu begrenzen und die Resilienz der Gesellschaft zu stärken.

6 Literaturverzeichnis

Aaheim, Asbjørn; Taoyuan Wei und Bård Romstad 2017: Conflicts of economic interests by limiting global warming to +3 °C. In: Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, Ausgabe 22:8, S. 1131–1148.

(ABM) Adaptation Benefit Mechanism 2022: Adaptation Benefit Mechanism Activity Design Document. Zuletzt eingesehen am 03.09.2025, unter <https://abmechanism.com/download/165/nm001-reduction-of-food-losses-of-stored-potatoes-through-improved-storage-facilities/14482/abm-activity-design-document-version-1.pdf>.

African Development Bank 2025: Adaptation Benefits Mechanism Guidebook. Zuletzt eingesehen am 31.07.2025, unter <https://main.abmechanism.com/download/336/publications/40872/abm-guidebook-2025.pdf>.

(AIIB) Asian Infrastructure Investment Bank 2023: AIIB Issues First Climate Adaptation Bond Targeting Resilient Infrastructure. Zuletzt eingesehen am 31.07.2025, unter <https://www.aiib.org/en/news-events/news/2023/AIIB-Issues-First-Climate-Adaptation-Bond-Targeting-Resilient-Infrastructure.html>.

Allianz 2025: Klimawandel – es ist in unserer Verantwortung zu handeln. Zuletzt eingesehen am 31.07.2025, unter <https://www.allianz.com/de/mediocenter/news/berichte-studien/250724-klimawandel-es-ist-in-unserer-verantwortung-zu-handeln.html#paper>.

Altenburg, Corinna und Britta Sommer 2022: Klimaschutzfonds, Crowdfunding und Sponsoring. Zuletzt eingesehen am 31.07.2025, unter https://www.klimaschutz.de/sites/default/files/mediathek/dokumente/SKKK_Fokus_Klimaschutzfonds_2023_230309.pdf.

Anguelovski, Isabelle 2023: (In)Justice in Urban Greening and Green Gentrification. In: The Barcelona School of Ecological Economics and Political Ecology, Ausgabe 8, S. 235–247.

Augustin, Julian 2024: Handreichung zur Grundsteuer C: Deutscher Städte- und Gemeindebund (DStGB); Redeker Sellner Dahs.

Bach, Claudia; Jörn Birkmann; Jürgen Kropp; Mady Olonscheck; Neysa Setiadi; Maike Vollmer und Carsten Walther 2013: Abschätzung der Verwundbarkeit gegenüber Hitzewellen und Starkregen. Zuletzt eingesehen am 07.08.25, unter https://www.researchgate.net/profile/Carsten-Walther/publication/295652962_Abschätzung_der_Verwundbarkeit_gegenuber_Hitzewellen_und_Starkregen/links/5810dd9508aea04bbcbd46ba/Abschaetzung-der-Verwundbarkeit-gegenueber-Hitzewellen-und-Starkregen.pdf?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19.

Bachner, Gabriel; Daniel Lincke und Jochen Hinkel 2022: The macroeconomic effects of adapting to high-end sea-level rise via protection and migration. In: Nature Communications, Ausgabe 13:1, S. 5705.

(BAFA) Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle o. J.: Kälte- und Klimaanlage. Zuletzt eingesehen am 19.08.2025, unter

https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Klima_Kaeltetechnik/klima_kaeltetechnik_node.html.

(BAI) Bundesverband Alternative Investments e.V. 2024: Attachement to BAI's response to ESMA's reply form Call for Evidence on the review of the UCITS Eligible Assets Directive. Zuletzt eingesehen am 30.07.2025, unter https://www.bvai.de/fileadmin/Recht/AIFMD_etc/BAI_Comments_on_the_review_of_the_UCITS_Eligible_Assets_Directive_-_Attachement.pdf.

Bär, Holger; Florian Peiseler; Beate Richter und Illiana Aleksandrova 2023: Klima- und Finanzpolitik zusammendenken: Wechselwirkungen und Zielkonflikte (Nachhaltige Soziale Marktwirtschaft - Focus Paper, 7: Bertelsmann Stiftung.

BASF 2019: BASF-Bericht 2018. Zuletzt eingesehen am 15.08.2025, unter https://www.basf.com/dam/jcr:d85db150-9ae1-3d29-b13f-bda7cfbf0c31/BASF_Bericht_2018.pdf.

Baumann, Christian 2024: Herausforderungen und Chancen des Klimaschutzes, der Klimaanpassung und der Nachhaltigkeit für Kommunen und kommunale Unternehmen: Bayrischer Kommunalen Prüfungsverband.

(BBSR) Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung o. J.: Anpassung urbaner und ländlicher Räume an den Klimawandel. Zuletzt eingesehen am 19.08.2025, unter <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/programme/anpassung-klimawandel/anpassung-klimawandel-node.html>.

(BBSR) Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung 2024: Referenztabelle zu Raumgliederungen des BBSR. Gebietsstand 31.12.2023. Zuletzt eingesehen am 08.2025, unter https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/raumbeobachtung/Raumabgrenzungen/downloads/raumgliederungen-referenzen-2023.xlsx?__blob=publicationFile&v=5.

Becker, Ann-Kristin; Christoph Oslislo 2022: Obligatorische Versicherung gegen Schäden infolge von Naturkatastrophen. In: Wirtschaftsdienst, Ausgabe 1, S. 45–51.

Becker, Paul 2024: Anpassung an den Klimawandel – Die Rolle digitaler Zwillinge. Zuletzt eingesehen am 29.08.2025, unter <https://www.deutsches-klima-konsortium.de/news/anpassung-an-den-klimawandel-die-rolle-digitaler-zwillinge/>.

Bednar-Friedl, B.; R. Biesbroek; D. N. Schmidt; P. Alexander; K. Y. Børshøj; J. Carnicer; E. Georgopoulou; M. Haasnoot; G. Le Cozannet; P. Lionello; O. Lipka; C. Möllmann; V. Muccione; T. Mustonen; D. Piepenburg und L. Whitmarsh 2022: Europe. In: Pörtner, H. O.; Roberts, D. C.; Tignor, M.; E. S. Poloczanska; K. Mintenbeck; A. Alegría; M. Craig; S. Langsdorf; S. Löschke; V. Möller; A. Okem; B. Rama (Hrsg.): Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK and New York, USA: Cambridge University Press.

Bernardt, Florian; Marc Ingo Wolter und Friederike Rausch-Berhie 2024: Auswirkungen von Klimaanpassung auf den Arbeitsmarkt (Climate Change, 12/2024. Dessau-Roßlau: UBA.

Bielicki, Jan 2012: Milliarden-Umverteilung zwischen den Bundesländern - Warum der Länderfinanzausgleich so ungerecht ist. Zuletzt eingesehen am 12.08.2025, unter <https://www.sueddeutsche.de/politik/milliarden-umverteilung-zwischen-den-bundeslaendern-warum-der-laenderfinanzausgleich-so-ungerecht-ist-1.1306240>.

(BMEL) Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft 2023: Nationale Rahmenrichtlinie zur Gewährung staatlicher Finanzhilfen zur Bewältigung von Schäden in der Land- und Forstwirtschaft

verursacht durch Naturkatastrophen oder Naturkatastrophen gleichzusetzende widrige Witterungsverhältnisse. Zuletzt eingesehen am 11.08.2025, unter https://www.bmleh.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Landwirtschaft/Klimaschutz/Beihilfe-Naturereignisse.pdf?__blob=publicationFile&v=5.

(BMEL) Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft 2025: Gemeinschaftsaufgabe "Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes". Zuletzt eingesehen am 12.08.2025, unter <https://www.bmleh.de/DE/themen/laendliche-regionen/foerderung-des-laendlichen-raumes/gemeinschaftsaufgabe-agrarstruktur-kuestenschutz/gak.html>.

(BMF) Bundesministerium der Finanzen 2021: Gemeinsam gegen die Flutkatastrophe: Soforthilfe und Wiederaufbaufonds. Zuletzt eingesehen am 11.08.2025, unter <https://www.bundesfinanzministerium.de/Monatsberichte/2021/08/Inhalte/Kapitel-2b-Schlaglicht/2b-gemeinsam-gegen-die-flutkatastrophe.html>.

(BMF) Bundesministerium der Finanzen 2024: Der Finanzausgleich zwischen Bund und Ländern im Jahr 2023. Zuletzt eingesehen am 20.08.2025, unter <https://www.bundesfinanzministerium.de/Monatsberichte/Ausgabe/2024/03/Inhalte/Kapitel-3-Analysen/3-1-bund-laender-finanzausgleich-2023.html>.

(BMF) Bundesministerium der Finanzen 2025a: Länderfinanzausgleich. Zuletzt eingesehen am 31.07.2025, unter https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Oeffentliche_Finanz/Foederale_Finanzbeziehungen/Laenderfinanzausgleich/laenderfinanzausgleich.html.

(BMF) Bundesministerium der Finanzen 2025b: Der bundesstaatliche Finanzausgleich im Jahr 2024. Zuletzt eingesehen am 11.08.2025, unter <https://www.bundesfinanzministerium.de/Monatsberichte/Ausgabe/2025/04/Inhalte/Kapitel-3-Analysen/3-1-bundesstaatlicher-finanzausgleich-2024.html>.

(BMI) Bundesministerium des Innern und für Heimat und (BMF) Bundesministerium der Finanzen 2022: Bericht zur Hochwasserkatastrophe 2021: Katastrophenhilfe, Wiederaufbau und Evaluierungsprozesse. Zuletzt eingesehen am 20.03.2025, unter https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/veroeffentlichungen/2022/abschlussbericht-hochwasserkatastrophe.pdf?__blob=publicationFile&v=1.

(BMK) Bundesministerium Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie 2021: Fehlanpassung adressieren – Herausforderungen und Lösungsansätze. Einhaltung der guten Kriterien zur Anpassung als Beitrag zu einer qualitativ hochwertigen Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen.

(BMK) Bundesministerium Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie 2024: Die Österreichische Strategie zur Anpassung an den Klimawandel. Teil 1- Kontext.

(BMUKN) Bundesministerium für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz und nukleare Sicherheit 2025a: Förderung von Klimaanpassung in sozialen Einrichtungen. Zuletzt eingesehen am 11.08.2025, unter <https://www.bundesumweltministerium.de/programm/klimaanpassung-in-sozialen-einrichtungen>.

(BMUKN) Bundesministerium für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz und nukleare Sicherheit 2025b: Förderung von Maßnahmen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels. Zuletzt eingesehen am 11.08.2025, unter <https://www.bundesumweltministerium.de/programm/foerderung-von-massnahmen-zur-anpassung-an-die-folgen-des-klimawandels>.

(BMUV) Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz 2023a: Bundes-Klimaanpassungsgesetz. Zuletzt eingesehen am 17.03.2025, unter <https://www.recht.bund.de/bgbl/1/2023/393/VO>.

(BMUV) Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz 2023b: Entwurf eines Bundes-Klimaanpassungsgesetzes (KAnG). Zuletzt eingesehen am 02.09.2025, unter https://www.bundesumweltministerium.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Glaeserne_Gesetz_e/20_Lp/kang_gesetz/Entwurf/kang_entwurf_bf.pdf.

(BMUV) Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz 2024: Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel 2024 (DAS 2024). Zuletzt eingesehen am 26.03.2025, unter https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaanpassung/das_2024_strategie_bf.pdf.

BMVBS 2013: Bewertung und Priorisierung von Klimaanpassungsmaßnahmen. Leitfaden zur Entscheidungsunterstützung bei der urbanen Klimaanpassung (BMVBS-Online-Publikation, 11/2013).

(BMV) Bundesministerium für Verkehr 2024: Transeuropäische Verkehrsnetze (TEN-V). Zuletzt eingesehen am 20.08.2025, unter <https://www.bmv.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/transeuropaeische-verkehrsnetze.html>.

(BMWE) Bundesministerium für Wirtschaft und Energie o. J.: Exportkreditgarantien (sogenannte Hermesdeckungen). Zuletzt eingesehen am 05.08.2025, unter <https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/Artikel/Aussenwirtschaft/exportkreditgarantien.html>.

(BMWE) Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2025: Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Regionalen Wirtschaftsstruktur“ (GRW). Zuletzt eingesehen am 11.08.2025, unter <https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/Dossier/gemeinschaftsaufgabe-verbesserung-der-regionalen-wirtschaftsstruktur.html>.

(BMWE) Bundesministerium für Wirtschaft und Energie und Euler Hermes o. J.: Die deutsche Wirtschaft bei Ihren Auslandsaktivitäten stärken. Zuletzt eingesehen am 05.08.2025, unter <https://www.agaportal.de/de>.

(BMWK) Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz 2023: Was uns die Folgen des Klimawandels kosten – Zusammenfassung. Zuletzt eingesehen am 20.03.2025, unter https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/M-O/Merkblaetter/merkblatt-klimawandelfolgen-in-deutschland-zusammenfassung.pdf?__blob=publicationFile&v=14.

BMWSB o. J.: Städtebauförderung. Zuletzt eingesehen am 14.08.2025, unter https://www.bmwsb.bund.de/DE/stadtentwicklung/foerderprogramme-stadtentwicklung/staedtebaufoerderung/staedtebaufoerderung_node.html.

(BMWSB) Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen 2024: Bekanntmachung der Verwaltungsvereinbarung über die Gewährung von Finanzhilfen des Bundes an die Länder nach Artikel 104b des Grundgesetzes zur Förderung städtebaulicher Maßnahmen (VV Städtebauförderung 2023/2024). Zuletzt eingesehen am 12.08.2025, unter https://www.verwaltungsvorschriften-im-internet.de/bsvwwbund_04072023_SWIII17311113.htm.

Bobasu, Alina; Evangelos Charalambakis und Omiros Kouvavas 2024: How have households adjusted their spending and saving behaviour to cope with high inflation? (ECB Economic Bulletin, 2/2024: Europäische Zentralbank (EZB)).

Bosello, Francesco; Robert J. Nicholls; Julie Richards; Roberto Roson und Richard S. J. Tol 2012: Economic impacts of climate change in Europe: sea-level rise. In: Climatic Change, Ausgabe 112:1, S. 63–81.

Boyd, R.; A. Markandya 2021: Costs and benefits of climate change impacts and adaptation.

bpb 2023: Finanzkraftausgleich und Bundesergänzungszuweisungen. Zuletzt eingesehen am 03.06.2025, unter <https://www.bpb.de/kurz-knapp/zahlen-und-fakten/soziale-situation-in-deutschland/61877/finanzkraftausgleich-und-bundesergaenzungszuweisungen/>.

Brand, Stephan; Christian Raffer; Johannes Salzgeber und Henrik Scheller 2023: Kommunale Klimainvestitionen im Spannungsfeld zwischen steigenden Bedarfen und begrenzten Ressourcen. Zuletzt eingesehen am 21.03.2025, unter <https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzerntemen/Research/PDF-Dokumente-Fokus-Volkswirtschaft/Fokus-2023/Fokus-Nr.-427-April-2023-Klimainvestitionen-Kommunen.pdf>.

Brand, Stephan; Johannes Steinbrecher 2021: Sustainable Finance in Kommunen: Kann der grüne Kommunalkredit das Eis brechen? 339: KfW Research.

Brasseur, Guy P.; Daniela Jacob und Susanne Schuck-Zöller 2017: Klimawandel in Deutschland. s.l.: s.n.

Bräuer, Ingo; Katharina Umpfenbach; Daniel Blobel; Max Grünig; Aaron Best; Martin Peter und Helen Lückge 2009: Klimawandel: Welche Belastungen entstehen für die Tragfähigkeit der Öffentlichen Finanzen?: Ecologic Institut.

Broberg, Morten 2020: Parametric loss and damage insurance schemes as a means to enhance climate change resilience in developing countries. In: Climate Policy, Ausgabe 20:6, S. 693–703.

Bucher, Florian 2025: Insurance-Linked Securities: Ein Leitfaden zu ILS und Cat Bonds mit Fokus auf Deutschland. Zuletzt eingesehen am 30.07.2025, unter https://www.bvai.de/fileadmin/Veroeffentlichungen/BAI_Publikationen/Studien/BAI_ILS_2025_DE.pdf.

Buchwald, Ilse 2025: Eidersperrwerk: Sanierung und Neubau für Küstenschutz. Zuletzt eingesehen am 20.08.2025, unter <https://www.shz.de/lokales/friedrichstadt/artikel/eidersperrwerk-sanierung-und-neubau-fuer-kuestenschutz-48296502>.

(BUND) Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V. 2025: Wasserentnahmeentgelte der Länder (Stand: 06/25). Zuletzt eingesehen am 02.09.2025, unter https://www.bund.net/fileadmin/user_upload_bund/publikationen/fluesse/Wasserentnahmeentgelte-Laender-Bericht-BUND-2025.pdf.

Bundesrat 2025: Drucksache 314/25: Entwurf eines Gesetzes zur Finanzierung von Infrastrukturinvestitionen von Ländern und Kommunen (Länderund-Kommunal-Infrastrukturfinanzierungsgesetz - LuKIFG). Zuletzt eingesehen am 29.08.2025, unter https://www.der-paritaetische.de/fileadmin/user_upload/Fachinfos/doc/BR_314-25_LuKIFG.pdf.

Bundesregierung 2021: Verordnung über die Verteilung und Verwendung der Mittel des Fonds „Aufbauhilfe 2021“ (AufbhV 2021). Zuletzt eingesehen am 11.08.2025, unter https://www.gesetze-im-internet.de/aufbhv_2021/BJNR421400021.html.

Bundesregierung 2023a: Bericht der Bundesregierung über Struktur und Höhe des Finanzkraftausgleichs sowie der Zuweisungen gemäß § 11 im Ausgleichsjahr 2022. Zuletzt eingesehen am 20.08.2025, unter <https://dserver.bundestag.de/btd/20/066/2006699.pdf>.

Bundesregierung 2023b: Gesetzentwurf eines Bundes-Klimaanpassungsgesetzes (KAnG). Zuletzt eingesehen am 27.03.2025, unter <https://dserver.bundestag.de/btd/20/087/2008764.pdf>.

Bundesregierung 2025: Investitionsoffensive für das ganze Land. Zuletzt eingesehen am 05.08.2025, unter <https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/sondervermoegen-2356240>.

Bünger, Björn; Astrid Matthey 2018: Methodenkonvention 3.0 zur Ermittlung von Umweltkosten. Methodische Grundlagen. Dessau-Roßlau,

BürgerBegehren Klimaschutz 2025: Klimaschutz ins Grundgesetz. Zuletzt eingesehen am 19.08.2025, unter <https://weact.campact.de/petitions/klimaschutz-ins-grundgesetz-fur-zukunftsfahige-kommunen>.

Burke, Marshall; Solomon M. Hsiang und Edward Miguel 2015: Global non-linear effect of temperature on economic production. In: Nature, Ausgabe 527:7577, S. 235–239.

Busch, Jonah; Irene Ring; Monique Akullo; Oyut Amarjargal; Maud Borie; Rodrigo S. Cassola; Annabelle Cruz-Trinidad; Nils Droste; Joko Tri Haryanto; Ulan Kasymov; Nataliia Viktorivna Kotenko; Ariunaa Lhkagvadorj; Felipe Luiz Lima de Paulo; Peter H. May; Anit Mukherjee; Sonny Mumbunan; Rui Santos; Luca Tacconi; Gracie Verde Selva; Madhu Verma; Xiaoxi Wang; Lu Yu und Kecan Zhou 2021: A global review of ecological fiscal transfers. In: Nature Sustainability, Ausgabe 4:9, S. 756–765.

Calvo, Santiago und Diego S. La Cruz 2024: The Impact of High Inflation on Tax Revenues across Europe. Zuletzt eingesehen am 27.08.2025, unter <https://taxfoundation.org/wp-content/uploads/2024/06/FF840.pdf>.

Catalan Government 2020: Catalan government adopts decree to regulate Climate Fund, financed with half of revenue generated by CO2 tax. Zuletzt eingesehen am 05.08.2025, unter <https://catalangovernment.eu/catalangovernment/news/382772/catalan-government-adopts-decree-to-regulate-climate-fund-financed-with-half-of-revenue-generated-by-co2-tax?v=>.

(CBI) Climate Bonds Initiative 2018: Green Securitisation Climate Bonds Initiative Green Securitisation: Unlocking finance for small-scale low carbon projects. Zuletzt eingesehen am 20.08.2025, unter https://www.climatebonds.net/files/documents/publications/Green-Securitisation-Unlocking-finance-for-small-scale-low-carbon-projects_2025-02-17-163147_tlok.pdf.

(CCRIF) Caribbean Catastrophe Risk Insurance Facility 2022: CCRIF Strategic Plan 2022 - 2025. Zuletzt eingesehen am 31.07.2025, unter https://www.ccrif.org/sites/default/files/publications/strategic-plans/CCRIFSPC-StrategicPlan-2022-2025_web.pdf.

Ciscar, J. C.; D. Ibarreta; A. Soria; A. Dosio; A. Toreti; A. Ceglar; D. Fumagalli; F. Dentener; R. Lecerf; A. Zucchini; L. Panarello; S. Niemeyer; I. Pérez-Domínguez; T. Fellmann; A. Kitous; J. Després; A. Christodoulou; H. Demirel; L. Alfieri; F. Dottori; M. I. Voudoukas; L. Mentaschi; E. Voukouvalas; C. Cammalleri; P. Barbosa; F. Micale; J. V. Vogt; J. I. Barredo; G. Caudullo; A. Mauri; D. de Rigo; G. Libertà; T. Houston Durrant; T. A. Vivancos; J. San-Miguel-Ayanz; S. N. Gosling; J. Zaherpour; A. de Roo; B. Bisselink; Bernhard; L. Bianchi; M. Rozsai; W. Szewczyk; I. Mongelli und L. Feyen 2018: Climate impacts in Europe: final report of the JRC PESETA III project. Zuletzt eingesehen am 20.08.2025, unter <https://data.europa.eu/doi/10.2760/93257>.

Colom, Jaume M. 2025: How green bonds are shaping the future of sustainable investment. Zuletzt eingesehen am 31.07.2025, unter <https://talkofthecities.iclei.org/sustainable-finance-and-green-bonds-in-2025-shaping-the-future-of-green-investment/>.

Corporate Finance Institute 2024: Bullet Loan. Zuletzt eingesehen am 29.07.2025, unter <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/commercial-lending/bullet-loan/>.

Cravero, Maura; Karla D. Gonzalez Esquinca und Taarika Peres 2025: Climate-resilient debt clauses: a primer for FiCS members. Zuletzt eingesehen am 29.07.2025, unter <https://www.climatepolicyinitiative.org/publication/climate-resilient-debt-clauses-a-primer-for-fics-members/>.

Dalitz, Laura; Inke Schauser und Anne von Streit 2023: Klimaanpassungsmaßnahmen bewerten – Herausforderungen und Lösungsansätze aus der Praxis. Ein Leitfaden zur integrierten Bewertung von Anpassungsmaßnahmen.

Daniela Kletzan-Slamanig; Angela Köppl; Hans Pitlik und Margit Schratzenstaller 2023: Der Finanzausgleich als Hebel zur Umsetzung der österreichischen Klimaziele. Handlungsfelder und konzeptionelle Grundlagen. Wien: Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung (WIFO).

Darley, James 2025: Allianz: How Climate Change is Unravelling Insurance Markets. Zuletzt eingesehen am 31.07.2025, unter <https://sustainabilitymag.com/articles/allianz-how-climate-change-is-unravelling-insurance-markets>.

Deckert, Sabrina 2025: Niederschlagswassergebühr: So viel kostet Regen. Zuletzt eingesehen am 05.08.2025, unter <https://www.haus.de/immobilien/immobilienrecht/niederschlagswassergebuehr-30466>.

Dehnhardt, Alexandra; Malte Welling; Steven Salecki und Josephin Wagner 2020: Kosten und Nutzen von grünen Klimaanpassungsmaßnahmen in Bremen: Kosten-Nutzen-Analyse als Entscheidungshilfe für Politik und Verwaltung.

Dellink, Rob; Elisa Lanzi und Jean Chateau 2019: The Sectoral and Regional Economic Consequences of Climate Change to 2060. In: Environmental and Resource Economics, Ausgabe 72:2, S. 309–363.

Demski, Jakub; Yingwei Dong; Patrick McGuire und Benoit Mojon 2025: Growth of the green bond market and greenhouse gas emissions. Zuletzt eingesehen am 31.07.2025, unter https://www.bis.org/publ/qtrpdf/r_qt2503d.htm.

Dépoues, Vivian; Guillaume Dolques und Morgane Nicol 2024: Anticipating the impacts of a 4°C warming: what is the cost of adaptation in France? Zuletzt eingesehen am 20.08.2025, unter <https://www.i4ce.org/en/publication/anticipating-impacts-four-degrees-warming-cost-adaptation-france-climate/>.

Deutsche Bundesbank 2019: Deutsche Schuldenbremse: zur Überwachung durch den Stabilitätsrat. Zuletzt eingesehen am 12.08.2025, unter <https://www.bundesbank.de/resource/blob/794136/2a338d75db044cd4ad876561571a8b29/472B63F073F071307366337C94F8C870/2019-04-schuldbremse-data.pdf>.

Deutsche Bundesbank 2025: Kaufkraftäquivalente historischer Beträge in deutschen Währungen. Zuletzt eingesehen am 20.08.2025, unter <https://www.bundesbank.de/resource/blob/615162/4162e577aa9cb1691714327342d6156b/472B63F073F071307366337C94F8C870/kaufkraftaequivalente-historischer-betraege-in-deutschen-waehrungen-data.pdf>.

Deutscher Bundestag 2022: Sondervermögen – die Haushalte neben dem Haushalt. Zuletzt eingesehen am 27.08.2025, unter <https://www.bundestag.de/dokumente/textarchiv/2022/kw16-sondervermoegen-890232>.

Deutscher Bundestag 2023: Anlagenkonvolut zum Kurzprotokoll der 58. Sitzung am 29. November 2023. Zuletzt eingesehen am 13.08.2025, unter <https://www.bundestag.de/resource/blob/1063288/Kurzprotokoll-58-Sitzung-Anlagenkonvolut.pdf>.

Deutscher Bundestag 2025a: Drucksache 21/779: Gesetzentwurf der Fraktionen der CDU/CSU und SPD: Entwurf eines Gesetzes zur Errichtung eines Sondervermögens Infrastruktur und Klimaneutralität (SVIKG). Zuletzt eingesehen am 29.08.2025, unter <https://dserver.bundestag.de/btd/21/007/2100779.pdf>.

Deutscher Bundestag 2025b: Etat 2025: Sondervermögen Infrastruktur und Klimaneutralität. Zuletzt eingesehen am 31.07.2025, unter <https://www.bundestag.de/presse/hib/kurzmeldungen-1098154>.

Deutscher Forstwirtschaftsrat 2021: Schäden in der Forstwirtschaft durch Extremwetterereignisse der Jahre 2018-2020 – eine ökonomische Zwischenbilanz. Zuletzt eingesehen am 05.08.2025, unter <https://www.dfwr.de/wp-content/uploads/2022/01/DFWR-Position-Schaeden-Fowi-Kurzfassung-Studie.pdf>.

Deutschlandfunk 2025: GfK: Konsumstimmung sinkt erneut - Verbraucher sparen immer mehr. Zuletzt eingesehen am 15.08.2025, unter <https://www.deutschlandfunk.de/gfk-konsumstimmung-sinkt-erneut-verbraucher-sparen-immer-mehr-102.html>.

Deutschlandfunk Kultur 2020: Ostfriesland - Im Kampf gegen die Wassermassen. Zuletzt eingesehen am 20.08.2025, unter <https://www.deutschlandfunkkultur.de/ostfriesland-im-kampf-gegen-die-wassermassen-100.html>.

DG REGIO 2025: Inforegio - Kommission verabschiedet neue Leitlinien für die Sicherung der Klimaverträglichkeit von künftigen Infrastrukturprojekten. Zuletzt eingesehen am 31.07.2025, unter https://ec.europa.eu/regional_policy/de/newsroom/news/2021/07/29-07-2021-commission-adopts-new-guidance-on-how-to-climate-proof-future-infrastructure-projects.

Di Filippo, Daniela; Mervyn Tang; Kateryna Wochner und Ben Forgacs 2021: Green Securitisation: Developments and Challenges. Zuletzt eingesehen am 08.2025, unter <https://c2e2.unepccc.org/wp-content/uploads/sites/3/2021/07/fitch-green-securitization-developments-and-challenges-15-april-2021.pdf>.

Die Zeit 2024: Klimawandel: Kommunen rechnen mit Klimaschutz Ausgaben von jährlich acht Milliarden. Zuletzt eingesehen am 20.08.2025, unter <https://www.zeit.de/wissen/umwelt/2024-07/staedtebund-klimaschutz-klimaanpassungsgesetz-ausgaben-acht-milliarden-euro>.

Döring, Thomas; Eva Gerhards und Michael Thöne 2024: Klimaansatz und mehrjährige Steuerkraft im kommunalen Finanzausgleich Nordrhein-Westfalen. Zuletzt eingesehen am 31.07.2025, unter https://www.fifo-koeln.org/images/aktuelles/2024/FiFo-Bericht_34_Klimaansatz-KFA.pdf.

Döring, Thomas; Matthias Wohltmann 2025: Massive Krise der Kommunalfinanzen. In: Wirtschaftsdienst, Ausgabe 105:8, S. 583–590.

Dottori, Francesco; Lorenzo Mentaschi; Alessandra Bianchi; Lorenzo Alfieri und Luc Feyen 2023: Cost-effective adaptation strategies to rising river flood risk in Europe. In: Nature Climate Change, Ausgabe 13:2, S. 196–202.

dpa-infocom GmbH 2017: Sturmfluten an der deutschen Ostseeküste.

Droste, Nils; Irene Ring; Christoph Schröter-Schlaack und Thomas Lenk 2017: Integrating Ecological Indicators into Federal-State Fiscal Relations: A policy design study for Germany. In: Environmental Policy and Governance, Ausgabe 27:5, S. 484–499.

(DWD) Deutscher Wetterdienst o. J.: INKAS - Informationsportal Klimaanpassung in Städten. Zuletzt eingesehen am 20.08.2025, unter <https://www.dwd.de/DE/leistungen/inkas/inkasstart.html>.

(EBA) Europäische Bankenaufsichtsbehörde 2022: Developing a framework for sustainable securitisation. Zuletzt eingesehen am 08.2025, unter https://eba.europa.eu/sites/default/files/document_library/Publications/Reports/2022/1027593/EBAR%20report%20on%20sustainable%20securitisation.pdf.

(EBRD) European Bank for Reconstruction and Development 2019: Climate Resilience Bonds / Green Bond Programme Information Template. Zuletzt eingesehen am 31.07.2025, unter [https://www.ebrd.com/content/dam/ebird_dxp/assets/pdfs/treasury/sri/Framework for Climate Resilient Bonds.pdf](https://www.ebrd.com/content/dam/ebird_dxp/assets/pdfs/treasury/sri/Framework%20for%20Climate%20Resilient%20Bonds.pdf).

(EEA) Europäische Umweltagentur 2016: Storm surge gates and flood barriers. Zuletzt eingesehen am 20.08.2025, unter <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/adaptation-options/storm-surge-gates-flood-barriers>.

(EEA) Europäische Umweltagentur 2022: Seewalls und Landungen. Zuletzt eingesehen am 20.08.2025, unter <https://climate-adapt.eea.europa.eu/de/metadata/adaptation-options/seawalls-and-jetties>.

(EEA) Europäische Umweltagentur 2025: Schwimmende oder erhöhte Straßen. Zuletzt eingesehen am 20.08.2025, unter <https://climate-adapt.eea.europa.eu/de/metadata/adaptation-options/floating-or-elevated-roads>.

Eggert, Wolfgang 2018: Definition: Gemeinschaftsaufgaben. Zuletzt eingesehen am 13.08.2025, unter <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/gemeinschaftsaufgaben-33404>.

Eggert, Wolfgang und Steffen Minter 2018: Definition: kommunaler Finanzausgleich. Zuletzt eingesehen am 03.06.2025, unter <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/kommunaler-finanzausgleich-39124>.

(EIB) Europäische Investitionsbank 2023: Germany: EIB Group and LBBW join forces to support renewable energy investment. Zuletzt eingesehen am 08.2025, unter <https://www.eib.org/en/press/all/2023-353-germany-eib-group-and-lbbw-join-forces-to-support-renewable-energy-investment>.

Environment Agency 2024: The Thames Barrier – protecting London and the Thames Estuary for 40 years. Zuletzt eingesehen am 20.08.2025, unter <https://www.gov.uk/government/news/the-thames-barrier-protecting-london-and-the-thames-estuary-for-40-years>.

Environment Agency 2025: The Thames Barrier. Zuletzt eingesehen am 20.08.2025, unter <https://www.gov.uk/guidance/the-thames-barrier>.

(EPA) Environmental Protection Agencies Network 2025: Ex-ante assessments of policies to foster successful climate change adaptation and to limit maladaptation. Policy Brief.

(ESG) Environmental, Social and Governance Initiative 2020: Uniting Disaster Risk Transfer with Sustainable Development: A Q&A with the World Bank Treasury. Zuletzt eingesehen am 30.07.2025, unter <https://esg.wharton.upenn.edu/news/uniting-disaster-risk-transfer-with-sustainable-development-a-qa-with-the-world-bank-treasury/>.

Europäische Kommission 2021: Ex-ante impact assessment of the new European strategy on adaptation to climate change.

Europäische Kommission 2022: Wiederaufbau nach Flutkatastrophe 2021: Deutschland erhält über 612 Millionen Euro aus dem EU-Solidaritätsfonds. Zuletzt eingesehen am 13.08.2025, unter https://germany.representation.ec.europa.eu/news/wiederaufbau-nach-flutkatastrophe-2021-deutschland-erhalt-uber-612-millionen-euro-aus-dem-eu-2022-12-15_de.

Europäische Kommission 2024: EU-Solidaritätsfonds: EU-Kommission schlägt 112 Millionen Euro Fluthilfe für Bayern und Baden-Württemberg vor. Zuletzt eingesehen am 11.08.2025, unter https://germany.representation.ec.europa.eu/news/eu-solidaritatsfonds-eu-kommission-schlagt-112-millionen-euro-fluthilfe-fur-bayern-und-baden-2024-10-25_de.

Europäische Union 2025a: Urban Adaptation Support Tool. Zuletzt eingesehen am 20.08.2025, unter <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/knowledge/tools/urban-ast/step-0-0>.

Europäische Union 2025b: 4.2 Conducting a cost-benefit analysis of adaptation measures. Zuletzt eingesehen am 27.03.2025, unter <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/knowledge/tools/urban-ast/step-4-2>.

European Commission: Directorate-General for Climate Action 2021: Commission Notice — Technical guidance on the climate proofing of infrastructure in the period 2021-2027. Zuletzt eingesehen am 31.07.2025, unter [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52021XC0916\(03\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52021XC0916(03)).

Evans, Steve 2023: Use cat bonds for peak German disaster risks, with state taking the tail. Zuletzt eingesehen am 31.07.2025, unter <https://www.artemis.bm/news/use-cat-bonds-for-peak-german-disaster-risks-with-state-taking-the-tail-study/>.

Evans, Steve 2024: VKB says Germany June flood loss well-below King Max cat bond attachment. Zuletzt eingesehen am 30.07.2025, unter <https://www.artemis.bm/news/vkb-says-germany-june-flood-loss-well-below-king-max-cat-bond-attachment/>.

Extrass 2024: KlimA-Lok. Zuletzt eingesehen am 20.08.2025, unter <https://klima-lok.extrass.de/>.

(EZB) Europäische Zentralbank 2024: Towards a European system for natural catastrophe risk management. Zuletzt eingesehen am 01.07.2025, unter https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/other/ecb.climateinsuranceprotectiongap_EIOPA202412~6403e0de2b.en.pdf.

(EZB) Europäische Zentralbank und (EIOPA) European Insurance and Occupational Pensions Authority 2024: Towards a European system for natural catastrophe risk management. Zuletzt eingesehen am 31.07.2025, unter https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/other/ecb.climateinsuranceprotectiongap_EIOPA202412~6403e0de2b.en.pdf.

Fedele, Giacomo; Camila I. Donatti; Celia A. Harvey; Lee Hannah und David G. Hole 2019: Transformative adaptation to climate change for sustainable social-ecological systems. In: Environmental Science & Policy, Ausgabe 101, S. 116–125.

Feiková, Kristína 2025: Scaling up finance and investment for climate change adaptation (Policy Papers, 7: OECD.

Financial Protection Forum 2021: Development of Catastrophe Bonds for Sovereign Disaster Risk Transfer. Zuletzt eingesehen am 30.07.2025, unter

- https://www.financialprotectionforum.org/sites/default/files/SECO%20Webinar%205_Presentation_V6.pdf.
- Financial Times 2025: Catastrophe bond sales hit record as insurers offload climate risks. Zuletzt eingesehen am 30.07.2025, unter <https://www.ft.com/content/fcaf9230-fed8-4d35-9626-7abec8cc95ea>.
- finanzen.net 2025: King Max RE DAC-Anleihe: 5,400 % bis 06.01.2027. Zuletzt eingesehen am 30.07.2025, unter <https://www.finanzen.net/anleihen/a3lsmh-king-max-re-dac-anleihe>.
- Fischer-Hotzel, Andrea und Nele Meyer 2024: Klimaanpassungsgesetz – alles kann, wenig muss. Zuletzt eingesehen am 02.09.2025, unter <https://difu.de/nachrichten/klimaanpassungsgesetz-alles-kann-wenig-muss>.
- Flaute, Markus; Saskia Reuschel und Christian Lutz 2024: Economic Impacts of Exemplary Climate Change and Adaptation Effects Under Different Socio-Economic Developments in Germany. In: Green and Low-Carbon Economy, Ausgabe 2:3, S. 184–192.
- Flaute, Markus; Saskia Reuschel und Britta Stöver 2022: Volkswirtschaftliche Folgekosten durch Klimawandel: Szenarioanalyse bis 2050. Studie im Rahmen des Projektes Kosten durch Klimawandelfolgen in Deutschland (GWS Research Report, 2022/02. Osnabrück: Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung (GWS).
- Forschungsstelle für Zeitgeschichte 2025: Die Sturmflut von 1962 – Schwere Katastrophe in Hamburg. Zuletzt eingesehen am 14.08.2025, unter <https://geschichtsbuch.hamburg.de/epochen/sechzigerjahre/die-sturmflut/>.
- Frankovic, Ivan; Tobias Etzel; Alexander Falter; Christian Gross; Jana Ohls; Lena Strobel und Hannes Wilke 2023: Climate transition risk stress test for the German financial system (Technical Paper, 04/2023. Frankfurt am Main: Bundesbank.
- Friedrich, Thomas; Immanuel Stieß und Antje Otto 2024a: Kommunale Klimaanpassung. Bestandsaufnahme, Einflussfaktoren und Hebelpunkte (Climate Change, 48/2024. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt (UBA).
- Friedrich, Thomas; Immanuel Stieß; Georg Sunderer; Celina Böhmer; Waldemar Murawski; Frederik Knirsch; Antje Otto; Bianca Wutzler und Annegret Thieken 2024b: Kommunalbefragung Klimaanpassung 2023. Teilbericht (Climate Change, 34/2024. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt (UBA).
- García-Herrero, Alicia und Juan Mejino-López 2024: Better braced for disaster: upgrading EU support mechanisms. Zuletzt eingesehen am 15.08.2025, unter <https://www.bruegel.org/first-glance/better-braced-disaster-upgrading-eu-support-mechanisms>.
- García-León, David; Ana Casanueva; Gabriele Standardi; Annkatrin Burgstall; Andreas D. Flouris und Lars Nybo 2021: Current and projected regional economic impacts of heatwaves in Europe. In: Nature Communications, Ausgabe 12:1, S. 5807.
- (GDV) Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V. 2022: Starkregenbilanz 2002 bis 2021: Bundesweit 12,6 Milliarden Euro Schäden. Zuletzt eingesehen am 14.08.25, unter <https://www.gdv.de/gdv/medien/medieninformationen/starkregenbilanz-2002-bis-2021-bundesweit-12-6-milliarden-euro-schaeden-137444>.
- (GDV) Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V. 2025: ZÜRS Geo” – Zonierungssystem für Überschwemmungsrisiko und Einschätzung von Umweltrisiken. Zuletzt

eingesehen am 20.08.2025, unter <https://www.gdv.de/gdv/themen/klima/-zuers-geo-zonierungssystem-fuer-ueberschwemmungsrisiko-und-einschaetzung-von-umweltrisiken-11656>.

(GDV) Gesamtverband der Versicherer 2024: Warum das französische CatNat-System keine Blaupause für Deutschland ist. Zuletzt eingesehen am 28.08.2025, unter <https://www.gdv.de/gdv/medien/medieninformationen/warum-das-franzoesische-catnat-system-keine-blaupause-fuer-deutschland-ist--178400>.

Gebhardt, Oliver; Volker Meyer; Miriam Brenck und Bernd Hansjürgens 2012: Gesellschaftliche Relevanz von Klimaanpassungsprojekten und die Beurteilung deren Wirtschaftlichkeit vom 2012.

Gerhards; Eva; Schrogl; Fabian; Thöne und Michael 2020: Tatsächliche Bedarfe: Aufgabengerechte Kommunalfinanzierung in neuem Licht (Finanzwissenschaftliche Diskussionsbeiträge, 20-7: FiFo.

Germann, Maximilian; Piotr Kusmierczyk und Christelle Puyo 2023: Results of the 2022 climate risk stress test of the Eurosystem balance sheet (ECB Economic Bulletin, 2/2023. Frankfurt am Main: Europäische Zentralbank (EZB).

Glinskis, Emmalina und Daniel Murphy 2025: How parametric insurance is building climate resilience. Zuletzt eingesehen am 24.06.2025, unter <https://www.weforum.org/stories/2025/01/what-is-parametric-insurance-and-how-is-it-building-climate-resilience/>.

González Peláez, Ana; James Daniell und Rowan Douglas 2025: Insurance and Risk Management Tools for Agriculture in the EU. Zuletzt eingesehen am 30.07.2025, unter https://www.fi-compass.eu/sites/default/files/publications/EAFRD_AGRI_Insurance_Risk_MA.pdf.

Government of Fiji 2020: Costing Methodology for Fiji's National Adaptation Plan. Zuletzt eingesehen am 27.03.2025, unter <https://napglobalnetwork.org/wp-content/uploads/2020/09/napgn-en-2020-costing-methodology-for-Fiji-NAP.pdf>.

Grohs, Stephan und Renate Reiter 2014: Kommunale Sozialpolitik. Zuletzt eingesehen am 12.08.2025, unter <https://library.fes.de/pdf-files/wiso/11017.pdf>.

Groth, M.; A.-K. Nuzum 2016: Informations- und Unterstützungsbedarf von Kommunen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels (GERICS Report, 25. Hamburg,

Grothmann, Torsten; Alexandra Dehnhardt; Josephin Wagner und Malte Welling 2021: Kosten-Nutzen-Analysen in der Klimaanpassungsplanung und -politik. Wofür sie nutzbar sind und was für ihre Nutzbarkeit wichtig ist.

Grupp, Klaus und Ulrich Stelkens o. J.: Kommunalabgabengesetze der Länder und entsprechende Regelungen der Stadtstaaten. Zuletzt eingesehen am 02.09.2025, unter https://www.saarheim.de/Gesetze_Laender/kag_laender.htm.

Guerrero-Hidalga, María; Eduardo Martínez-Gomariz; Barry Evans; James Webber; Montserrat Termes-Rifé; Beniamino Russo und Luca Locatelli 2020: Methodology to Prioritize Climate Adaptation Measures in Urban Areas. Barcelona and Bristol Case Studies. In: Sustainability, Ausgabe 12:12, S. 4807.

Haas, Jonas; Daniel Lincke; Sebastiano Bacca; Lars Honsel; Jochen Hinkel; Silvia Binet; Kees van Ginkel; Peter Jansson; Max Tesselaar; Michiel Ingels; Wouter Botzen und Jan Brusselsaers 2024: Impacts on infrastructure and built environment. Deliverable D2.1, GA number: D2.1, Funding type: RIA: Global Climate Forum (GCF); Deltares; Stichting VU.

Hallegatte, Stephane; Colin Green; Robert J. Nicholls und Jan Corfee-Morlot 2013: Future flood losses in major coastal cities. In: Nature Climate Change, Ausgabe 3:9, S. 802–806.

- Haubner, David 2009: Grenzen der Versicherbarkeit. Zuletzt eingesehen am 31.07.2025, unter https://fzk.rewi.hu-berlin.de/doc/sammelband/Grenzen_der_Versicherbarkeit.pdf.
- Hecker, Lutz P.; Frank Wätzold; Astrid Sturm; Beate Zimmermann; Sarah Kruber und Christian Hildmann 2025: Keep cool in a changing climate: an integrated modelling procedure for costeffective mitigation of rising temperatures in rural landscapes. In: Climatic Change, Ausgabe 178:5, S. 1–22.
- Heilmann, Felix; Nils Gerresheim; Levi Henze; Vera Huwe; Axel Kölschbach Ortego; Max Krahé; Christian Mölling; Sara Schulte; Sabrina Schulz; Florian Schuster; Philippa Sigl-Glückner; Joke Steinwart und Janek Steitz 2024: Was kostet eine sichere, lebenswerte und nachhaltige Zukunft? Öffentliche Finanzbedarfe für die Modernisierung Deutschlands: Dezernat Zukunft - Institut für Makrofinanzen.
- Heitfeld, Marie; Katja Thiele 2024: Wahrnehmung und Akzeptanz von Klimapolitik in Deutschland. Erkenntnisse aus der psychologischen Forschung für die Nachhaltigkeitspraxis zum Thema „Wahrnehmung“: Germanwatch.
- Hinkel, Jochen; Daniel Lincke; Athanasios T. Vafeidis; Mahé Perrette; Robert James Nicholls; Richard S. J. Tol; Ben Marzeion; Xavier Fettweis; Cezar Ionescu und Anders Levermann 2014: Coastal flood damage and adaptation costs under 21st century sea-level rise. In: Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, Ausgabe 111:9, S. 3292–3297.
- Hirschfeld, Jesko; Nina Schulze; Anna-Lena Hock; Jan Trenczek; Markus Flaute; Lukas Eiserbeck; Myrna Sandhövel; Saskia Reuschel; Oliver Lühr; Esther Hoffmann und Alexandra Dehnhardt 2021: Kostendimensionen von Klimaschäden – eine systematische Kategorisierung. Zuletzt eingesehen am 17.03.2025, unter https://www.ioew.de/publikation/kostendimensionen_von_klimaschaeden_eine_systematische_kategorisierung.
- Hölscher, Linda; Vivianne Rau; Friederike Hippe; Sophie Kaufmann und Anik Kohli 2025a: Entwicklung einer ex-ante Bewertungsmethodik für Politikinstrumente des Aktionsplan Anpassung (APA) IV: Behördenübergreifende Bewertung von Politikinstrumenten für einen wirksamen Policy Mix der deutschen Klimaanpassungsstrategie. (Climate Change. Dessau-Roßlau,
- Hölscher, Linda; Paul Schulze; Anik Kohli und Martin Peter 2025b: Ausgaben des Bundes für Anpassung an den Klimawandel. Entwicklung und Pilotierung einer Analysemethodik (Climate Change, 07/2025. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt (UBA).
- Horton, Joshua B. 2018: Parametric Insurance as an Alternative to Liability for Compensating Climate Harms. In: Carbon & Climate Law Review, Ausgabe 12:4, S. 285–296.
- HZ Insurance 2024: Parametrische Versicherungen haben es schwer. Zuletzt eingesehen am 25.06.2025, unter <https://www.handelszeitung.ch/insurance/parametrische-versicherungen-haben-es-schwer-740821>.
- IAWAK Projekt 2024: Informationsgestützte antizipative wasserhaushaltsbasierte Anpassung an den Klimawandel Elbe-Elster. Zuletzt eingesehen am 30.07.25, unter <https://www.iawak-ee.de/projekt/>.
- IHK München o. J.: Gewerbesteuer. Zuletzt eingesehen am 15.08.2025, unter https://www.ihk-muenchen.de/ratgeber/steuern/gewerbesteuer/#st_text_picture_11.
- (IM BW) Ministerium des Inneren, für Digitalisierung und Kommunen Baden-Württemberg 2024: Ministerrat beschließt zu Hochwasserhilfen nach den aktuellen Unwetterereignissen. Zuletzt eingesehen am 11.09.2025, unter <https://im.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse-und-oeffentlichkeitsarbeit/pressemitteilung/pid/ministerrat-beschliesst-zu-hochwasserhilfen-nach-den-aktuellen-unwetterereignissen>.

Infoplattform Schwammstadt o. J.: Finanzierung von Schwammstadtelementen. Zuletzt eingesehen am 05.08.2025, unter <https://sponge-city.info/werkzeuge/formelle-werkzeuge/finanzierung-von-schwammstadtelementen/>.

Initiative Volksentscheid Baum; Heinrich Strößenreuther; Lisa Junghans; Christiane Heiß; Stephan Kößler; Keno Dieckmann; Felix Mühlmann; Nina Skrobanek; Christian Barz; Jochen Tschepe; Christian Vonscheidt und Julia Pohl 2024: Maßnahmen-Reader und Kostenschätzung für das Berliner Klimaanpassungsgesetz. Zuletzt eingesehen am 20.08.2025, unter https://www.baumentscheid.de/_files/ugd/8c8e3b_88993fb554704208befd3e43f996921e.pdf.

(IPCC) Intergovernmental Panel on Climate Change 2022: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

(IPCC) Intergovernmental Panel on Climate Change 2023: Synthesis Report of the IPCC Sixth Assessment Report (AR6).

Juhola, Sirkku; Milja Heikkinen; Taru Pietilä; Fanny Groundstroem und Janina Käyhkö 2022: Connecting climate justice and adaptation planning: An adaptation justice index. In: Environmental Science & Policy, Ausgabe 136, S. 609–619.

Kahlenborn, Walter; Luise Porst; Maike Voß; Uta Fritsch; Kathrin Renner; Marc Zebisch; Mareike Wolf; Konstanze Schönthaler und Inke Schauer 2021: Klimawirkungs- und Risikoanalyse 2021 für Deutschland. Kurzfassung (Climate Change, 26/2021: Umweltbundesamt.

Kahn, Matthew E.; Kamiar Mohaddes; Ryan N. C. Ng; M. Hashem Pesaran; Mehdi Raissi und Jui-Chung Yang 2021: Long-term macroeconomic effects of climate change: A cross-country analysis. In: Energy Economics, Ausgabe 104, S. 105624.

Kaufhold, Ann-Katrin; Sonja Heitzer 2024: Rechtsfragen der gemeinsamen Finanzierung von Maßnahmen der Klimaanpassung und des Naturschutzes durch Bund und Länder. Rechtsgutachten im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV). München,

Kessler, Gregor 2025: Wie steht's um den ÖPNV in Deutschland? Zuletzt eingesehen am 13.08.2025, unter <https://www.greenpeace.de/klimaschutz/mobilitaet/staedteranking-oepnv-vergleich-zeigt-stillstand>.

Keusen, Lisa und Iva Radic-Capuani 2024: Lokale Klimafonds: Praxisleitfaden. Zuletzt eingesehen am 31.07.2025, unter https://adelphi.de/system/files/document/lokale-klimafonds_praxisleitfaden.pdf.

Keusen, Lisa; Simon Schiehle und Leonie Kattermann 2022: Grundkonzept zur Einrichtung eines lokalen Klimafonds. Zuletzt eingesehen am 31.07.2025, unter <https://www.klimaschutz.de/sites/default/files/mediathek/dokumente/Grundkonzept%20lokale%20Klimafonds.pdf>.

KfW Research 2025a: Kommunale Infrastruktur. Zuletzt eingesehen am 31.07.2025, unter <https://www.kfw.de/%C3%9Cber-die-KfW/KfW-Research/Kommunale-Infrastruktur.html>.

KfW Research 2025b: Kommunen beklagen weiter steigenden Investitionsstau. Zuletzt eingesehen am 13.08.2025, unter https://www.kfw.de/%C3%9Cber-die-KfW/Newsroom/Aktuelles/Pressemitteilungen-Details_855680.html.

Kjellstrom, Tord; R. Sari Kovats; Simon J. Lloyd; Tom Holt und Richard S. J. Tol 2009: The direct impact of climate change on regional labor productivity. In: Archives of Environmental & Occupational Health, Ausgabe 64:4, S. 217–227.

Klimaschutz Kommune 2025: Personalmangel gefährdet kommunale Daseinsvorsorge. Zuletzt eingesehen am 30.07.2025, unter <https://www.klimaschutz-kommune.de/personalmangel-kommunale-daseinsvorsorge/>.

Klodt, Frederik und Andreas Rutz 2024: Landwirtschaft im (Klima-)Wandel: Anpassungsstrategien. Zuletzt eingesehen am 29.08.2025, unter <https://www.vdi.de/news/detail/landwirtschaft-im-klimawandel-was-sind-moegliche-anpassungsstrategien>.

Knittel, Nina; Martin W. Jury; Birgit Bednar-Friedl; Gabriel Bachner und Andrea K. Steiner 2020: A global analysis of heat-related labour productivity losses under climate change—implications for Germany's foreign trade. In: Climatic Change, Ausgabe 160:2, S. 251–269.

Knittel, Nina; Max Tesselaar; W. J. Wouter Botzen; Gabriel Bachner und Timothy Tiggeloven 2024: Who bears the indirect costs of flood risk? An economy-wide assessment of different insurance systems in Europe under climate change. In: Economic Systems Research, Ausgabe 36:1, S. 131–160.

Koks, E. E.; M. Thissen; L. Alfieri; H. de Moel; L. Feyen; B. Jongman und Aerts, J C J H 2019: The macroeconomic impacts of future river flooding in Europe. In: Environmental Research Letters, Ausgabe 14:8, S. 84042.

Koks, Elco E.; Kees C. H. van Ginkel; Margreet J. E. van Marle und Anne Lemnitzer 2022: Brief communication: Critical infrastructure impacts of the 2021 mid-July western European flood event. In: Natural Hazards and Earth System Sciences, Ausgabe 22:12, S. 3831–3838.

Kompas, Tom; Ha van Pham und Tuong Nhu Che 2018: The Effects of Climate Change on GDP by Country and the Global Economic Gains From Complying With the Paris Climate Accord. In: Earth's Future, Ausgabe 6:8, S. 1153–1173.

Konzern Versicherungskammer 2024: Versicherungskammer ergänzt ihre Naturkatastrophen-Rück-versicherung erst-mals über Cat-Bond-Markt. Zuletzt eingesehen am 30.07.2025, unter <https://www.konzern-versicherungskammer.de/presse/pressemitteilungen/2024/01102024-naturkatastrophen-rueckversicherung.html>.

Kotz, Maximilian; Friderike Kuik; Eliza Lis und Christiane Nickel 2024a: Global warming and heat extremes to enhance inflationary pressures. In: Communications Earth & Environment, Ausgabe 5:1, S. 1–13.

Kotz, Maximilian; Anders Levermann und Leonie Wenz 2024b: Author Correction: The economic commitment of climate change. In: Nature, Ausgabe 631:8020, S. E9-E9.

Kousky, Carolyn 2014: Informing climate adaptation: A review of the economic costs of natural disasters. In: Energy Economics, Ausgabe 46, S. 576–592.

Kovacevic, Ivana 2024: Parametrische Versicherung der Allianz: Unterstützung gefährdeter Bevölkerungsgruppen. Zuletzt eingesehen am 22.05.2025, unter <https://www.allianz.com/de/mediencenter/news/artikel/241002-unterstuetzung-gefaehrdeter-bevoelkerungsgruppen-parametrische-versicherung-der-allianz.html>.

KPMG o. J.: Der deutsche Förderdschungel. Zuletzt eingesehen am 12.08.2025, unter <https://kpmg.com/de/de/home/themen/2024/01/der-deutsche-foerderdschungel.html>.

Kreft, Sönke; Simone Sandholz; Samet Sevet Bulut; Magdalena Mirwald und Dirk Kohler 2022: Klimarisikoversicherung: Potenziale als strategisches Instrument zur Klimaanpassung in Deutschland (Climate Change, 13/2022. Dessau-Roßlau,

Kristof, Kora; Andreas Vetter und Petra Mahrenholz 2023: Nachhaltigkeitspolitik erfolgreicher umsetzen: Entwicklung transformativer Policy Mixes am Beispiel der Klimawandelanpassung (TEXTE, 168/2023.

Landesregierung Nordrhein-Westfalen 2024: Gesetz zur Regelung der Zuweisungen des Landes Nordrhein-Westfalen an die Gemeinden und Gemeindeverbände im Haushaltsjahr 2025. Gemeindefinanzierungsgesetz 2025 - GFG 2025. Zuletzt eingesehen am 20.08.2025, unter https://recht.nrw.de/lmi/owa/br_bes_text?anw_nr=2&gld_nr=6&ugl_nr=602&bes_id=54292&aufgehoben=N&menu=0&sg=1.

Larrain Bascunan, Felipe; Dominic Molloy und Berend Sauer 2020: What are resilience bonds and how can they protect us against climate crises? Zuletzt eingesehen am 30.07.2025, unter <https://gca.org/what-are-resilience-bonds-and-how-can-they-protect-us-against-climate-crises/>.

Lehr, Ulrike; Markus Flaute; Lara Ahmann; Jesko Hirschfeld; Malte Welling und Clara Wolff 2020: Vertiefte ökonomische Analyse einzelner Politikinstrumente und Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel (Climate Change, 43/2020.

Leipe, Frank; Famke Geißler und Mark Schmidt 2024: Leitfaden zur Durchführung der Klimaverträglichkeitsprüfung in der EFRE-Förderperiode 2021 - 2027. Zuletzt eingesehen am 31.07.2025, unter https://tlubn.thueringen.de/fileadmin/000_TLUBN/Klima/Dokumente/Anpassung/Resilienz/Leitfad_en_Klimavertraeglichkeitspruefung_EFRE_TLUBN.pdf.

Lewis, Julian 2025: Green CLO plan adds to MDB securitisation push. Zuletzt eingesehen am 20.08.2025, unter <https://www.ifre.com/esg/2275985/green-clo-plan-adds-to-mdb-securitisation-push>.

López-Laborda, Julio; Andoni Montes-Nebreda und Jorge Onrubia 2023: Going green through local fiscal equalisation. Zuletzt eingesehen am 04.08.2025, unter <https://documentos.fedea.net/pubs/dt/2023/dt2023-07.pdf>.

Lübecker Nachrichten 2023: Ostsee-Sturmflut kostet Land und Kommunen 200 Millionen Euro. Zuletzt eingesehen am 20.08.2025, unter <https://www.ln-online.de/der-norden/sh-ostsee-sturmflut-kostet-land-und-kommunen-200-millionen-euro-ZBGUN5S5SVAMNHLJSWNWKG7E3E.html>.

Lühr, Oliver; Esther Dörendahl; Hagedorn und Hanne 2018: Impact Klimaanpassung. als Vorstudie zur zukünftigen praktischen Anwendung im Dialog mit Institutionen und als Handlungshilfe für regionale Akteure.

Lühr, Oliver; Robert Norpoth; Katharina Wilkskamp; Michelle Reuter; Vera Wechner; Tim Bichlmeier; Philipp Hutzenthaler; Sebastian Leininger; Jesko Hirschfeld und Tarin Karzai 2024: Umweltwirtschaftsbericht 2024. Düsseldorf: Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen.

Lutz, C.; S. Reuschel; B. Stöver; L. Becker; A. Kemmler; L. Eiserbeck; V. Leuschner und J. Limbers 2025a: Szenarien der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung in Deutschland im Kontext von Klimaschutz, Klimawandel und Klimaanpassung. Endbericht zum Forschungsauftrag „Auswirkungen des Klimawandels, des Klimaschutzes und der Klimaanpassung auf die gesamtwirtschaftliche Entwicklung in Deutschland (FA 05/22)“. Osnabrück,

Lutz, Christian; Lisa Becker; Andreas Kemmler; Saskia Reuschel; Lukas Sander und Britta Stöver 2025b: Macroeconomic Impacts of Climate Change, Climate Adaptation, and Climate Mitigation in Germany. In: Sustainability, Ausgabe 17:13, S. 6175.

Mahrenholz, Petra; Jörg Knieling; Andrea Knierim; Grit Martinez; Heike Molitor und Sonja Schlipf 2017: Optionen zur Weiterentwicklung von Anpassungsstrategien. In: Brasseur, Guy P.; Jacob, Daniela; Schuck-Zöller, Susanne (Hrsg.): Klimawandel in Deutschland. Entwicklung, Folgen, Risiken und Perspektiven.s.l.: s.n.

Marsh GmbH 2025: Parametrische Versicherungen. Zuletzt eingesehen am 24.06.2025, unter <https://www.marsh.com/de/services/international-placement-services/insights/parametric-insurance.html>.

Mazzai, Alessandra 2024: Revolutionizing climate adaptation financing: The untapped potential of private investment in resilience. Zuletzt eingesehen am 31.07.2025, unter <https://www.climateforesight.eu/articles/revolutionizing-climate-adaptation-financing-the-untapped-potential-of-private-investment-in-resilience/>.

Mertens, D.; P. Vermeulen; O. van den Kerckhove; B. Fremault und K. Couderé 2013: Verkenning van de federale bijdrage aan een coherent beleid inzake klimaatadaptatie. Federale Overheidsdienst Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu.

Metropolregion Nürnberg o. J.: Hier ist dein Ort für mehr Nachhaltigkeit in unserer Region. Zuletzt eingesehen am 31.07.2025, unter <https://unser-klimafonds.de/>.

(MKUEM) Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie und Mobilität des Landes Rheinland-Pfalz 2024: 103. Umweltministerkonferenz am 29. November 2024 in Bad Neuenahr-Ahrweiler - endgültiges Ergebnisprotokoll. Zuletzt eingesehen am 21.03.2025, unter https://www.umweltministerkonferenz.de/documents/103_umk_endgueltiges_ergebnisprotokoll_19122024_1734639947.pdf.

Motlagh, Farinaz; Sara Hamideh; Megan Gallagher; Guirong Yan und John W. van de Lindt 2024: Bonds for disaster resilience: A review of literature and practice. In: International Journal of Disaster Risk Reduction, Ausgabe 104, S. 104318.

(MU) Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz 2022: 99. Umweltministerkonferenz am 25. November 2022 in Goslar - Ergebnisprotokoll. Zuletzt eingesehen am 24.03.2025, unter https://www.umweltministerkonferenz.de/documents/ergebnisprotokoll-99-umk-stand-12122022_1670952068.pdf.

(MWFK) Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Brandenburg 2024: Bis zu 55 Millionen Euro für Maßnahmen zur Klimaanpassung. Zuletzt eingesehen am 02.09.2025, unter <https://mwfk.brandenburg.de/mwfk/de/service/pressemitteilungen/ansicht/~15-02-2024-foerderrichtlinie-klimawandel-anpassung>.

(MWIKE) Ministerium für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen o.J.: Klimaanpassung.Kommunen.NRW. Zuletzt eingesehen am 02.09.2025, unter <https://www.efre.nrw/einfach-machen/foerderung-finden/klimaanpassungskommunenrw>.

Naturkapital Deutschland – TEEB DE 2012: Der Wert der Natur für Wirtschaft und Gesellschaft – Eine Einführung. München: ifuplan.

Navarro-Martin, Miguel 2024: Climate Resilient Debt Clause (CRDC). Zuletzt eingesehen am 29.07.2025, unter <https://thedocs.worldbank.org/en/doc/6857abe91ef32973cfab7f689e9f00fe-0340012023/original/CRDC-Product-note-EN.pdf>.

Neininger, Meris 2025: Eine Pflichtversicherung ist nicht DIE Lösung. Zuletzt eingesehen am 31.07.2025, unter <https://www.versicherungsmagazin.de/rubriken/branche/eine-pflichtversicherung-ist-nicht-die-loesung-3445102.html>.

Nguyen, Tristan 2009: Versicherbarkeit von Katastrophenrisiken und staatliche Risikoübernahme. In: Wirtschaftspolitische Blätter : österreichische Zeitschrift für Wirtschaftspolitik, Ausgabe 56:1, S. 1–21.

Nodorf, Nina 2022: Terrorversicherung: Staatsgarantie für Extremus Versicherungs-AG bis 31.12.2024 verlängert. Zuletzt eingesehen am 31.07.2025, unter <https://www.visma.de/terrorversicherung-staatsgarantie-fuer-extremus-versicherungs-ag-bis-31-12-2024-verlaengert/?print=print>.

Oberpriller, Quirin; Caspar Esche; Michel Zimmermann; Jürg Füssler; Martin Peter; Linda Hölscher; Bianca Reichel und Friederike Hippe 2025: Schäden des Klimawandels schätzen: Konzept für ein nationales Schadenskataster. Zuletzt eingesehen am 20.03.2025, unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/06_2025_cc.pdf.

OECD 2024: Adapting intergovernmental fiscal transfers for the future, OECD Working Papers on Fiscal Federalism, No. 49, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/6389ca23-en>.

Orlov, Anton; Jana Sillmann; Kristin Aunan; Tord Kjellstrom und Asbjørn Aaheim 2020: Economic costs of heat-induced reductions in worker productivity due to global warming. In: Global Environmental Change, Ausgabe 63, S. 102087.

Ossenbrink, Nils 2025: Von der Krise zum Vertrauen: Cat Bonds und ESG als Säulen der finanziellen Resilienz. Zuletzt eingesehen am 30.07.2025, unter <https://ic-icf.com/wp-content/uploads/2025/05/202505-SIS-Summit-Nils-Ossenbrink-presentation.pdf>.

Owen, Gigi 2020: What makes climate change adaptation effective? A systematic review of the literature. In: Global Environmental Change, Ausgabe 62, S. 102071.

Pannicke-Prochnow, Nadine; Christopher Krohn; Juliane Albrecht; Karin Thinius; Uwe Ferber und Karl Eckert 2021: Bessere Nutzung von Entsiegelungspotenzialen zur Wiederherstellung von Bodenfunktionen und zur Klimaanpassung.

Parrado, Ramiro; Francesco Bosello; Elisa Delpiazzi; Jochen Hinkel; Daniel Lincke und Sally Brown 2020: Fiscal effects and the potential implications on economic growth of sea-level rise impacts and coastal zone protection. In: Climatic Change, Ausgabe 160:2, S. 283–302.

Parrado, Ramiro; Francesco Bosello und Gabriele Standardi 2021: Macroeconomic assessment of Climate Change Impacts: Zenodo.

Peter, Martin; Madeleine Guyer; Jürg Füssler; Birgit Bednar-Friedl; Nina Knittel; Gabriel Bachner; Reimund Schwarze und Moritz von Unger 2020: Impact CHAIN: Folgen des globalen Klimawandels für Deutschland (Climate Change, 15/2020. Dessau-Roßlau: UBA.

Piontek, Franziska; Laurent Drouet; Johannes Emmerling; Tom Kompas; Aurélie Méjean; Christian Otto; James Rising; Bjoern Soergel; Nicolas Taconet und Massimo Tavoni 2021: Integrated perspective on translating biophysical to economic impacts of climate change. In: Nature Climate Change, Ausgabe 11:7, S. 563–572.

Pollak, Marc-Steffen 2024: Steigende Nachfrage nach parametrischen Versicherungen. Zuletzt eingesehen am 25.06.2025, unter <https://www.marsh.com/de/services/international-placement-services/insights/parametric-insurance/increasing-demand-for-parametric-insurance.html>.

Ponzel, Christian 2022: Staatsgarantie für Terrorversicherung verlängert. Zuletzt eingesehen am 31.07.2025, unter <https://www.gdv.de/gdv/medien/medieninformationen/staatsgarantie-fuer-terrorversicherung-verlaengert--111440>.

Pycroft, Jonathan; Jan Abrell und Juan-Carlos Ciscar 2016: The Global Impacts of Extreme Sea-Level Rise: A Comprehensive Economic Assessment. In: Environmental and Resource Economics, Ausgabe 64:2, S. 225–253.

Qadir, Ujala; Kamlesh Pillay; Anna Creed; Bridget Boule; Krista Tukiainen; Olumide Lala; Dominic Molloy; Jennifer Jacobowitz Rae und Maria Tapia 2021: Green Bonds for Climate Resilience. Zuletzt eingesehen am 31.07.2025, unter https://gca.org/wp-content/uploads/2021/10/Green-Bonds-for-Climate-Resilience_State-of-Play-and-Roadmap-to-Scale.pdf.

Raffer, Christian 2023: Kommunale Investitionen in Klimaschutz und -anpassung: finanzielle Dimensionen und Rolle der Kämmereien. Sondergutachten im Rahmen des KfW-Kommunalpanels (Difu Impulse, 04/2023. Berlin: Deutsches Institut für Urbanistik (Difu).

Ramboll Deutschland GmbH 2024: Klimaverträglichkeitsprüfung von Infrastrukturinvestitionen (Säule Klimaresilienz) im EFRE-Programm Baden-Württemberg 2021 – 2027. Zuletzt eingesehen am 31.07.2025, unter https://2021-27.efre-bw.de/wp-content/uploads/Praesentation-Saeule-2_KVP_Informationsveranstaltung_28.02.2024_oM.pdf.

Regenwasseragentur Berlin o. J.: Entsiegelung. Zuletzt eingesehen am 18.08.2025, unter <https://regenwasseragentur.berlin/inspirieren-lassen/ratgeber/entsiegelung/>.

RegiKlim o.J.: RegiKlim - regionale Informationen zum Klimahandeln. Zuletzt eingesehen am 20.08.2025, unter <https://ms.hereon.de/regiklim/>.

Reitmeier, Lea 2024: What role do catastrophe bonds play in managing the physical risks from climate change? Zuletzt eingesehen am 31.07.2025, unter <https://www.lse.ac.uk/granthaminstitute/explainers/what-role-do-catastrophe-bonds-play-in-managing-the-physical-risks-from-climate-change/>.

Reitmeier, Lea; Denyse S. Dookie und Viktor Rözer 2025: Financing the unpredictable: What role could sovereign catastrophe bonds play in disaster risk management? Zuletzt eingesehen am 30.07.2025, unter https://cetex.org/wp-content/uploads/2025/02/Financing-the-unpredicableable_sovereign-catastrophe-bonds_disaster-risk-management.pdf.

Roson, Roberto; Martina Sartori 2016: Estimation of Climate Change Damage Functions for 140 Regions in the GTAP 9 Database. In: Journal of Global Economic Analysis, Ausgabe 1:2, S. 78–115.

Ruppert, Jasper 2021: So funktioniert der EU-Solidarfonds bei Naturkatastrophen. Zuletzt eingesehen am 11.08.2025, unter <https://www.br.de/nachrichten/deutschland-welt/eu-unterstuetzung-bei-naturkatastrophen-was-deutschland-bekam,SdhObcJ>.

Sander, Lukas; Madeleine Brodka; Stina-Marie Lorenz und Paulin Zahn 2025: Klimaangepasste Gebäude. Zukunftssicherheit und Wachstumschance für die Bauwirtschaft. Düsseldorf,

Schade, W.; A. A. Khanna; S. Mader; M. Streif; T. Abkai; C. de Stasio; F. Fermi; D. Bielanska; C. Deidda; W. Thiery und S. Maatsch 2024: Support study on the climate adaptation and cross-border investment needs to realise the TEN-T network. Report on behalf of the European Commission: European Commission.

Schanze, Jochen; Artem Korzhenevych; Sebastian Bartel; Christian Kind und Katharina Sartison 2017: Handlungsansätze kleinerer und/oder finanzschwacher Kommunen zur Anpassung an den

Klimawandel und den gesellschaftlichen Wandel. Zuletzt eingesehen am 12.08.2025, unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021-05-19_texte_01-2021_handlungsspielraeume_kommunen.pdf.

Schep, Arjen; Anneke Monsma und Robert Kastelein 2022: Addressing Climate Change and Environmental Damage with the Law. In: Erasmus Law Review, Ausgabe 15:3, S. 240–249.

Scherf, Wolfgang 2023: Steuerkraftmessung im kommunalen Finanzausgleich (Finanzwissenschaftliche Arbeitspapiere, 111: Justus-Liebig-Universität Gießen, Fachbereich Wirtschaftswissenschaften.

Schier, Susanne 2024: „Cat Bonds“: Versicherungskammer legt die erste Katastrophenanleihe auf. Zuletzt eingesehen am 30.07.2025, unter <https://www.handelsblatt.com/finanzen/banken-versicherungen/versicherer/cat-bonds-versicherungskammer-legt-die-erste-katastrophenanleihe-auf/100004474.html>.

Schünemann, Christoph; Elena Reger und Hendrik herold 2024: Machbarkeitsstudie: Modellierung von Anpassungsmaßnahmen: Akteure, Entscheidungen und Wirksamkeit. Qualitative und quantitative Systemmodellierungen zur Analyse der Lenkungswirkung von Politikinstrumenten (Climate Change, 32/2024.

Schweizerische Eidgenossenschaft 2020: Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz. Aktionsplan 2020–2025. Bern,

(SenMVKU) Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt o. J.: Berliner Programm für Nachhaltige Entwicklung (BENE 2) – Förderschwerpunkt 4: Anpassung an den Klimawandel. Zuletzt eingesehen am 02.09.2025, unter <https://www.berlin.de/sen/uvk/umwelt/foerderprogramme/bene/foerderperiode-2021-2027/foerderschwerpunkte/anpassung-an-den-klimawandel/>.

Shi, Linda; Eric Chu; Isabelle Anguelovski; Alexander Aylett; Jessica Debats; Kian Goh; Todd Schenk; Karen C. Seto; David Dodman; Debra Roberts; J. Timmons Roberts und Stacy D. VanDeveer 2016: Roadmap towards justice in urban climate adaptation research. In: Nature Climate Change, Ausgabe 6:2, S. 131–137.

Sivaprasad, Dave; Ian Tan und Varad Pande 2024: Climate adaptation and resilience needs more innovative funding – here's how to design financing to unlock it. Zuletzt eingesehen am 30.07.2025, unter <https://www.weforum.org/stories/2024/02/climate-adaptation-and-resilience-innovative-funding/>.

Söder, Mareike; Michael Berg-Mohnicke; Marlene Bittner; Stefan Ernst; Til Feike; Cathleen Frühauf; Burkhard Golla; Clemens Jänicke; Christian Jorzig; Thomas Leppelt; Marco Liedtke; Markus Möller; Claas Nendel; Frank Offermann; Ludwig Riedesel; Vanya Romanova; Jonas Schmitt; Susanne Schulz; Diana-Maria Seserman und Ashifur Rahman Shawon 2022: Klimawandelbedingte Ertragsveränderungen und Flächennutzung (KlimErtrag) (Thünen Working Paper, 198. Braunschweig: Thünen-Institut.

Sowers, Serena und Aaron Michel 2022: Parametric Insurance: Shaping the Future of Public Sector Resilience with Data and Technology. Zuletzt eingesehen am 25.06.2025, unter <https://esg.wharton.upenn.edu/climate-center/parametric-insurance-shaping-the-future-of-public-sector-resilience-with-data-and-technology/>.

Stabilitätsrat o. J.a: Haushaltsüberwachung zur Vermeidung von Haushaltsnotlagen. Zuletzt eingesehen am 12.08.2025, unter https://www.stabilitaetsrat.de/DE/Aufgaben/Haushaltsueberwachung%20zur%20Vermeidung%20von%20Haushaltsnotlagen/Haushaltsueberwachung_node.html.

Stabilitätsrat o. J.b: Stabilitätsrat - Aufgaben. Zuletzt eingesehen am 12.08.2025, unter https://www.stabilitaetsrat.de/DE/Aufgaben/Aufgaben_node.html.

Stadt Dortmund o. J.: Förderprogramm zum Schutz vor Hochwasser und Überflutungen. Zuletzt eingesehen am 05.08.2025, unter <https://www.dortmund.de/themen/umwelt-nachhaltigkeit-und-klimaschutz/regenwasser/starkregen-und-hochwasser/foerderprogramm-zum-schutz-vor-hochwasser-und-%C3%BCberflutungenc/>.

Stadt Essen 2023: Integriertes Klimafolgenanpassungskonzept für die Stadt Essen.

Stadt Göttingen o. J.: Förderung KlimaFonds. Zuletzt eingesehen am 31.07.2025, unter <https://nachhaltigkeit.goettingen.de/welche-unterstuetzung-gibt-es-/foerderung-klimafonds/>.

Stadt Jena o.J.: JELKA. Zuletzt eingesehen am 27.03.2025, unter <https://www.jenkas.de/index.php/jelka>.

Stadt Jena 2012: Handbuch Klimawandelgerechte Stadtentwicklung für Jena.

Stadt Münster 2019: Handlungskonzept Klimaanpassung 2030 für Münster.

Stadt Neuwied 2024: Entsiegelungs- und Begrünungskonzept. Klimaanpassung in der Neuwieder Innenstadt.

Stadt Passau 2024: Umweltausschuss berät über Förderprogramm zum dezentralen Hochwasserschutz. Zuletzt eingesehen am 05.08.2025, unter <https://www.passau.de/aktuelles/alle-nachrichten-aus-passau/2024/umweltausschuss-beraet-ueber-foerderprogramm-zum-dezentralen-hochwasserschutz/>.

Stadt Singen 2024: Klimawandelanpassungskonzept für die Stadt Singen (Hohentwiel).

Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2024: Gebäude (Gebietsstand 15.05.2022): Baujahr (Jahrzehnte). Zuletzt eingesehen am 08.2025, unter <https://ergebnisse.zensus2022.de/datenbank/online/statistic/3000G/table/3000G-1002>.

Statistisches Bundesamt 2023: Zensusdatenbank: Gebäude (Gebietsstand 15.05.2022). Zuletzt eingesehen am 04.08.2025, unter <https://ergebnisse.zensus2022.de/datenbank/online/statistic/3000G/details>.

Statistisches Bundesamt 2025: Kommunen verzeichnen im Jahr 2024 Rekorddefizit von 24,8 Milliarden Euro. Zuletzt eingesehen am 12.08.2025, unter https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2025/04/PD25_126_71137.html.

Stade, Jörg 2025: Wie viel Bürgergeld braucht der Klimaschutz? Zuletzt eingesehen am 05.08.2025, unter <https://www.klimareporter.de/gesellschaft/wie-viel-buergergeld-braucht-der-klimaschutz>.

Steiger, Florian 2024: Cat Bonds: Natürliche Diversifikation bei hoher Verzinsung (Gastbeitrag). Zuletzt eingesehen am 30.07.2025, unter <https://www.vpbank.com/de/vpfundsolutions/news/2024/cat-bonds-natuerliche-diversifikation-bei-hoher-verzinsung>.

(StMI) Bayerisches Staatsministerium des Innern, für Sport und Integration o. J.: Ausstattung und Finanzierung im Katastrophenschutz. Zuletzt eingesehen am 11.09.2025, unter <https://www.stmi.bayern.de/a-z/anzeigen/katastrophenschutz-ausstattung-und-finanzierung/>.

(StMUV) Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz 2021: Klimaanpassung in Bayern. Handbuch zur Umsetzung.

(StMWi) Bayrisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie o. J.: Hochwasserschutz und Hinweiskarte zu Geogefahren. Zuletzt eingesehen am 02.09.2025, unter <https://www.efre-bayern.de/foerderung/foerderbereich-2-klima-und-umweltschutz/hochwasserschutz-und-georisikenkarte/>.

(StMWi) Bayrisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie 2020: Staatliche Leistungen bei Naturgefahren. Zuletzt eingesehen am 31.07.2025, unter <https://www.stmwi.bayern.de/wirtschaft/elementarschadenversicherung/staatliche-leistungen-bei-naturgefahren/>.

Szewczyk, W.; L. Feyen; A. Matei; J.C Ciscar; E. Mulholland und A. Soria 2020: Economic analysis of selected climate impacts: JRC PESETA IV project : Task 14. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

Szewczyk, Wojciech; Ignazio Mongelli und Juan-Carlos Ciscar 2021: Heat stress, labour productivity and adaptation in Europe—a regional and occupational analysis. In: Environmental Research Letters, Ausgabe 16:10, S. 105002.

tagesschau.de 2024: Kommunen wollen Klimaschutz-Finanzierung im Grundgesetz verankern. Zuletzt eingesehen am 27.03.2025, unter <https://www.tagesschau.de/inland/innenpolitik/klimawandel-finanzierung-100.html>.

tagesschau.de 2025: Deutsches Staatsdefizit überraschend gestiegen. Zuletzt eingesehen am 31.07.2025, unter <https://www.tagesschau.de/wirtschaft/konjunktur/staatsdefizit-schulden-steuern-zinsen-100.html>.

Teebken, Julia 2024: Vulnerability locked in. On the need to engage the outside of the adaptation box. In: Global Environmental Change, Ausgabe 85, S. 102807.

Thöne, Michael und Jens Bullerjahn 2020: Gemeindefinanzen und kommunaler Finanzausgleich in Deutschland. Zuletzt eingesehen am 12.08.2025, unter <https://www.dstgb.de/themen/europa-und-internationales/aktuelles/kommunalfinanzen-in-deutschland-entwicklungszusammenarbeit/giz-kommunaler-finanzausgleich.pdf?cid=5vr>.

Trenczek, Jan; Oliver Lühr; Lukas Eiserbeck; Myrna Sandhövel und Dorothee Ibens 2022: Schäden der Dürre- und Hitzeextreme 2018 und 2019. Zuletzt eingesehen am 15.08.2025, unter https://www.prognos.com/sites/default/files/2022-07/Prognos_KlimawandelfolgenDeutschland_Detailuntersuchung%20Hitzesommer%2018_19_AP2_3a_.pdf.

(TSI) True Sale International und Bankenverband 2024: A strong, competitive Europe: unlocking the potential of securitisation. Zuletzt eingesehen am 08.2025, unter https://bankenverband.de/sites/default/files/medien/4/dokumente/report_tf_securitisation_web.pdf.

(TUM) Technische Universität München o. J.: Risk Analysis Tool (RAT). Zuletzt eingesehen am 20.08.2025, unter <https://www.cee.ed.tum.de/en/era/software/risk-analysis-tool-rat/>.

Twelve Securis und J. Safra Sarasin 2025: Twelve Cat Bond Fund. Zuletzt eingesehen am 30.07.2025, unter https://www.dpn-online.com/wp-content/uploads/2025/06/dpn-Campus-5_Praesi_Sarasin.pdf.

(UBA) Umweltbundesamt 2021: Klimaanpassung jetzt gesetzlich verankern. Zuletzt eingesehen am 19.08.2025, unter <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klimaanpassung-jetzt-gesetzlich-verankern>.

(UBA) Umweltbundesamt 2022a: 3.5 Wie können Sie Maßnahmen analysieren und priorisieren? Zuletzt eingesehen am 27.03.2025, unter <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/anpassung-an-den-klimawandel/werkzeuge-der-anpassung/klimalotse/3-ziele-massnahmen/35-wie-finanzieren-sie-massnahmen#undefined>.

(UBA) Umweltbundesamt 2022b: Die Risiken des Klimawandels für Deutschland. Zuletzt eingesehen am 29.07.2025, unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/2022_fachbroschüre_die_risiken_des_klimawandels_fur_deutschland_220218.pdf.

(UBA) Umweltbundesamt 2022c: Klimafolgen: Handlungsfeld Finanz- und Versicherungswirtschaft. Zuletzt eingesehen am 31.07.2025, unter <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/folgen-des-klimawandels/klimafolgen-deutschland/klimafolgen-handlungsfeld-finanz>.

(UBA) Umweltbundesamt 2023a: BAU-I-1 + 2: Wärmebelastung in Städten und Sommerlicher Wärmeinseleffekt. Zuletzt eingesehen am 07.08.2025, unter https://www.umweltbundesamt.de/monitoring-zur-das/handlungsfelder/bauwesen/bau-i-1_bau-i-2/indikator#bau-i-1-warmebelastung-in-stadten-fallstudie.

(UBA) Umweltbundesamt 2023b: Klimalotse-Vorlage: Maßnahmenblätter. Zuletzt eingesehen am 20.02.2023, unter <https://www.umweltbundesamt.de/dokument/klimalotse-vorlage-massnahmenblaetter>.

(UNDRR) United Nations Office for Disaster Risk Reduction 2017: Definition: Build back better. Zuletzt eingesehen am 15.08.2025, unter <https://www.undrr.org/terminology/build-back-better>.

(UNICEF) Kinderhilfswerk der Vereinten Nationen 2024: Innovative financing for a safer future: reshaping cyclone resilience and child-responsive disaster management. Year 1 Results of the Today and Tomorrow Initiative. New York: UNICEF.

Vaijhal, Shalini; James Rhodes 2018: Resilience Bonds: a business-model for resilient infrastructure. In: Field Actions Science Reports. The journal of field actions, Ausgabe Special Issue 18, S. 58–63.

Vaijhal, Shalini; James Rhodes 2019: Conservation Investment Blueprints: Resilience Bonds: re: focus partners.

Vandentorren, S.; P. Bretin; A. Zeghnoun; L. Mandereau-Bruno; A. Croisier; C. Cochet; J. Ribéron; I. Siberan; B. Declercq und M. Ledrans 2006: August 2003 Heat Wave in France: Risk Factors for Death of Elderly People Living at Home. In: European Journal of Public Health, Ausgabe 16, S. 583–591.

(VDB) Verband Deutscher Bürgschaftsbanken e.V. o. J.: Was sind Bürgschaftsbanken? Zuletzt eingesehen am 05.08.2025, unter https://vdb.ermoeglicher.de/media/documents/Flyer_Buergschaftsbanken.pdf.

(VDI) Verband Deutscher Ingenieure 2024: Fachkräftemangel bedroht Umbau zu einer nachhaltigen Industrie. Zuletzt eingesehen am 29.08.2025, unter <https://www.vdi.de/news/detail/fachkraeftemangel-bedroht-transformation-zu-einer-nachhaltigen-industrie>.

Verband öffentlicher Versicherer 2022: Öffentliche Versicherer richten solidarischen Naturkatastrophen-Schadenpool ein. Zuletzt eingesehen am 01.07.2025, unter <https://www.voev.de/aktuelles/oeffentliche-versicherer-richten-solidarischen-naturkatastrophen-schadenpool-ein/>.

Verband öffentlicher Versicherer 2025: SV SparkassenVersicherung platziert erfolgreich ihren ersten Cat-Bond. Zuletzt eingesehen am 30.07.2025, unter <https://www.voev.de/aktuelles/sv-sparkassenversicherung-platziert-erfolgreich-ihren-ersten-cat-bond/>.

Verheyen, Roda und Johannes Franke 2025: Kurzgutachten Schuldenbremse, Sondervermögen und Gemeinschaftsaufgabe Klimaschutz. Zuletzt eingesehen am 12.08.2025, unter https://germanzero.de/gz-media/pages/assets/d75effd474-1741802650/verheyen_gutachten_sondervermogen_gemeinschaftsaufgabe_klimaschutz_germanzero.pdf.

Versicherungswirtschaft heute 2025: ZEV: "Elementarschadenversicherung gehört in den Koalitionsvertrag". Zuletzt eingesehen am 31.07.2025, unter <https://versicherungswirtschaft-heute.de/politik-und-regulierung/2025-03-11/zev-elementarschadenversicherung-gehört-in-den-koalitionsvertrag/>.

VKU 2025: Ermittlung des Investitions-und Finanzierungsbedarfs für den zweiten Lebenszyklus der Wasserversorgungs-, Abwasserentsorgungsnetze und -anlagen in den nächsten 10 bzw. 20 Jahren. Zuletzt eingesehen am 08.2025, unter https://www.vku.de/fileadmin/user_upload/Verbandsseite/Landingpages/Wassergutachten/Positionspapier/VKU_Positionspapier_Infrastruktur_RZ.pdf.

Völker, Vera; Moritz Ochsmann und Elena Plank 2024: Fit für die interkommunale Klimaanpassung. Rolle und Bedeutung für Landkreise: Zentrum KlimaAnpassung (ZKA).

Vousdoukas, Michalis I.; Lorenzo Mentaschi; Evangelos Voukouvalas; Martin Verlaan und Luc Feyen 2017: Extreme sea levels on the rise along Europe's coasts. In: Earth's Future, Ausgabe 5:3, S. 304–323.

Wachter, Philipp; Benjamin Gugel; Angelika Paar; Tanja Kenkmann; Kirsten Wiegmann und Lizzi Sieck 2024: Kommunale Klimaschutzambitionen zielführend ausgestalten – Orientierungsrahmen für wirksame Klimaschutz-Zielstellungen in Kommunen (Climate Change, 55/2024: UBA).

Wagner, Fred 2018a: Definition: Basisrisiko. Zuletzt eingesehen am 30.07.2025, unter <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/basisrisiko-52528>.

Wagner, Fred 2018b: Definition: Cat Bonds. Zuletzt eingesehen am 30.07.2025, unter <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/cat-bonds-52153>.

Watersnood Museum o. J.: Eastern Scheldt Storm Surge Barrier. Zuletzt eingesehen am 20.08.2025, unter <https://watersnoodmuseum.nl/en/water-knowledge/learn-about-water-safety/articles/eastern-scheldt-storm-surge-barrier>.

Watkiss, Paul 2022: The Costs of Adaptation, and the Economic Costs and Benefits of Adaptation in the UK. Policy Paper. Zuletzt eingesehen am 20.08.2025, unter <https://www.theccc.org.uk/wp-content/uploads/2023/01/The-Costs-of-Adaptation-and-the-Economic-Costs-and-Benefits-of-Adaptation-in-the-UK-Paul-Watkiss.pdf>.

Wei, Taoyuan; Asbjørn Aaheim 2023: Climate change adaptation based on computable general equilibrium models – a systematic review. In: International Journal of Climate Change Strategies and Management, Ausgabe 15:4, S. 561–576.

Winter, Steffen 2003: Hochwasser-Profiteure: Die Flut als Geldsegen. Zuletzt eingesehen am 20.08.2025, unter <https://www.spiegel.de/politik/deutschland/hochwasser-profiteure-die-flut-als-geldsegen-a-259915.html>.

Wissenschaftliche Dienste des Deutschen Bundestages 2023: Kurzinformation: Zum Zweck des Klima- und Transformationsfonds (KTF). Zuletzt eingesehen am 29.08.2025, unter <https://www.bundestag.de/resource/blob/959550/b86145992801f4876d2e23b53c1be3b4/WD-8-047-23-pdf-data.pdf>.

Wissenschaftliche Dienste des Deutschen Bundestages 2025: Verteilungsschlüssel für die Gewährung von Bundesmitteln. Zuletzt eingesehen am 11.08.2025, unter <https://www.bundestag.de/resource/blob/1064482/d8129ce5c89c1f865c3b19314dd0cf25/WD-4-012-25-pdf.pdf>.

Wohltmann, Matthias 2018: Konnexitätsprinzip: Handwörterbuch der Stadt- und Raumentwicklung. Hannover: Akademie für Raumforschung und Landesplanung.

World Bank 2022: Building Sovereign Financial Resilience in Middle-Income Countries: Factsheet 5 (English). Zuletzt eingesehen am 30.07.2025, unter <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099050306222242278/pdf/P1637800d3753c0f60be4a03472b063ccf0.pdf>.

Zacharias, Stefan und Christina Koppe 2015: Einfluss des Klimawandels auf die Biotropie des Wetters und die Gesundheit bzw. die Leistungsfähigkeit der Bevölkerung in Deutschland. Zuletzt eingesehen am 15.08.2025, unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/ug_06_2015_einfluss_des_klimawandels_auf_die_biotropie_des_wetters_0.pdf.

ZDFheute 2025: Krankenkassen-Krise: DAK-Chef Storm spricht von dramatischer Lage. Zuletzt eingesehen am 14.08.2025, unter <https://www.zdfheute.de/politik/deutschland/krankenkassen-finanzen-dak-storm-100.html>.

(ZEV) Zentrum für Europäischen Verbraucherschutz e.V. 2023: Studie: Das französische System der Elementarschadenversicherung. Zuletzt eingesehen am 31.07.2025, unter https://www.cec-zev.eu/fileadmin/Media/PDF/publications/Etudes-Rapports_DE/Studie_Elementarschadenversicherung_Frankreich_ZEV.pdf.

(ZKA) Zentrum KlimaAnpassung o.J.: Beruf Klimaanpassungsmanager*in. Zuletzt eingesehen am 30.07.2025, unter <https://zentrum-klimaanpassung.de/wissen/beruf-klimaanpassungsmanagerin/beruf-klimaanpassungsmanagerin>.

(ZUG) Zukunft-Umwelt-Gesellschaft 2021: Merkblatt zur Förderung von Maßnahmen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels. Förderschwerpunkt A.1: Erstellung eines Nachhaltigen Anpassungskonzepts (Erstvorhaben).

Anhang A: Steckbriefe innovativer Finanzierungsmechanismen

7.1 Erhebung (lokaler) Abgaben für Klimaschutz und -anpassung

Einordnung: neues Instrument/Erweiterung eines bestehenden Instruments?

Neues Instrument, das bestehende Ansätze aufgreift.

Definition und Grundprinzip

Die zunehmenden Herausforderungen des Klimawandels erfordern erhebliche Investitionen in die kommunale Klimaanpassung. Angesichts der besonderen Bedeutung lokaler Maßnahmen zur Bewältigung der Klimakrise (Brand et al. 2023) stehen Kommunen vor der Aufgabe, zusätzliche Finanzierungsquellen zu erschließen. Lokale Abgaben für Klimaanpassung bieten hierzu einen Ansatz, der den finanziellen Spielraum der Kommunen zur Finanzierung von Anpassungsmaßnahmen vergrößert. Die Erhebung der Abgaben muss dabei nicht zwingend dem Verursacherprinzip folgen, das im Kontext überregionaler Klimarisiken ohnehin schwierig erfassbar wäre, sondern kann in diesem Kontext auch gezielt auf Personen umgelegt werden, die von den umgesetzten lokalen Maßnahmen besonders profitieren würden. Lokale Abgaben für Klimaanpassung sind kommunale Finanzierungsinstrumente, die zur Generierung zweckgebundener Einnahmen für Maßnahmen der Klimaanpassung dienen. Dabei ist zwischen rechtlicher und politischer Zweckbindung zu unterscheiden: Eine rechtliche Zweckbindung verankert die ausschließliche Verwendung der Einnahmen für Klimaanpassung gesetzlich und schafft höchste Planungssicherheit, unterliegt jedoch strengen verfassungsrechtlichen Zulässigkeitsvoraussetzungen. Eine politische Zweckbindung ermöglicht dagegen größere Flexibilität bei der Haushaltsgestaltung und einfachere Umsetzung, bietet jedoch geringere Verbindlichkeit und kann bei veränderten politischen Prioritäten angepasst werden. Die Wahl zwischen beiden Ansätzen hängt vom angestrebten Grad der Rechtssicherheit und den gewünschten Gestaltungsspielräumen ab. Die Abgaben umfassen verschiedene Ansätze: Flächenversiegelungsabgaben, die auf die Versiegelung von Boden abzielen, erweiterte Niederschlagswassergebühren zur nachhaltigen Regenwasserbewirtschaftung, breite Klimaanpassungsabgaben für lokale Investitionen vor Ort sowie spezifische Projektabgaben für gezielte Anpassungsmaßnahmen wie den Hochwasserschutz. Gleichzeitig kann das Instrument damit je nach Ausgestaltung bzw. gewählter Bemessungsgrundlage Anreize für lokal klimarisiko-senkendes Verhalten setzen, etwa durch die Förderung der Entsiegelung oder nachhaltiger Regenwasserbewirtschaftung.

Funktionsweise

Die Funktionsweise lokaler Abgaben für Klimaanpassung variiert je nach Ausgestaltung erheblich. Bei Flächenversiegelungsabgaben wird eine Abgabe auf versiegelte Flächen erhoben, bemessen nach der tatsächlich versiegelten Grundstücksfläche. Die Erlöse können zweckgebunden für Entsiegelungsmaßnahmen und klimafreundliche Infrastruktur eingesetzt werden. Die Abgabenhöhe orientiert sich dabei an den durch die Versiegelung verursachten externen Kosten, etwa durch erhöhte Hochwasserrisiken oder städtische Hitzeinseln.

Erweiterte Niederschlagswassergebühren stellen eine Weiterentwicklung der bereits bestehenden gesplitteten Abwassergebühr¹⁹ dar. Während die aktuelle Niederschlagswassergebühr in den 15 größten deutschen Städten zwischen 0,50 und 2,00 EUR pro Quadratmeter versiegelter Fläche beträgt (Deckert 2025), könnte eine erweiterte Variante zusätzliche Mittel für Klimaanpassungsmaßnahmen generieren. Dabei würden nicht nur die Kosten der Abwasserbeseitigung, sondern auch die einer nachhaltigen Regenwasserbewirtschaftung und des Klimaschutzes berücksichtigt.

Breite Klimaanpassungsabgaben können als pauschale Abgabe pro EinwohnerIn oder als prozentuale Zuschläge auf bestehende kommunale Abgaben ausgestaltet werden. Diese Mittel können in einen existierenden oder neu zu schaffenden kommunalen Klimaanpassungsfonds fließen, aus dem verschiedene Maßnahmen finanziert werden können (s. Steckbrief zu lokalen Klimafonds; Keusen und Radic-Capuani 2024). Spezifische Projektabgaben hingegen werden für konkrete Anpassungsvorhaben erhoben, wie etwa den dezentralen Hochwasserschutz oder die Umsetzung von Schwammstadt-Konzepten.

Die Bemessung erfolgt in der Regel nach objektiven Kriterien wie Flächengrößen, Versiegelungsgraden oder Einwohnerzahlen. Moderne Technologien wie Satellitenaufnahmen und geografische Informationssysteme ermöglichen eine präzise Erfassung der Bemessungsgrundlagen. Reduzierungen oder Befreiungen sind bei nachgewiesenen Klimaanpassungsmaßnahmen denkbar, etwa bei der Installation von Gründächern, Versickerungsanlagen oder Zisternen.

Vorteile und Anwendungsbereiche

Lokale Abgaben für Klimaanpassung bieten mehrere zentrale Vorteile. Sie ermöglichen eine direkte und zweckgebundene Finanzierung von Klimaanpassungsmaßnahmen, wodurch die oft prekäre kommunale Finanzlage entlastet wird. Das Verursacherprinzip führt zu einer gerechteren Kostenverteilung, da diejenigen, die klimawandelbedingte Risiken verstärken, auch deren Kosten tragen (Schep et al. 2022).

Die Lenkungswirkung ist ein weiterer wichtiger Vorteil. Durch die finanzielle Belastung umweltschädlicher Aktivitäten entstehen Anreize für klimafreundlicheres Verhalten (Schep et al. 2022). Beispielsweise kann eine Flächenversiegelungsabgabe dazu motivieren, unversiegelte Flächen zu erhalten oder bestehende Versiegelungen zu reduzieren. Gleichzeitig stärken solche Abgaben die kommunale Finanzautonomie und reduzieren die Abhängigkeit von Bundes- und Landeszuschüssen.

Auf kommunaler Ebene finden lokale Abgaben für Klimaanpassung ihre primäre Anwendung. Gemeinden und Städte können diese Instrumente nutzen, um Maßnahmen wie die Schaffung von Grünflächen, die Installation blau-grüner Infrastruktur oder den Hochwasserschutz zu finanzieren. Die lokale Erhebungsebene erlaubt es, sowohl Abgaben als auch daraus finanzierte Maßnahmen an lokale ökonomische und klimabezogene Gegebenheiten anzupassen.

Landkreise können eine koordinierende Rolle übernehmen und übergreifende Klimaanpassungsmaßnahmen finanzieren, die über die Grenzen einzelner Gemeinden hinausgehen (Völker et al. 2024). Dies ist besonders relevant für Maßnahmen im Bereich des Gewässermanagements oder der regionalen Grünvernetzung. Die 294 deutschen Landkreise umfassen 96 % des Bundesgebietes und 68 % der Bevölkerung, was ihnen eine Schlüsselrolle bei der flächendeckenden Klimaanpassung verleiht (Völker et al. 2024).

¹⁹ Diese trennt die vorher übliche Abwassergebühr in eine Schmutzwassergebühr und eine Niederschlagswassergebühr.

Die Bundesländer tragen zur Schaffung einheitlicher Rechtsrahmen bei und schaffen durch die jeweiligen Kommunalabgabengesetze (für eine Übersicht, s. Grupp und Stelkens o. J.) die Grundlage für lokale Abgaben, die die Kommunen erheben können.

Dem Bund kommt eine koordinierende und rahmengebende Rolle zu. Mit dem Klimaanpassungsgesetz von 2023 hat er erstmals verbindliche Vorgaben für die Klimaanpassung auf allen föderalen Ebenen geschaffen (BMUV 2023a). Darüber hinaus kann der Bund durch steuerliche Anreize die Einführung lokaler Abgaben fördern und deren Akzeptanz erhöhen. Beispielsweise könnte der Bund in der Abgabenordnung eine neue Sonderausgabenregelung einführen, nach der Beiträge und Abgaben, die EinwohnerInnen oder Unternehmen einer Kommune zur Finanzierung von Klimaanpassungsmaßnahmen zahlen, vollständig als Sonder- bzw. Betriebsausgaben abzugsfähig sind. Parallel dazu könnte im Finanzausgleichsgesetz festgeschrieben werden, dass jede Kommune für jede erwirtschaftete Euro-Abgabe einen Zuschlag in Höhe von 20 % auf ihre Schlüsselzuweisungen erhält. So fließen einerseits die Mittel direkt in die kommunalen Haushalte, andererseits sinkt die effektive Belastung der Abgabepflichtigen durch den Steuervorteil. Beispiel: Eine Kommune erhebt 100.000 EUR Klimaanpassungsabgabe – sie erhält daraus 100.000 EUR in ihrem Haushalt plus 20.000 EUR Bonuszuweisung. Die zahlenden Unternehmen oder Privathaushalte können ihren Abgabebetrag in voller Höhe steuermindernd geltend machen, was den Widerstand gegen zusätzliche Abgaben verringern könnte.

Herausforderungen und Limitationen

Die Einführung lokaler Abgaben für Klimaanpassung steht vor erheblichen rechtlichen Herausforderungen. Das deutsche Kommunalabgabenrecht unterliegt strengen verfassungsrechtlichen Vorgaben, die die Erhebung neuer Abgaben begrenzen (Keusen und Radic-Capuanì 2024). Insbesondere das Erfordernis einer besonderen sachlichen Rechtfertigung und die Beachtung des Äquivalenzprinzips²⁰ können die Ausgestaltung erschweren. Die Abgrenzung zu bestehenden Steuern und Abgaben des Bundes und der Länder ist dabei ebenso zu beachten wie die kommunale Ertragshoheit (Baumann 2024).

Die gesellschaftliche Akzeptanz stellt eine weitere zentrale Herausforderung dar. Neue Abgaben stoßen häufig auf Widerstand in der Bevölkerung, insbesondere wenn die Klimawandelfolgen noch nicht unmittelbar spürbar sind (Heitfeld und Thiele 2024). Im Wirtschaftskontext können Unterschiede in der Abgabenbelastung mittelfristig Standortverlagerungen von Unternehmen verursachen, die sich finanziell nachteilig auf die ursprünglichen Unternehmensstandorte auswirken (vgl. Kapitel 3.1.2). Die Kommunikation der Notwendigkeit und des Nutzens solcher Abgaben erfordert daher eine umfassende Öffentlichkeitsarbeit und Bürgerbeteiligung und sollte auch die wirtschaftlichen Vorteile, die sich aus der Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen ergeben können (vgl. Kapitel 3.1.2.5), in den Vordergrund stellen.

Die praktische Umsetzung bringt komplexe administrative Herausforderungen mit sich. Die Bemessung der Abgaben erfordert präzise Datenerhebungen, etwa über Versiegelungsgrade oder Klimarisiken. Die Daten müssen dabei konsistent erhoben, vorgehalten und regelmäßig aktualisiert werden, da fehlende Präzision der Bemessungsgrundlage die Akzeptanz der Abgaben und ihre optimale Ausgestaltung beeinträchtigen könnte. Die Einrichtung entsprechender Verwaltungsstrukturen und die Schulung des Personals verursachen zudem zusätzliche Kosten; nicht zuletzt müssen geeignete Vollzugsinstrumente entwickelt werden, um die ordnungsgemäße Erhebung sicherzustellen.

²⁰ Das Äquivalenzprinzip besagt, dass bei der Gebührenerhebung nur Kosten berücksichtigt werden dürfen, die zur Erfüllung der öffentlichen Aufgabe erforderlich sind.

Verteilungswirkungen können auch zu sozialen Ungerechtigkeiten führen. Da einkommensschwache Haushalte überproportional unter den finanziellen Folgen des Klimawandels leiden (Stäude 2025), stellen neue Abgaben zur Klimafinanzierung eine weitere Belastung dar, die z. B. einkommensschwache Personen betreffen könnten, die in versiegelungsreichen Gebieten wohnen oder keine verfügbaren Mittel für klimafreundliche Anpassungen haben. Daher sind soziale Staffelungen oder Härtefallregelungen denkbar, die aber die Komplexität der Instrumente erhöhen. Das Ausmaß der Verteilungswirkungen hängt dabei einerseits von der Verteilung lokaler Klimarisiken auf die EinwohnerInnen sowie von der konkreten Ausgestaltung der jeweiligen Abgabe ab. Diese unterscheiden sich sowohl in der Frage, an welche Indikatoren sie anknüpfen (d. h. wer sie in welchem Umfang entrichten muss), als auch darin, wer in welchem Ausmaß von den umgesetzten Maßnahmen profitiert.

Beispiele

International existieren bereits verschiedene Ansätze lokaler Abgaben, die direkt oder indirekt Klimaanpassungszwecken zugutekommen. In der Schweiz setzen verschiedene Kantone auf differenzierte Anreizsysteme bei der Regenwasserbewirtschaftung, die Abkopplungen von der Kanalisation fördern (Infoplattform Schwammstadt o. J.).

In Katalonien betreibt die Regionalregierung seit 2020 einen Klimafonds, der aus den Einnahmen einer neu eingeführten CO₂-Abgabe auf in Katalonien zugelassene Fahrzeuge finanziert wird (Catalan Government 2020). Der Klimafonds, der die Umsetzung von Maßnahmen und Strategien für Klimaschutz und -anpassung erleichtern soll, wird eingesetzt, um z. B. die Nutzung erneuerbarer Energien zu fördern, Energienetze zu dezentralisieren, energieeffizientes Wohnen und nachhaltige Mobilität zu fördern sowie Wassereinsparungen zu erzielen. Er bietet somit ein erfolgreich implementiertes Praxisbeispiel einer Zusatzabgabe, die auch Klimaanpassungsmaßnahmen finanziert.

In Deutschland sind verschiedene Ansätze bereits etabliert oder in der Diskussion. Die gesplittete Abwassergebühr, die Schmutz- und Niederschlagswasser getrennt abrechnet, ist mittlerweile in den meisten deutschen Kommunen Standard. Sie beträgt je nach Kommune zwischen 0,50 und 2,00 EUR pro Quadratmeter versiegelter Fläche; Bremen beispielsweise erhebt seit 2024 eine Niederschlagswassergebühr von 0,83 EUR pro Quadratmeter (Deckert 2025). 13 der 16 Länder erheben gegenwärtig Wasserentnahmeentgelte, nur in Hessen, Thüringen und Bayern wurde eine solche Abgabe auf die Entnahme, Zutageförderung oder Verwendung von Grund- oder Oberflächenwasser (Bäche, Flüsse, Seen) bisher nicht eingeführt (BUND 2025).

Kommunale Förderprogramme für den dezentralen Hochwasserschutz zeigen bereits heute, wie zweckgebundene Mittel für Klimaanpassung eingesetzt werden können. Dortmund stellt jährlich 250.000 EUR für Hochwasser- und Überflutungsschutzmaßnahmen privater Immobilien bereit, mit einer maximalen Förderung von 1.000 EUR pro Objekt und einer Einkommensgrenze von 75.000 EUR zu versteuerndem Einkommen für Einzelpersonen bzw. 150.000 EUR für zusammen veranlagte oder juristische Personen (Stadt Dortmund o. J.). Die Stadt Passau hat ihren Fördersatz für dezentralen Hochwasserschutz 2024 auf bis zu 85 % der Kosten erhöht; zudem wurde der Ausschluss von Nebengebäuden wie Garagen aufgehoben und die maximale Zuschusssumme erhöht (Stadt Passau 2024). Diese Programme werden bisher jedoch überwiegend aus allgemeinen Haushaltsmitteln oder Spenden finanziert.

Die neue Grundsteuer C, die seit 2025 in Deutschland eingeführt werden kann, bietet Kommunen die Möglichkeit, für unbebaute, aber baureife Grundstücke einen höheren Hebesatz festzulegen (Augustin 2024). Obwohl primär zur Bekämpfung der Baulandspekulation gedacht, kann sie indirekt auch zur Klimaanpassung beitragen, wenn ihre Erträge für eine klimaangepasste Siedlungsentwicklung eingesetzt werden.

Fazit und Ausblick

Lokale Abgaben für Klimaanpassung stellen ein vielversprechendes Instrument zur Stärkung der kommunalen Finanzierungsgrundlage für notwendige Anpassungsmaßnahmen dar. Sie verbinden das Verursacherprinzip mit der direkten Finanzierung von Klimaanpassung und schaffen Anreize für klimafreundliches Verhalten. Die verschiedenen Ausgestaltungsmöglichkeiten – von Flächenversiegelungsabgaben über erweiterte Niederschlagswassergebühren bis hin zu projektspezifischen Abgaben – bieten Kommunen flexible Ansätze zur Erschließung zusätzlicher Finanzierungsquellen.

Die erfolgreiche Einführung erfordert jedoch die Überwindung erheblicher rechtlicher, politischer und praktischer Herausforderungen. Klare rechtliche Rahmen, gesellschaftliche Akzeptanz und administrative Kapazitäten sind Voraussetzungen für die Wirksamkeit solcher Instrumente. Dabei sollten soziale Verteilungswirkungen berücksichtigt und entsprechende Ausgleichsmechanismen geschaffen werden.

Die wachsende Bedeutung der Klimaanpassung lässt erwarten, dass lokale Abgaben für Klimaanpassung in den kommenden Jahren an Relevanz gewinnen werden. Pilotprojekte und schrittweise Einführungen können dabei helfen, Erfahrungen zu sammeln und Akzeptanz zu schaffen. Die Integration in bestehende Systeme wie die Grundsteuer oder Abwassergebühren kann den Verwaltungsaufwand reduzieren und die Einführung erleichtern.

Zukünftig könnten technische Fortschritte in der Datenerfassung und -verarbeitung die Präzision und Effizienz solcher Abgaben erhöhen. Gleichzeitig bieten sich Synergien mit anderen Politikbereichen, etwa der Digitalisierung oder der sozialen Stadtentwicklung, die die Wirksamkeit und Akzeptanz lokaler Abgaben für Klimaanpassung weiter stärken können.

Weiterführende Literatur

- Catalan Government (2020): **Catalan government adopts decree to regulate Climate Fund, financed with half of revenue generated by CO2 tax**. Online verfügbar unter <https://catalangovernment.eu/catalangovernment/news/382772/catalan-government-adopts-decree-to-regulate-climate-fund-financed-with-half-of-revenue-generated-by-co2-tax>
- Schep, Arjen; Monsma, Anneke; Kastelein, Robert (2022): **Addressing Climate Change and Environmental Damage with the Law**. In: *Erasmus Law Review* 15 (3), S. 240–249. DOI: 10.5553/ELR.000233.

7.2 Katastrophenanleihen (Cat Bonds)

Einordnung: neues Instrument/Erweiterung eines bestehenden Instruments?

Neues Instrument im deutschen Anwendungskontext, das auf internationalen Ansätzen basiert.

Definition und Grundprinzip

Katastrophenanleihen (sogenannte Cat Bonds) sind spezielle Wertpapiere, mit denen sich Staaten, öffentliche Versicherer oder andere Einrichtungen gegen die finanziellen Folgen von Naturkatastrophen absichern können. Im Unterschied zu klassischen Anleihen, bei denen die Rückzahlung vor allem von der Zahlungsfähigkeit des Herausgebers abhängt, ist die Rückzahlung bei Katastrophenanleihen daran geknüpft, ob bestimmte Naturereignisse wie Stürme, Erdbeben oder Überschwemmungen eintreten (Wagner 2018b).

InvestorInnen erhalten für den Kauf von Katastrophenanleihen eine attraktive Verzinsung, die das Risiko des Investments abbildet. Kommt es während der Laufzeit zu einem vorher festgelegten Katastrophenfall, wird dieses Geld ganz oder teilweise verwendet, um die entstandenen Schäden zu decken; die InvestorInnen verlieren ihr Investment teilweise oder komplett. Tritt kein Katastrophenfall ein, erhalten die InvestorInnen ihr Geld samt vereinbarter Zinsen zurück. Für den Herausgeber bedeutet das: Das benötigte Kapital steht im Bedarfsfall sofort zur Verfügung – und es besteht kein Risiko, dass das Geld im Schadensfall fehlt, weil es bereits bei der Ausgabe der Anleihe bereitgestellt wurde (Wagner 2018b). Cat Bonds übertragen somit einen Teil des wirtschaftlichen Risikos durch Naturkatastrophen auf den Finanzsektor und stellen zusätzliches Kapital zur Bewältigung von Klimafolgen zur Verfügung.

Für den öffentlichen Sektor bieten Cat Bonds den Vorteil, dass sie helfen, Haushaltsrisiken zu verringern und nach einer Katastrophe schnell finanzielle Mittel bereitzustellen (ESG 2020). Im Gegensatz zu klassischen Krediten, deren Prämien und Rückstellungsverpflichtungen sich im Haushalt der KreditnehmerInnen niederschlagen, führt der Einsatz von Katastrophenanleihen nicht zu einer zusätzlichen Verschuldung, da die Ausgabe der Anleihe nicht vom Sponsor selbst, sondern durch eine Zweckgesellschaft erfolgt (s. u.) und Auszahlungen direkt aus dem Kapital der InvestorInnen erfolgen (Financial Protection Forum 2021).

Funktionsweise

Die Strukturierung von Cat Bonds erfolgt über komplexe Finanzarchitekturen, die mehrere AkteurInnen und Transaktionsebenen umfassen. Der Emittent (Sponsor) gründet zunächst eine rechtlich eigenständige Zweckgesellschaft (*Special Purpose Vehicle*, SPV). Diese Auslagerung sichert die Anleihe gegen eine etwaige Insolvenz des Sponsors ab, so dass das Hauptrisiko für InvestorInnen allein im Eintritt des versicherten Katastrophenfalls liegt (Bucher 2025).

Die Zweckgesellschaft emittiert die Cat Bonds an institutionelle InvestorInnen und investiert das eingezahlte Kapital in hochliquide, sichere Wertpapiere wie Staatsanleihen oder Geldmarktinstrumente (Wagner 2018b; Steiger 2024). Die Erlöse dieser Reinvestition dienen der Finanzierung der Zinsbeträge, die den InvestorInnen des Cat Bonds ausgezahlt werden. Zinsen werden bereits während der Laufzeit des Cat Bonds ausgezahlt und auch im Schadensfall nicht zurückgefordert. Da Cat Bonds in der Regel höher verzinst sind als sichere Wertpapiere, deckt der Sponsor diese Lücke durch Einzahlung einer Prämie an die Zweckgesellschaft (Bucher 2025; s. Abbildung 11). Beispielhaft veranschaulicht: ein Cat Bond wird mit einer Verzinsung von 8 % emittiert; das eingezahlte Kapital wird mit einer Verzinsung von 3 % sicher angelegt; der Sponsor zahlt die fehlenden 5 %, die zur Refinanzierung der Zinsen an die InvestorInnen benötigt werden, als Prämie ein.

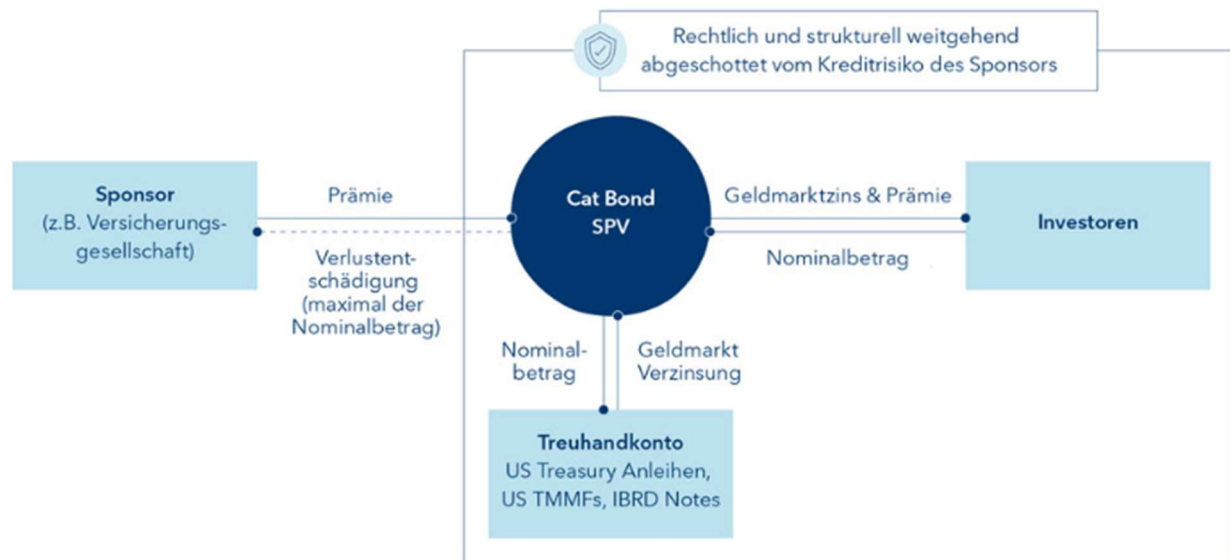


Abbildung 11: Typische Cat Bonds-Struktur (aus Steiger 2024)

Der entscheidende Mechanismus eines Cat Bonds ist der Trigger-Mechanismus, der definiert, unter welchen Bedingungen eine Auszahlung erfolgt. Ein Zahlungsfall tritt ein, wenn ein qualifiziertes Ereignis innerhalb der festgelegten Risikoperiode eintritt (Twelve Securis und J. Safra Sarasin 2025; Wagner 2018b). Dabei werden verschiedene Trigger-Arten unterschieden (Bucher 2025):

- **Indemnity Trigger** (Entschädigung): basieren auf den tatsächlichen Verlusten des Sponsors und bieten damit den besten Schutz gegen das Basisrisiko²¹, setzen aber eine vorherige Bemessung der Verluste voraus und sind daher verhältnismäßig langsam. In der Regel wird ein sog. *Attachment Point* festgelegt, ab dem eine teilweise Auszahlung ausgelöst wird, sowie ein *Exhaustion Point*, dessen Erreichen eine vollständige Auszahlung des Anleihenkapitals auslöst.
- **Parametrische Trigger**: basieren auf objektiv messbaren Parametern wie Windgeschwindigkeit oder Erdbebenstärke und ermöglichen schnellere Auszahlungen, sobald deren Über- oder Unterschreitung objektiv gemessen wurde, bergen jedoch ein höheres Basisrisiko (s. Steckbrief zu parametrischen Versicherungen).
- **Index-gebundene Trigger**: basieren auf der gesamten Höhe der versicherten Verluste in der gesamten Versicherungsbranche aufgrund eines Naturereignisses. Auch hier werden Schwellenwerte für teilweise und vollständige Auszahlungen festgelegt. Diese Trigger eignen sich besonders für global operierende Rückversicherer, deren eigene Verluste i.d.R. eng mit dem Gesamtmarkt korrelieren, und bieten einen Kompromiss zwischen Geschwindigkeit und Basisrisiko.

Vorteile und Anwendungsbereiche

Cat Bonds sind ein seit über 25 Jahren international umfangreich erprobtes Instrument mit einem globalen Marktumfang von ca. 50 Mrd. USD (BAI 2024). Die große Menge vorhandener Referenzen und Erfahrungswerte bedeutet ein vergleichsweise geringes Risiko für ErstanwenderInnen, da auf umfangreiche Daten und best practices zurückgegriffen werden kann.

Cat Bonds bieten für öffentliche Haushalte und staatliche AkteurInnen mehrere strategische Vorteile, die sie zu einem wertvollen Instrument der fiskalischen Resilienz machen. Der primäre Vorteil liegt in der

²¹ Ein Basisrisiko liegt vor, wenn die tatsächliche Schadenshöhe größer ist als die maximale Kompensationshöhe des Versicherungsinstruments (s. auch Steckbrief zu parametrischen Versicherungen; Wagner 2018a.)

schnellen und planbaren Liquiditätsbereitstellung nach Katastrophenereignissen (ESG 2020). Während traditionelle Versicherungen oft monatelange Schadenregulierungsprozesse erfordern, können Cat Bonds innerhalb von Tagen bis Wochen nach Triggereintritt auszahlen (Steiger 2024).

Für Kommunen und Länder eröffnen Cat Bonds die Möglichkeit, ihre Risikofinanzierung zu diversifizieren und Abhängigkeiten vom traditionellen Rückversicherungsmarkt zu reduzieren. Dies ist besonders relevant angesichts der in den vergangenen Jahren gestiegenen Rückversicherungspreise und reduzierten Kapazitäten nach Großschadensereignissen (Schier 2024). Obwohl Kommunen in Deutschland grundsätzlich bereits durch Bund und Länder unbedingt gegen Klimaschäden abgesichert sind (vgl. Kapitel 3.2.1), kann die eigenständige Emission von Cat Bonds für Kommunen relevante Vorteile bieten: Sie schafft eine klare Risikokalkulation, verbessert die Haushaltsplanbarkeit und kann durch Garantien des Bundes mit geringem Eigenrisiko realisiert werden. Zusätzlich eröffnet sie den Zugang zu institutionellem Privatkapital und ist trotz der zu zahlenden Prämien ggf. günstiger als die Aufnahme von Notkrediten im Katastrophenfall.

Die individuelle Auswahl von Triggern und parametrischen Grenzwerten für jedes Cat-Bond-Produkt macht Cat Bonds zu einem flexiblen, auf regionale oder lokale Eigenschaften anpassbaren Instrument. Die Transparenz und Planbarkeit von Cat Bonds kann die Haushaltsplanung öffentlicher Stellen zudem erheblich unterstützen. Da alle Parameter vorab eindeutig definiert sind, können Kommunen und Länder präzise kalkulieren, welche finanziellen Mittel bei spezifischen Ereignissen zur Verfügung stehen werden (Ossenbrink 2025). Diese Planungssicherheit ermöglicht eine effizientere Allokation von Haushaltsmitteln und reduziert bei korrekter Anwendung die Notwendigkeit kostspieliger Notfallkredite.

Dem Bund kommt bei der Implementierung von Cat Bonds eine zentrale Koordinierungsrolle zu. Analog zu den Empfehlungen für parametrische Versicherungen (s. Steckbrief) liegen die Standardisierung von Cat-Bond-Strukturen, die Bereitstellung validierter Klimadaten als Grundlage für parametrische Trigger und die Entwicklung eines unterstützenden regulatorischen Rahmens in der Bundesverantwortung. Die EZB und EIOPA haben bereits konkrete Empfehlungen für eine verstärkte Nutzung von Cat Bonds zur Schließung der europäischen Versicherungslücke bei Naturkatastrophen ausgesprochen (EZB 2024). Zudem könnte der Bund ähnlich wie bei Resilienzanleihen als Ko-Sponsor fungieren (s. auch Steckbrief zum Staat als letzter Versicherungsinstanz). Auch die Schaffung steuerlicher Anreize für InvestorInnen ist denkbar, indem etwa Steuergutschriften auf das in Cat Bonds angelegte Kapital gewährt werden.

Für die Landwirtschaft prognostiziert die Europäische Kommission bis 2050 klimabedingte Verluste von 40 Mrd. EUR jährlich, wobei Cat Bonds als wesentliches Instrument zur Schließung der Versicherungslücke empfohlen werden (González Peláez et al. 2025). Dies unterstreicht das Potenzial für sektorspezifische Anwendungen auch in Deutschland.

Cat Bonds ermöglichen zudem die Abdeckung bisher nicht versicherbarer Risiken. Ähnlich wie parametrische Versicherungen können sie Non-Damage-Betriebsunterbrechungen²² oder systemische Risiken abdecken, die bei traditionellen Versicherungen ausgeschlossen sind (s. Steckbrief zu parametrischen Versicherungen). Die freie Verwendbarkeit der Auszahlungen gibt öffentlichen Stellen die Flexibilität, nicht nur direkte Schäden, sondern auch Folgeschäden und präventive Maßnahmen zu finanzieren (ESG 2020).

²² Dabei handelt es sich um Umsatzeinbußen, die nicht auf ein direktes Schadensereignis zurückgehen, sondern z. B. auf unterbrochene Lieferketten oder behördliche Anordnungen (Pollak 2024).

Herausforderungen und Limitationen

Die Implementierung von Cat Bonds ist mit mehreren strukturellen Herausforderungen verbunden, die ihre Verbreitung im deutschen öffentlichen Sektor bisher begrenzen. Das Basisrisiko stellt die fundamentalste Herausforderung dar. Es beschreibt das Risiko einer Abweichung zwischen der tatsächlichen Schadenhöhe und den Kompensationszahlungen aus dem Cat Bond (s. Wagner 2018a). Bei parametrischen Triggern kann diese Abweichung erheblich sein, insbesondere wenn die gewählten Parameter die individuellen Risikoexpositionen nicht adäquat abbilden (World Bank 2022). Dieses Risiko würde jedoch ggf. durch die existierenden Bundes- und Landeshilfen für Kommunen im Katastrophenfall gedeckt (vgl. Kapitel 3.2.1) – wenn auch in diesem Fall der Vorteil der Cat Bonds, schnelle Auszahlungen zu gewährleisten, nur für einen Teil der benötigten Finanzmittel zum Tragen käme. Cat Bonds sind somit als zusätzliches, schnell Liquidität schaffendes Instrument zur Reduzierung der fiskalischen Risiken durch Klimaschäden für öffentliche Haushalte zu verstehen, dessen Lücken durch bestehende Absicherungsmechanismen gedeckt werden können. Die Verwendung parametrischer Trigger setzt nicht nur eine sorgfältige, auf den individuellen Versicherungsfall angepasste Parameterauswahl voraus, sondern bedingt zwangsläufig auch das Vorhandensein der notwendigen hochauflösenden, aktuellen Daten, deren Bereitstellung der Bund übernehmen könnte (s. Steckbriefe zu parametrischen Versicherungen und CRDCs).

Die komplexe Struktur von Cat Bonds erzeugt hohe Transaktionskosten, die Cat Bonds erst ab einem gewissen Mindestvolumen wirtschaftlich sinnvoll machen (Reitmeier et al. 2025) und kleineren Kommunen und Ländern den Zugang erschwert. Insbesondere bei Cat Bonds, die nicht von Versicherungsgesellschaften, sondern staatlichen Stellen herausgegeben werden sollen, ist das Vorhalten erheblicher Fachexpertise in Bereichen wie Katastrophenmodellierung, Rechtswesen und Kapitalmarkttransaktionen notwendig; auch dies erschwert die Nutzung des Instruments und kann insbesondere in Kommunen mit angespannter Personaldecke (s. Klimaschutz Kommune 2025) ein Problem darstellen.

Beispiele

Internationale Erfahrungen zeigen das Potenzial für staatliche und supranationale Anwendungen. Die Weltbank hat seit 2014 über ihr Capital-at-Risk Notes Programm mehr als 4,8 Mrd. US-Dollar an Cat Bonds für Mitgliedsstaaten emittiert (World Bank 2022). Länder wie Mexiko, Jamaika und die Philippinen nutzen bereits erfolgreich Cat Bonds zur Budgetabsicherung gegen Naturkatastrophen (Financial Protection Forum 2021).

Der deutsche Cat-Bond-Markt befindet sich in einer frühen Entwicklungsphase, zeigt aber bereits vielversprechende Anwendungen im öffentlichen Sektor. Die Versicherungskammer Bayern (VKB), größter öffentlicher Versicherer Deutschlands, emittierte 2024 über ihre irische Zweckgesellschaft „King Max Re DAC“ einen Cat Bond im Volumen von 175 Mio. EUR mit dreijähriger Laufzeit (Konzern Versicherungskammer 2024). Dies demonstrierte erstmals die Machbarkeit von Cat Bonds für primär in Deutschland tätige öffentliche Versicherer. Der King Max Re Bond deckt die vier Hauptnaturgefahren Sturm, Hagel, Überschwemmung und Erdbeben ab (Konzern Versicherungskammer 2024) und bietet InvestorInnen eine Risikoprämie von 5,4 % (finanzen.net 2025). Der Trigger liegt bei 900 Mio. EUR Schäden, mit einer Obergrenze von 1,1 Mrd. EUR (Evans 2024).

Fazit und Ausblick

Katastrophenanleihen etablieren sich zunehmend als relevantes Instrument zur Stärkung der fiskalischen Resilienz öffentlicher Haushalte gegenüber klimabedingten Extremereignissen. Die ersten deutschen Emissionen durch die Versicherungskammer Bayern und SV SparkassenVersicherung

(Verband öffentlicher Versicherer 2025) demonstrieren erfolgreich die Anwendbarkeit für den deutschen öffentlichen Sektor und schaffen wichtige Präzedenzfälle für weitere Emittenten.

Die strategischen Vorteile von Cat Bonds – schnelle Liquiditätsbereitstellung, Risikodiversifizierung und Planungssicherheit – adressieren zentrale Herausforderungen der klimabedingten Haushaltsrisiken. Die Unterstützung durch europäische Institutionen und die Weltbank schafft günstige Rahmenbedingungen für eine Marktausweitung.

Für eine erfolgreiche Implementierung in Deutschland sind jedoch strukturelle Weiterentwicklungen erforderlich. Der Bund sollte eine koordinierende Rolle bei der Standardisierung von Cat-Bond-Strukturen übernehmen und regulatorische Klarstellungen vorantreiben. Die Bereitstellung validierter Klimadaten als Parameter-Grundlage und die Entwicklung steuerlicher Anreize könnten die Marktentwicklung beschleunigen. Technologische Fortschritte in der Klimamodellierung und Digitalisierung versprechen dabei eine Reduzierung des Basisrisikos und der Transaktionskosten (Financial Times 2025).

Die Integration von Cat Bonds in umfassende Risikofinanzierungsstrategien, kombiniert mit parametrischen Versicherungen und traditionellen Instrumenten, kann die Resilienz des deutschen öffentlichen Sektors gegenüber Klimarisiken erheblich stärken. Der Aufbau entsprechender Kapazitäten und Expertise in öffentlichen Verwaltungen stellt dabei einen entscheidenden Faktor dar.

Weiterführende Literatur

- The World Bank (2022): **Building Sovereign Financial Resilience in Middle-Income Countries: Factsheet 5 (English)**. Washington, D.C. Online verfügbar unter <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099050306222242278/pdf/P1637800d3753c0f60be4a03472b063ccf0.pdf>
- Bucher, Florian (2025): **Insurance-Linked Securities: Ein Leitfaden zu ILS und Cat Bonds mit Fokus auf Deutschland**. Bundesverband Alternative Investments e.V. (BAI). Bonn. Online verfügbar unter https://www.bvai.de/fileadmin/Veroeffentlichungen/BAI_Publikationen/Studien/BAI_ILS_2025_DE.pdf

7.3 Resilienzanleihen mit Präventionsfokus

Einordnung: neues Instrument/Erweiterung eines bestehenden Instruments?

Erweiterung eines neuen Instruments (Katastrophenanleihen)

Definition und Grundprinzip

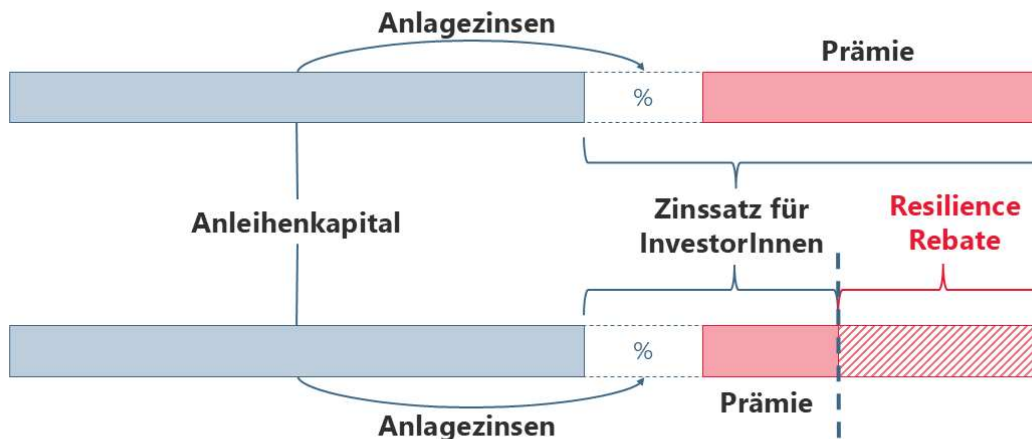
Resilienzanleihen mit Präventionsfokus sind innovative Finanzierungsinstrumente, die eine Weiterentwicklung herkömmlicher Katastrophenanleihen (Cat Bonds) darstellen und spezifisch darauf ausgerichtet sind, proaktive Investitionen in klimaresiliente Infrastruktur zu finanzieren. Im Gegensatz zu traditionellen Katastrophenanleihen, die primär als Versicherungsinstrument für bereits eingetretene Schäden fungieren, kombinieren Resilienzanleihen den Risikotransfer mit präventiven Maßnahmen zur Schadensvermeidung (Vajjhala und Rhodes 2018). Das Grundprinzip basiert auf der Monetarisierung vermiedener Verluste durch eine sogenannte „Resilience Rebate“ – einem Rabattmechanismus, der die Differenz zwischen erwarteten Verlusten mit und ohne resiliente Infrastrukturmaßnahmen quantifiziert und als Finanzierungsquelle für präventive Projekte nutzt (Vajjhala und Rhodes 2019).

Resilienzanleihen als Finanzierungsinstrument wurden 2015 von der Organisation re:focus entwickelt, um die Lücke zwischen begrenzten öffentlichen Ressourcen und dem wachsenden Bedarf an resilienter Infrastruktur zu schließen (Vajjhala und Rhodes 2019). Resilienzanleihen funktionieren dabei als hybride Instrumente, die sowohl Katastrophenschutz als auch Projektfinanzierung für Präventionsmaßnahmen bieten und somit einen systemischen Ansatz zur Stärkung der Klimaresilienz verfolgen (Sivaprasad et al. 2024).

Funktionsweise

Die Funktionsweise von Resilienzanleihen mit Präventionsfokus basiert auf einem zweistufigen Finanzmodell, das traditionelle Katastrophenanleihen mit Infrastrukturfinanzierung verknüpft. Zunächst wird das Instrument wie eine herkömmliche Katastrophenanleihe strukturiert: Ein Sponsor (typischerweise eine öffentliche Einrichtung) gründet eine Zweckgesellschaft (*Special Purpose Vehicle*, SPV), die die Anleihe ausgibt. InvestorInnen erhalten regelmäßige Zinsausschüttungen und mit Ablauf der vereinbarten Laufzeit ihr Kapital zurück, es sei denn, ein vordefiniertes Katastrophenereignis tritt ein (Vajjhala und Rhodes 2019; s. Steckbrief zu Katastrophenanleihen).

Katastrophenanleihen (Cat Bonds)



Resilienzanleihen

Abbildung 12: strukturelle Darstellung von Katastrophenanleihen und Resilienzanleihen im Vergleich (nicht maßstäblich)

Der entscheidende Unterschied liegt in der Integration einer „Resilience Rebate“-Struktur (s. Abbildung 12). Durch Katastrophenmodellierung werden zwei Szenarien berechnet: die erwarteten Verluste im Status Quo und die erwarteten Verluste nach Implementierung einer resilienten Infrastrukturmaßnahme. Die Differenz zwischen beiden Szenarien wird als quantifizierter Nutzen der Präventionsmaßnahme erfasst (Vajjhala und Rhodes 2018). Diese vermiedenen Verluste führen zu einer Reduktion der Versicherungsprämie für den Sponsor, wodurch den InvestorInnen niedrigere Zinssätze ausgezahlt werden; gleichzeitig sinkt durch die Präventionsmaßnahmen aber auch das Risiko eines Katastrophenfalls, der den (teilweisen) Verlust des Investments für die InvestorInnen bedeuten würde. Die Differenz der Prämienhöhe wird als sog. Resilience Rebate an den Sponsor zurückgeführt und kann zur Finanzierung der resilienzbildenden Infrastrukturprojekte verwendet werden (Vajjhala und Rhodes 2019).

Die Auszahlung erfolgt zweistufig: Zum einen erhalten Sponsoren die Resilience Rebate zur Projektfinanzierung während der Laufzeit der Anleihe, zum anderen erfolgt bei Eintritt eines Katastrophenereignisses eine schnelle Auszahlung für Notfall- und Wiederaufbaumaßnahmen (Vajjhala und Rhodes 2018). Trigger-Mechanismen können parametrisch (basierend auf messbaren Parametern wie Windgeschwindigkeit oder Erdbebenstärke) oder schadenbasiert (auf Grundlage modellierter Verluste) strukturiert werden (World Bank 2022).

Vorteile und Anwendungsbereiche

Resilienzanleihen mit Präventionsfokus bieten mehrere zentrale Vorteile für die fiskalische Resilienz öffentlicher Haushalte. Ein wesentlicher Vorteil liegt in der Kombination aus präventiver Risikoreduzierung und reaktivem Katastrophenschutz, wodurch sowohl *Ex-ante*-Investitionen in resiliente Infrastruktur als auch *Ex-post*-Liquidität für Notfallmaßnahmen bereitgestellt werden (Vajjhala und Rhodes 2019). Dies ermöglicht es öffentlichen Einrichtungen, ihre Ausgaben strategischer zu planen und langfristig Kosten zu senken, da präventive Maßnahmen typischerweise kostenwirksamer sind als reaktive Wiederaufbaumaßnahmen (Larrain Bascunan et al. 2020). Im Schadensfall bieten sie die gleichen Vorteile wie Cat Bonds: sie stellen (bei angemessener Implementierung) sehr schnell Finanzmittel zur Verfügung, schaffen Planungssicherheit und übertragen einen Teil der Klimarisiken von den ausgebenden Haushalten auf den Finanzmarkt (vgl. Steckbrief zu Katastrophenanleihen).

Die Instrumente erweitern den Zugang zu Kapital für Klimaanpassungsmaßnahmen erheblich, indem sie institutionelle InvestorInnen ansprechen, die normalerweise nicht in traditionelle

Infrastrukturprojekte investieren würden (Sivaprasad et al. 2024). Durch die Verbindung mit Kapitalmärkten können größere Finanzierungsvolumina mobilisiert werden als über herkömmliche öffentliche Haushalte oder Entwicklungsbanken allein möglich wären (Financial Protection Forum 2021). Die mehrjährige Laufzeit typischer Anleihen (3-5 Jahre) bietet Preisstabilität und Planungssicherheit für umfangreiche Infrastrukturprojekte (Motlagh et al. 2024).

Auf kommunaler Ebene eignen sich Resilienzanleihen besonders für große Infrastrukturprojekte wie Küstenschutzmaßnahmen, Hochwassermanagement oder resiliente Verkehrssysteme. Städte können durch diese Instrumente ihre Abhängigkeit von staatlichen Transferzahlungen reduzieren und eigenständig in präventive Klimaanpassung investieren (Vaijhal und Rhodes 2018). Auf Länderebene können Resilienzanleihen die Finanzierung von regionalen Strukturen und Netzwerken zur Stärkung der Widerstandsfähigkeit gegenüber Klimafolgen und die Koordination zwischen verschiedenen Kommunen ermöglichen.

Der Bund spielt eine zentrale Koordinationsrolle bei der Implementierung von Resilienzanleihen. Zunächst obliegt ihm die Schaffung regulatorischer Rahmenbedingungen, die etwa steuerliche Anreize für InvestorInnen schaffen könnten (z. B. in Form von Steuergutschriften auf in Resilienzanleihen angelegtes Kapital) und rechtliche Sicherheit für die Ausgabe derartiger Instrumente gewährleisten muss. Die Bereitstellung standardisierter Klimadaten und Risikomodellierungstools ist essenziell für die Kalibrierung der Anleihen und liegt primär in der Verantwortung des Bundes (s. Steckbriefe zu parametrischen Versicherungen und Katastrophenanleihen). Zudem könnte der Bund als Erstgarant oder Ko-Sponsor fungieren, um das Vertrauen der Kapitalmärkte in diese neuen Instrumente zu stärken und Transaktionskosten für nachgelagerte Emissionen zu reduzieren (s. auch Steckbrief zum Staat als letzter Versicherungsinstanz). Pilotprojekte und die Entwicklung von Standardisierungsframeworks würden die Marktentwicklung beschleunigen und Best Practices etablieren.

Herausforderungen und Limitationen

Die Implementierung von Resilienzanleihen mit Präventionsfokus steht vor mehreren strukturellen und technischen Herausforderungen. Eine zentrale Limitation liegt im Basisrisiko (Wagner 2018a), das hier sogar in doppelter Form vorliegt: zum einen kann eine Deckungslücke auftreten, wenn der anfallende Schaden größer ausfällt als die zugrunde gelegte Annahme der Schadenshöhe ohne Anpassungsmaßnahmen; zum anderen kann es zusätzlich auch zu einer Diskrepanz zwischen den modellierten vermiedenen Verlusten durch die Anpassungsmaßnahmen und den tatsächlichen Schadensvermeidungseffekten kommen. Die Quantifizierung der Resilience Rebate erfordert präzise Katastrophenmodellierung, die für komplexere, systemische Infrastrukturprojekte wie grüne Stormwater-Management-Systeme oder naturbasierte Lösungen deutlich schwieriger zu realisieren ist als für eindeutige Maßnahmen wie Deiche oder Küstenschutzbauwerke (Vaijhal und Rhodes 2019).

Hohe Transaktionskosten stellen eine weitere erhebliche Barriere dar. Die Entwicklung und Ausgabe von Resilienzanleihen erfordert umfangreiche rechtliche Dokumentation, Risikomodellierung durch spezialisierte Agenturen und die Einbindung verschiedener Finanzmarktakteure. Schon bei Katastrophenanleihen stellen die Transaktionskosten eine Zugangshürde dar (Reitmeier et al. 2025); die Modellierungskomponente von Resilienzanleihen erhöht diesen Faktor noch einmal erheblich. Diese hohen Fixkosten machen kleinere Projekte unwirtschaftlich und begünstigen große Infrastrukturvorhaben, was zu einer möglichen Benachteiligung kleinerer Kommunen führen könnte. Ähnlich wie bei den kommunalen K-CLOs (s. Steckbrief) wäre hier eine Bündelung z. B. in kommunalen Zweckverbänden denkbar, um Skaleneffekte zu nutzen und die Transaktionskosten pro Kommune zu reduzieren.

Die zeitliche Abstimmung zwischen Infrastrukturprojektzyklen und Kapitalmarktanforderungen erweist sich zudem als komplex. Während Katastrophenanleihen typische Laufzeiten von 3-5 Jahren

haben, können resiliente Infrastrukturprojekte Entwicklungs- und Bauzeiten von bis zu einem Jahrzehnt erfordern. Diese Diskrepanz erschwert die optimale Strukturierung der Finanzierungsinstrumente erheblich und schränkt ihren Einsatzbereich potenziell ein.

Eine weitere wichtige Einschränkung der Anwendung von Resilienzanleihen besteht im gegenwärtigen Fehlen standardisierter Bewertungsframeworks und Taxonomien für Resilienzprojekte, was die Modellierungskosten einzelner Projekte erhöht und gleichzeitig die Vergleichbarkeit und Bewertung durch InvestorInnen erschwert. Hier käme dem Bund eine zentrale Rolle bei der Schaffung einheitlicher Grundlagen und Instrumente zu.

Ein weiterer zentraler Aspekt besteht, wie bei den Katastrophenanleihen, im Anreizproblem: Solange Kommunen im Schadensfall mit unbedingter Hilfe von Bund und Ländern rechnen können, fehlt ihnen der wirtschaftliche Druck, die aufwendige Strukturierung und die Zinskosten von Resilienzanleihen auf sich zu nehmen – anders als private Versicherer, die direkt von Risikotransfers profitieren. Ansätze zur Konditionierung staatlicher Hilfen, etwa durch verpflichtende Präventionsnachweise oder abgestufte Förderquoten, sind grundsätzlich denkbar, politisch jedoch sehr komplex. Positive Anreize zur kommunalen Risikoabsicherung könnten von Bund und Ländern z. B. in Form von Fördermittel-Bonusmodellen gesetzt werden, wenn Kommunen einen bestimmten Anteil ihrer Klimaanpassungsinvestitionen über Resilienzanleihen finanzieren; auch Zuschläge zu den von den Kommunen zu leistenden Prämienraten wären möglich.

Beispiele

Obwohl Resilienzanleihen als Konzept bereits 2015 entwickelt wurden, befinden sich die meisten konkreten Implementierungen noch in der Entwicklung oder in Pilotphasen. Die re:focus partners haben das Framework validiert und arbeiten seit 2017 mit verschiedenen Partnern aus der Versicherungsindustrie und den Kapitalmärkten an der ersten Markteinführung (Vaijhalä und Rhodes 2018). Der Fokus lag bislang primär auf großen öffentlichen Infrastrukturprojekten in Nordamerika, insbesondere in klimagefährdeten Städten wie San Francisco, Houston und Miami (Vaijhalä und Rhodes 2018).

Im internationalen Entwicklungskontext wurden 2023 von der Asian Infrastructure Investment Bank (AIIB) Klimaanpassungsanleihen ausgegeben, die strukturelle Ähnlichkeiten zu Resilienzanleihen aufweisen. Die erste Emission über 500 Mio. australische Dollar war speziell für Projekte vorgesehen, bei denen mindestens 20 % der Finanzierung für Klimaanpassung verwendet werden (AIIB 2023). Ähnliche Ansätze verfolgt die Asian Development Bank, die 2019 Green Bonds im Wert von 132 Mio. USD herausgab, die explizit resiliente Infrastrukturprojekte wie klimaangepasste Verkehrssysteme und Hochwasserschutzmaßnahmen finanzieren (Qadir et al. 2021).

Die Europäische Bank für Wiederaufbau und Entwicklung (EBRD) hat einen strukturierten Ansatz für Climate Resilience Bonds entwickelt, der drei Kategorien umfasst: klimaresiliente Infrastruktur (Wasser, Energie, Transport), klimaresiliente Geschäfts- und Handelsoperationen sowie klimaresiliente Landwirtschafts- und ökologische Systeme (EBRD 2019). Obwohl diese noch nicht vollständig die Resilience Rebate-Struktur integrieren, zeigen sie die praktische Machbarkeit und den Willen zur Umsetzung von anpassungsorientierten Anleiheninstrumenten.

Fazit und Ausblick

Resilienzanleihen mit Präventionsfokus adressieren eine zentrale Herausforderung der Klimafinanzierung: die Schließung der Lücke zwischen begrenzten öffentlichen Ressourcen und dem exponentiell wachsenden Bedarf an präventiver Klimaanpassung (Mazzai 2024). Durch die Kombination von Risikotransfer und Projektfinanzierung schaffen sie Anreize für proaktive Investitionen in Resilienz und überwinden damit das traditionelle Problem, dass Präventionsmaßnahmen politisch und finanziell

schwer zu rechtfertigen sind, obwohl sie langfristig kostenwirksamer sind (Vaijhalä und Rhodes 2018). Die zunehmende Frequenz und Intensität klimabedingter Extremereignisse verstärkt die Nachfrage nach Instrumenten wie Katastrophen- und Resilienzanleihen sowohl von öffentlicher als auch von privater Seite (Mazzai 2024; Reitmeier 2024). Kapitalmärkte zeigen wachsendes Interesse an nachhaltigen und klimaresilienten Investitionen (Colom 2025), was die Grundlage für eine Skalierung von Resilienzanleihen schafft. Die Integration in den breiteren Green Bond-Markt, der im März 2025 bereits fast 3 Billionen USD mobilisiert hatte (Demski et al. 2025), könnte zusätzliche Liquidität und Standardisierung fördern.

Technologische Fortschritte in Klimamodellierung, Erdbeobachtung und Datenanalyse können zukünftig die Präzision der zugrundeliegenden Risikomodellierung verbessern und damit das Basisrisiko reduzieren. Künstliche Intelligenz und Machine Learning könnten insbesondere die Bewertung komplexerer, systemischer Resilienzmaßnahmen vereinfachen und den Anwendungsbereich der Instrumente erweitern (s. auch Steckbriefe zu parametrischen Versicherungslösungen und CRDCs).

Für eine erfolgreiche Marktentwicklung bedarf es jedoch koordinierter Anstrengungen zur Standardisierung, Regulierung und Kapazitätsentwicklung. Der Aufbau von Expertise sowohl bei öffentlichen Emittenten als auch bei InvestorInnen ist essenziell. Die Entwicklung international harmonisierter Taxonomien für Resilienzinvestitionen könnte die Vergleichbarkeit und das Vertrauen in diese Instrumente stärken (Feiková 2025). Pilotprojekte und die schrittweise Erweiterung auf verschiedene Risikotypen und geografische Regionen werden entscheidend für die langfristige Etablierung von Resilienzanleihen als ein Standardinstrument der Klimafinanzierung sein.

Weiterführende Literatur

- Vaijhalä, Shalini; Rhodes, James (2018): **Resilience Bonds: a business-model for resilient infrastructure**. In: *Field Actions Science Reports. The journal of field actions* (Special Issue 18), S. 58–63. Online verfügbar unter <https://journals.openedition.org/factsreports/4910>
- Qadir, Ujala; Pillay, Kamlesh; Creed, Anna; Boule, Bridget; Tukiainen, Krista; Lala, Olumide et al. (2021): **Green Bonds for Climate Resilience. State of Play and Roadmap to Scale**. Hg. v. Global Center on Adaptation. Climate Bonds Initiative. Online verfügbar unter <https://gca.org/wp-content/uploads/2021/10/Green-Bonds-for-Climate-Resilience-State-of-Play-and-Roadmap-to-Scale.pdf>

7.4 Klima-resiliente Schuldenklauseln (CRDCs)

Einordnung: neues Instrument/Erweiterung eines bestehenden Instruments?

Neues Instrument

Definition und Grundprinzip

Das Eintreten klimabedingter Schadensereignisse kann öffentliche Haushalte erheblich in ihrer Fähigkeit einschränken, bestehende Schuldendienste und Kreditverpflichtungen zu leisten. Klima-resiliente Schuldenklauseln (Climate-Resilient Debt Clauses, CRDCs) sind ein innovatives Finanzinstrument, das in Schuldverträge integriert werden kann, um bei Naturkatastrophen oder extremen Wetterereignissen eine temporäre Aussetzung oder Stundung von Tilgungs- und Zinszahlungen zu ermöglichen. Das Grundprinzip von CRDCs basiert auf *ex-ante* vereinbarten Bedingungen, unter denen die normale Schuldenbedienung unterbrochen werden kann. Diese Klauseln identifizieren spezifische Trigger-Ereignisse wie Stürme, Überschwemmungen, Dürren oder andere klimabedingte Ereignisse, bei deren Eintreten die vereinbarte Zahlungsaussetzung automatisch oder auf Antrag aktiviert wird (Cravero et al. 2025). Die Weltbank deckt mit ihrem CRDC-Produkt zudem auch Notfälle im Bereich der öffentlichen Gesundheit ab, insbesondere Pandemien und Epidemien (Navarro-Martin 2024).

Funktionsweise

Um CRDCs zu implementieren, müssen bei der Gestaltung eines Schuldinstruments entsprechende Klauseln vereinbart und vertraglich festgehalten werden. Die International Capital Market Association (ICMA) veröffentlichte 2022 eine standardisierte Vorlage für CRDCs, die durch eine von der britischen Regierung einberufene Arbeitsgruppe erarbeitet wurde (Cravero et al. 2025). Dieses ICMA Term Sheet legt eine Reihe von Charakteristika für CRDCs fest (Cravero et al. 2025):

- **Bandbreite abgedeckter Ereignisse:** eine Reihe exogener Ereignisse (d. h. Ereignisse außerhalb der Kontrolle von Behörden) mit negativen wirtschaftlichen Auswirkungen auf den Kreditnehmer (z. B. Erdbeben, Tsunamis, Dürren, Überschwemmungen und Pandemien).
- **Auslöser für CRDCs:** müssen von beiden Parteien vorab gemeinsam festgelegt werden. Eine Kombination aus parametrischen Auslösern, die unabhängig gemessen werden können, und Proxy-Auslösern (basierend auf Erklärungen relevanter Behörden oder Organisationen) ist denkbar; Auslöser müssen verlässlich und zeitnah erfassbar sein, unabhängig verifizierbar und von keiner Partei beeinflussbar²³.
- **Bedingungen für den Zahlungsaufschub:** umfassen v.a. die Dauer des Aufschubs; die Anzahl der zulässigen Aufschübe; klären, ob der Aufschub nur für Zinsen, für das rückzuzahlende Kapital oder beides gilt; und legen Rückzahlmodalitäten fest. Ein Jahr Aufschub wird von der ICMA als Standard festgelegt, bis zu zwei Jahre Aufschub sind möglich. Die Rückzahlung kann, unter Berücksichtigung der Gesamtlaufzeit des Schuldeninstruments, bis zu dreimal aufgeschoben werden. Die aufgeschobenen Schulden können mit einem der folgenden Modi zurückgezahlt werden:
 - o Sie werden einem sog. endfälligen Darlehen (Bullet Loan)²⁴ hinzugefügt und nach Ablauf als Einmalzahlung mit höheren Zinsen zurückgezahlt;

²³ Weitere Details zu den notwendigen Eigenschaften parametrischer Auslöser finden sich im Steckbrief zu parametrischen Versicherungslösungen.

²⁴ Bei einem endfälligen Darlehen wird die gesamte Darlehenssumme am Ende des Kreditzeitraums zurückgezahlt, ohne dass vorher Ratenzahlungen getätigt werden (Corporate Finance Institute 2024).

- Sie werden pro rata, d. h. proportional auf die verbleibende Restlaufzeit verteilt, auf die zukünftigen Ratenzahlungen aufgeschlagen;
- Sie werden innerhalb von bis zu drei Jahren nach dem Auslöser-Ereignis zurückgezahlt, aber innerhalb des ursprünglichen Kreditzeitraums.

Tritt also eines der abgedeckten Ereignisse, z. B. eine Dürre, ein und führt zur Auslösung eines festgelegten Triggers (z. B. Unterschreitung eines Niederschlags-Grenzwerts oder Ausrufung eines Notstands in Folge einer Dürre durch eine zuständige Behörde), wird das betreffende Schuldinstrument entsprechend den Vertragsbedingungen gestundet. Die Stundung kann nach festgelegten Kriterien (z. B. andauernder Dürre) verlängert werden. Nach Ablauf der Stundung wird die ausgesetzte Schuldensumme mit den festgelegten Modalitäten zurückgezahlt; ein Schuldenerlass findet nicht statt.

Vorteile und Anwendungsbereiche

Anders als traditionelle ex-post Umschuldungsverfahren bieten CRDCs den Vorteil einer vordefinierten, rechtlich abgesicherten „Atempause“ für die betroffenen Haushalte, die keine zeitaufwändigen Neuverhandlungen erfordert, sondern durch die Freisetzung von für die Schuldentilgung vorgesehenen Finanzmitteln zeitnah finanzielle Spielräume eröffnet (Cravero et al. 2025). Die Aktivierung erfolgt auf Basis objektiv messbarer Parameter oder durch Erklärungen relevanter Behörden, was Rechtssicherheit und schnelle Liquiditätsentlastung gewährleistet (Cravero et al. 2025). Ein wichtiges Merkmal von CRDCs ist die sogenannte Nettobarwert-Neutralität für Gläubiger, da die Zahlungen lediglich verschoben, aber nicht erlassen werden (Cravero et al. 2025); sie verändern somit weder den Schuldenstand des Schuldners, noch erzeugen sie einen Verlust für den Gläubiger. CRDCs tragen im Katastrophenfall zudem dazu bei, das Ausfallrisiko bei anderen Kreditverpflichtungen etc. zu verringern und somit Strafgeldern und weitere Folgekosten zu vermeiden (Cravero et al. 2025).

Während CRDCs bisher vor allem in internationalen Entwicklungs-Kontexten diskutiert werden, wäre auch eine Anwendung im deutschen föderalen Kontext denkbar. Für eine praktikable Integration von CRDCs ist dabei eine klare Unterscheidung zwischen marktfinanzierter Verschuldung und Ausgleichszahlungen erforderlich. Erstere umfasst Anleihen und Kredite, in die CRDC-Klauseln direkt eingebettet werden können (vgl. Steckbriefe zu Katastrophenanleihen und Resilienzanleihen). Letztere betrifft das bestehende föderale Transfersystem (Umsatzsteuerverteilung, Finanzausgleich, Bundesergänzungszuweisungen, kommunaler Finanzausgleich; vgl. Kapitel 3.2), das durch parametrische Anpassungsmechanismen ergänzt werden könnte. Im Schadensfall könnten die aufgrund der Wirtschaftsleistung des Vorjahres berechneten Abschläge eines von einem Schadensereignis betroffenen Geberlands aus der Umsatzsteuerverteilung reduziert bzw. zeitlich verschoben werden, um temporären finanziellen Spielraum zu schaffen. Um trotzdem die vollständige Auszahlung an die Nehmerländer sicherzustellen, könnte der Bund Mittel in einen Klimaausgleichsfonds einzahlen, der als Liquiditätsreserve die aus einer Reduktion des Umsatzsteuerabschlags eines Geberlands entstehende Differenz ausgleicht. In den Folgejahren wird der Umsatzsteuerabschlag des betreffenden Geberlandes leicht erhöht und so der Fonds-Zuschuss wieder ausgeglichen; langfristig und in der Gesamtbetrachtung bleibt die Nettobelastung des Geberlands dabei neutral.

Die Integration von CRDCs in den deutschen Finanzausgleich böte erhebliche Vorteile für die fiskalische Resilienz der Haushalte von Ländern und Kommunen. Der wichtigste Vorteil liegt in der sofortigen Liquiditätsentlastung nach klimabedingten Schadensereignissen. Betroffene Länder und Kommunen könnten die sonst für den Schuldendienst in Anleihen o.ä. vorgesehenen bzw. im Finanzausgleich zusätzlich bereitgestellten Mittel unmittelbar für Notfallmaßnahmen, Wiederaufbau und Katastrophenhilfe einsetzen. Vergangene Extremwetterereignisse in Deutschland, wie die Hochwasserkatastrophen in Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz 2021, haben gezeigt, dass schnelle finanzielle Hilfen von essenzieller Bedeutung bei der Bewältigung der unmittelbaren Schäden sowie der Unterstützung betroffener Menschen und Kommunen sind (BMI und BMF 2022).

CRDCs würden auch die finanzielle Planungssicherheit für Länder und Kommunen erhöhen, da sie *ex ante* definierte Entlastungsmechanismen bereitstellen. Im Gegensatz zu ad-hoc staatlichen Hilfen, die politischen Aushandlungsprozessen unterliegen und zeitlich verzögert erfolgen (z. B. im Falle der Flutkatastrophen 2021; BMI und BMF 2022), bieten CRDCs automatisierte, rechtlich verankerte Unterstützung. Dies reduziert Unsicherheiten in der Haushaltsplanung und ermöglicht es Ländern und Kommunen, langfristige Investitionsstrategien zu verfolgen. In diesem Sinne können CRDCs als Instrument der Schadensfinanzierung auch einen indirekten Beitrag zur Klimaanpassungsfinanzierung leisten, indem sie finanzielle Spielräume beim resilienten Wiederaufbau vergrößern. Dem Bund käme bei der Implementierung von CRDCs eine zentrale Koordinationsrolle zu. Dazu gehört die Standardisierung von Trigger-Mechanismen, etwa basierend auf Daten des Deutschen Wetterdienstes und des Bundesamts für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe. Der Bund könnte auch die notwendige technische Infrastruktur für Datensammlung und -verarbeitung bereitstellen sowie einen rechtlichen Rahmen für die Implementierung von CRDCs in föderalen Finanzbeziehungen schaffen, ähnlich wie es Großbritannien mit der IMCA-Vorlage für CRDCs getan hat (Cravero et al. 2025). In diesem Rahmen könnten die Eigenschaften des Instruments passgenau auf den deutschen Kontext angepasst werden. Darüber hinaus könnte der Bund als Rückversicherer oder Garantiegeber für extreme Schadensfälle fungieren (s. Steckbrief zum Staat als letzter Versicherungsinstanz), beispielsweise durch die Garantieübernahme für die Liquidität des Klimaausgleichsfonds, der so auch bei einem parallelen Auftreten von Extremereignissen in mehreren Geberländern bzw. überregionalen Schadensereignissen die Stabilität des Finanzausgleichssystems sicherstellen würde.

Herausforderungen und Limitationen

Die Nutzung parametrischer Trigger setzt voraus, dass angemessene Parameter für die abgedeckten Extremwetterereignisse ausgewählt werden und diese mit räumlich und zeitlich hochauflösenden, präzisen, objektiven und aktuellen Daten unterfüttert sind (siehe Steckbrief zu parametrischen Versicherungslösungen). Da CRDCs bisher primär im Globalen Süden zum Einsatz kommen und etablierte Parameter wie Hurrikanstärke im deutschen Kontext nicht relevant sind, müssen neue Indikatoren für den deutschen Kontext festgelegt werden, bevor CRDCs in Deutschland angewendet werden können.

Ein strukturelles Problem der Anwendung von CRDCs im deutschen föderalen System ergibt sich aus der geografischen Verteilung klimabedingter Risiken in Deutschland (siehe z. B. UBA 2022b). Klimarisiken sind geografisch ungleich verteilt, was bedeuten könnte, dass bestimmte Länder oder Kommunen systematisch häufiger von CRDCs profitieren würden als andere. Es liegt zudem in der Natur des Instruments, dass CRDCs ihre größte Wirkung bei hoch verschuldeten Haushalten entfalten können, während ökonomisch besser aufgestellte Haushalte weniger Bedarf nach den zusätzlichen finanziellen Spielräumen haben, die durch CRDCs geschaffen werden können. Dies könnte bereits existierende Konflikte zwischen Geber- und Nehmerhaushalten im Finanzausgleich verschärfen. Zudem würde die Einbettung von CRDCs in bestehende Strukturen die ohnehin hohe Komplexität des föderalen Finanzsystems weiter erhöhen.

Fazit und Ausblick

Klima-resiliente Schuldenklauseln stellen ein innovatives Instrument zur Stärkung der fiskalischen Resilienz gegen klimabedingte Finanzrisiken dar. Ihre Implementierung im deutschen Länderfinanzausgleich würde einen wichtigen Baustein für eine klimaangepasste föderale Finanzarchitektur bilden und betroffenen Ländern und Kommunen schnelle, planbare Entlastung in Krisenzeiten bieten.

Eine Einbettung von CRDCs in den deutschen Finanzausgleich wäre ein politisch höchst komplexes Vorhaben, das neben der Einrichtung eines Klimaausgleichsfonds auch Anpassungen der gesamten

Finanzausgleichsarchitektur umfassen würde. Vor diesem Hintergrund wäre es denkbar, CRDCs zunächst in ausgewählte neue Klimafinanzierungsinstrumente des Bundes zu integrieren oder freiwillige Pilotprojekte mit Ländern oder Kommunen umzusetzen.

Langfristig könnten CRDCs Teil einer umfassenderen Reform der föderalen Finanzbeziehungen werden, die auch andere innovative Instrumente wie Cat Bonds integriert (s. Steckbrief). Die zunehmende Erfahrung internationaler Organisationen mit CRDCs, insbesondere der Weltbank (Navarro-Martin 2024) und regionaler Entwicklungsbanken (Cravero et al. 2025), bietet wertvolle Erkenntnisse für eine deutsche Implementierung.

Weiterführende Literatur

- Cravero, Maura; Gonzalez Esquinca, Karla D.; Peres, Taarika (2025): **Climate-resilient debt clauses: a primer for FiCS members**. Climate Policy Initiative. Online verfügbar unter <https://www.climatepolicyinitiative.org/publication/climate-resilient-debt-clauses-a-primer-for-fics-members/>

7.5 Erweiterung lokaler Klimafonds

Einordnung: neues Instrument/Erweiterung eines bestehenden Instruments?

Erweiterung eines bestehenden Instruments: Kommunale Klimafonds, die bislang überwiegend Projekte zur Emissionsminderung fördern, werden um die Finanzierung von Maßnahmen zur Klimaanpassung erweitert. Damit wird Klimaanpassung als gleichwertiges Ziel neben dem Klimaschutz etabliert und lokale Resilienz gegen Klimafolgen gestärkt.

Definition und Grundprinzip

Die Erweiterung lokaler Klimafonds bedeutet, dass bestehende Fonds auf kommunaler Ebene künftig nicht mehr nur Klimaschutzprojekte, sondern auch Anpassungsmaßnahmen unterstützen. Förderfähig sind Projekte, die lokale Risiken durch den Klimawandel mindern – etwa Schwammstadtkonzepte, Begrünungen, Frühwarnsysteme oder Renaturierungen. Ziel ist es, die Spielräume der Kommunen für vorausschauende Klimapolitik zu vergrößern und mehr AkteurInnen zur aktiven Beteiligung zu motivieren.

Ein Klimafonds mobilisiert Mittel, mit denen konkrete Klimaprojekte vor Ort umgesetzt werden. Dieses Instrument gibt AkteurInnen vor Ort, wie Stiftungen, Vereinen, Unternehmen oder EinwohnerInnen die Möglichkeit, sich mit einem finanziellen Beitrag oder eigenen Projekten zu beteiligen. Bisher zielt diese Finanzierungsinstrument in erster Linie darauf ab, neue Gelder für den lokalen Klimaschutz zu erschließen und bereitzustellen. Großes Potential besteht darin, hier das Thema Klimaanpassung ebenfalls zu verankern und so lokale Projekte für die Anpassung zu finanzieren und umzusetzen.

Zur Finanzierung eines Klimafonds können unterschiedliche Mittel aus dem öffentlichen und privaten Sektor herangezogen werden. Einen wesentlichen Anteil haben dabei freiwillige Zuwendungen aus der Wirtschaft, von Unternehmen, Stiftungen sowie Privatpersonen.

Funktionsweise

Die Hauptfunktion eines lokalen Klimafonds besteht darin, Projekte zu finanzieren, die zusätzlich zu den laufenden Maßnahmen der Kommunalverwaltung zur Emissionsminderung oder der Klimaanpassung der Kommune beitragen und die direkt vor Ort umgesetzt werden.

Im Rahmen ihrer Selbstverwaltungsgarantie können Kommunen Klimafonds einrichten und aus allgemeinen Haushaltsmitteln finanzieren. Die Mehrheit der bestehenden Klimafonds wird – zumindest teilweise – mit kommunalen Eigenmitteln finanziert. Das bedeutet, dass Kommunen (einmalig oder jährlich) Gelder aus ihrem Haushalt bereitstellen, mit denen der Klimafonds lokale Projekte fördert. Diese Mittel sind zweckgebunden und werden über den kommunalen Haushalt verabschiedet.

Die Mittel lokaler Klimafonds stammen aus einer Mischung öffentlicher und privater Quellen. Neben kommunalen Haushaltsmitteln und Beiträgen kommunaler Unternehmen sind insbesondere freiwillige Spenden von BürgerInnen, Unternehmen und Stiftungen zentral. Auch Einnahmen aus Übernachtungssteuern, Konzessionsabgaben oder Kompensationszahlungen können eingebracht werden (Keusen et al. 2022).

Durch vor Ort formulierte Förderrichtlinien können thematische Schwerpunkte festgelegt werden, wie etwa die Gebäudebegrünung, Entsiegelung oder Hitzeschutz. Auch spezielle Zielgruppen können festgehalten werden, beispielsweise soziale Einrichtungen, Schulen oder gemeinnützige Organisationen. Kommunale Pflichtaufgaben oder gewinnorientierte Projekte sind von der Förderung durch lokaler Klimafonds ausgeschlossen.

Die Trägerschaft kann bei der Kommunalverwaltung, einem kommunalen Unternehmen oder einem Verein liegen. Die meisten Klimafonds werden von der Verwaltung geführt, was die Nutzung vorhandener Strukturen und Fachkompetenzen erleichtert. Entscheidend ist, dass der Wirkungskreis des Fonds auf das Gemeindegebiet begrenzt bleibt. Auch interkommunale Fonds, die von mehreren Gemeinden gemeinsam getragen werden, sind möglich. Auch in diesen Fällen sollte sichergestellt sein, dass Fördermittel ausschließlich für Projekte in der Region, also innerhalb des gemeinsamen Wirkungsbereichs verwendet werden. Alternativ kann ein Verein als Träger fungieren, was insbesondere bei etablierten Organisationen die Akzeptanz erhöhen kann (Altenburg und Sommer 2022; Keusen und Radic-Capuani 2024).

Vorteile und Anwendungsbereiche

Die Erweiterung lokaler Klimafonds um die Förderung von Anpassungsmaßnahmen bringt zahlreiche Vorteile mit sich und eröffnet vielfältige Anwendungsbereiche. Zunächst stärkt ein solcher Fonds die Handlungsfähigkeit von Kommunen, indem er zusätzliche Finanzmittel für Projekte bereitstellt, die gezielt auf die lokalen Herausforderungen des Klimawandels reagieren. Durch die Einbindung unterschiedlicher AkteurInnen – von BürgerInnen über Unternehmen bis hin zu Vereinen und Stiftungen – wird nicht nur die finanzielle Basis verbreitert, sondern auch das gesellschaftliche Engagement für Klimaanpassung und Klimaschutz gefördert. Der partizipative Charakter des Instruments sorgt dafür, dass Klimaschutz und -anpassung als gemeinschaftliche Aufgabe wahrgenommen werden, was das Gefühl von Selbstwirksamkeit und Zugehörigkeit innerhalb der Kommune stärkt.

Ein lokaler Klimafonds ermöglicht es, Projekte zu realisieren, die unmittelbar vor Ort Wirkung entfalten und die Lebensqualität der Bevölkerung verbessern, etwa durch die Begrünung von Dächern und Fassaden, den Ausbau von Frühwarnsystemen oder die Renaturierung von Flächen. Die Sichtbarkeit und Erlebbarkeit dieser Maßnahmen tragen dazu bei, die Akzeptanz für Klimaanpassung zu erhöhen und das Bewusstsein für die Herausforderungen des Klimawandels zu schärfen. Darüber hinaus profitieren auch die lokale Wirtschaft, der Tourismus und die Vereinslandschaft von den geförderten Projekten, da diese häufig mit regionalen Wertschöpfungsketten verbunden sind. Die Integration in bestehende Strukturen der Kommunalverwaltung ermöglicht zudem eine vergleichsweise unkomplizierte und schnelle Umsetzung, sodass der Fonds rasch Wirkung entfalten kann und bei Bedarf an neue Herausforderungen angepasst werden kann.

Herausforderungen und Limitationen

Eine zentrale Hürde besteht darin, dass insbesondere strukturschwache Kommunen oft nur über begrenzte Haushaltsmittel verfügen, was die Bereitstellung von Eigenmitteln für den Fonds erschwert. In solchen Fällen kann die Finanzierung stark von Spenden und freiwilligen Beiträgen abhängen, die wiederum konjunkturellen Schwankungen unterliegen und somit keine verlässliche Planungsgrundlage bieten. Dies kann dazu führen, dass die Fördermöglichkeiten des Fonds nicht in jedem Jahr im gleichen Umfang zur Verfügung stehen und langfristige Projektförderungen erschwert werden (Keusen et al. 2022).

Zudem erfordert die erfolgreiche Umsetzung eines lokalen Klimafonds eine klare rechtliche und organisatorische Ausgestaltung. So muss sichergestellt werden, dass der Wirkungskreis des Fonds auf das Gemeindegebiet beschränkt bleibt und die Förderkriterien transparent sowie nachvollziehbar definiert sind. Die Einbindung neuer Aufgabenbereiche wie der Klimaanpassung kann zudem zusätzlichen Verwaltungsaufwand bedeuten, insbesondere wenn die Trägerschaft bei der Kommunalverwaltung liegt und entsprechende personelle Ressourcen bereitgestellt werden müssen. Schließlich hängt die Wirksamkeit des Instruments maßgeblich von einer strategischen Förderplanung und einer kontinuierlichen Öffentlichkeitsarbeit ab. Ohne eine langfristige Perspektive und ein

kontinuierliches Engagement besteht das Risiko, dass der Fonds seine Wirkung nicht voll entfalten kann und das Vertrauen der lokalen AkteurInnen verliert.

Beispiele

Es gibt in Deutschland bereits zahlreiche Beispiele für örtliche Klimafonds. Nachfolgend sind zwei Beispiele beschrieben:

- **Klimafonds Göttingen:**

Im Rahmen dieses Fonds werden gezielt nicht nur klassische Klimaschutzmaßnahmen, sondern auch Projekte zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels gefördert. Besonders hervorzuheben ist das Fördermodul „Wasser und Begrünung“, das Göttinger BürgerInnen dabei unterstützt, ihre Gebäude und Grundstücke besser auf Starkregenereignisse und Hitzeperioden vorzubereiten. Zu den förderfähigen Maßnahmen zählen unter anderem die Installation von Aufkantung und Bodenschwellen zum Schutz vor Überflutung, der Einbau druckdichter Türen sowie die Anlage von Zisternen zur Regenwassernutzung. Darüber hinaus werden Begrünungsmaßnahmen wie die Entsiegelung von Flächen und die Bepflanzung von Dächern und Fassaden finanziell unterstützt, um das Stadtklima zu verbessern und die Auswirkungen von Hitze abzumildern (Stadt Göttingen o. J.).

- **Klimafonds der Metropolregion Nürnberg:**

Der Klimafonds der Metropolregion Nürnberg ist ein Praxisbeispiel für einen partizipativen und transparenten Ansatz zur Finanzierung von Klimaschutz- und Nachhaltigkeitsprojekten auf regionaler Ebene. Die Finanzierung des Fonds erfolgt durch eine breite Mischung verschiedener Quellen: Neben Mitgliedsbeiträgen tragen Drittmittel, wie Fördergelder, sowie freiwillige Zahlungen und Spenden von Privatpersonen, Unternehmen und kommunalen Gebietskörperschaften wesentlich zur Mittelbereitstellung bei. Dieses diversifizierte Finanzierungsmodell ermöglicht es, sowohl die regionale Wirtschaft als auch die Zivilgesellschaft aktiv in die Gestaltung und Umsetzung von Klimaschutz- und Anpassungsmaßnahmen einzubinden. Die transparente Berichterstattung über die Verwendung der Mittel sorgt zudem für ein hohes Maß an Nachvollziehbarkeit und Vertrauen bei allen Beteiligten (Metropolregion Nürnberg o. J.).

Fazit und Ausblick

Lokale Klimafonds haben sich in den vergangenen Jahren als wirkungsvolles Instrument für Klimaprojekte vor Ort etabliert. Sie ermöglichen es, gezielt auf die spezifischen Bedarfe und Herausforderungen vor Ort einzugehen und die lokale Bevölkerung sowie Unternehmen aktiv in die Finanzierung und Umsetzung von Klimaschutz- und Anpassungsmaßnahmen einzubinden. Durch die Kombination aus öffentlicher, privater und zivilgesellschaftlicher Finanzierung werden zusätzliche Mittel mobilisiert, die über klassische Haushaltsansätze hinausgehen. Zukünftig könnten Klimafonds noch stärker als Plattform für Innovation und gesellschaftlichen Zusammenhalt dienen, indem sie neue Akteure einbinden, digitale Beteiligungsformate nutzen und gezielt Synergien mit anderen Förderprogrammen schaffen. Damit tragen sie nicht nur zur Erreichung von Klimaneutralität und Anpassung bei, sondern stärken auch die demokratische Teilhabe und die Zukunftsfähigkeit der Kommunen.

7.6 Resilienzprüfung von Infrastrukturinvestitionen

Einordnung: neues Instrument/Erweiterung eines bestehenden Instruments?

Die verpflichtende Resilienzprüfung für Infrastrukturinvestitionen stellt ein neues Instrument dar, das in dieser systematischen und umfassenden Form bislang nicht im deutschen Planungs- und Förderkontext verankert ist. Sie geht deutlich über bislang etablierte Verfahren hinaus, indem sie eine verbindliche und prüfbare Integration von Klimaanpassung und Resilienz in sämtlichen Phasen öffentlicher Investitionen vorschreibt und so eine innovative Grundlage für klima- und zukunftssteife Infrastrukturen schafft.

Definition und Grundprinzip

Der Klimawandel wirkt sich bereits heute auf langlebige Infrastrukturen wie Brücken, Bahnstrecken und Kraftwerke aus und diese Effekte dürften künftig weiter zunehmen. Daher benötigen sie besondere Planung. Auch bei der Bauweise, etwa von Gleisen, sollten künftige Klimaentwicklungen statt vergangener Werte berücksichtigt werden. Es ist also essenziell, klimaresiliente und klimafreundliche Infrastrukturen klar zu identifizieren und gezielt zu fördern (DG REGIO 2025).

Eine Resilienzprüfung stellt hier kein Finanzierungsinstrument im engeren Sinne dar, sondern ist ein Instrument, das darauf abzielt, Klimaanpassung systematisch in die Breite von öffentlichen Infrastrukturinvestitionen zu integrieren. Dies soll in der Folge dazu führen, dass der öffentliche Mitteleinsatz von vornherein stärker auf die Anforderungen der Klimaanpassung ausgerichtet wird und so letztlich Investitionen in Klimaanpassung bzw. klimaangepasste Infrastrukturvorhaben steigen.

Die Resilienzprüfung bewertet, inwieweit geplante oder bestehende Infrastrukturprojekte gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels widerstandsfähig sind. Ziel ist es, Klimarisiken frühzeitig im Planungsprozess zu identifizieren, zu bewerten und durch geeignete Anpassungsmaßnahmen zu minimieren. Dabei orientiert sich das Vorgehen an europäischen Standards wie dem „Climate Resilience Check“ der EU-Kommission (European Commission: Directorate-General for Climate Action 2021), sollte jedoch auf die spezifischen Anforderungen in Deutschland zugeschnitten sein. So wird Resilienz nicht nur bei expliziten Klimaanpassungsprojekten, sondern in sämtlichen öffentlichen Investitionen integriert und langfristige Schäden durch Extremwetterereignisse oder schleichende Veränderungen verringert. Eine verpflichtende, prüfbare Dokumentation jedes Schrittes der Resilienzprüfung schafft Transparenz und Nachvollziehbarkeit für Förder- und Genehmigungsbehörden und spielt eine entscheidende Rolle für die Begründung von Investitionsentscheidungen (DG REGIO 2025).

Funktionsweise

Im Rahmen der Resilienzprüfung führen Projektträger unter Aufsicht der zuständigen Behörden eine Klimarisiko- und Vulnerabilitätsanalyse durch. Diese umfasst einen zweistufigen Prozess: ein Screening (Vorprüfung) und eine vertiefte Analyse. Auf der ersten Stufe erfolgt eine Initialbewertung, bei der ein erster Klimacheck zur Identifikation klimatischer Stressoren (z. B. Hitze, Starkregen, Hochwasser) durchgeführt wird und entschieden wird, ob eine vertiefte Analyse notwendig ist. Auf der zweiten Stufe folgt dann eine detailliertere Risiko- und Vulnerabilitätsanalyse zur Bewertung der Exposition und Sensitivität der Infrastruktur sowie zur Entwicklung und Bewertung von Anpassungsoptionen. Die Ergebnisse werden dokumentiert und dienen als Grundlage für die Auswahl, Planung und Umsetzung von Maßnahmen, die das Restrisiko auf ein akzeptables Niveau senken. Die Festlegung eines „akzeptablen Risikoniveaus“ hängt davon ab, welches Risiko der Projektträger bereit ist, zu akzeptieren. So kann es beispielsweise Projektbestandteile geben, die als nicht-essenzielle Infrastruktur eingestuft werden, bei denen Kosten von Anpassungsmaßnahmen die Vorteile der Risikovermeidung übersteigen. In solchen Fällen kann es sinnvoll sein, unter bestimmten Umständen das Ausfallen von nicht-

essentieller Infrastruktur in Kauf zu nehmen. Die Konformität mit der Resilienzprüfung wird von Genehmigungsbehörden überprüft und soll von Fördermittelgebern zur Fördervoraussetzung gemacht werden (European Commission: Directorate-General for Climate Action 2021).

Vorteile und Anwendungsbereiche

Die Resilienzprüfung unterstützt öffentliche Auftraggeber dabei, Investitionen zukunftssicher und nachhaltig zu gestalten. Sie hilft, Fehlinvestitionen zu vermeiden und die Lebensdauer und Funktionsfähigkeit von Infrastrukturen zu erhöhen. Ökonomisch kann sie demnach zu einer Reduzierung künftiger Schadens- und Reparaturkosten führen. Besonders relevant ist das Instrument für langfristige Großprojekte im Bereich Infrastruktur, welche in der Regel langlebig sind und über viele Jahre hinweg einem sich ändernden Klima, das immer häufiger mit extremen Wetterereignissen einhergeht, ausgesetzt sein werden (European Commission: Directorate-General for Climate Action 2021).

Insbesondere vor dem Hintergrund des geplanten Sondervermögens „Infrastruktur und Klimaneutralität“ werden Infrastrukturinvestitionen in Deutschland in den nächsten Jahren eine bedeutende Rolle spielen. Mit dem Sondervermögen gemäß Artikel 143h GG stellt die Bundesregierung bis 2045 bis zu 500 Mrd. EUR für zentrale Zukunftsprojekte bereit, die insbesondere die Bereiche Verkehr, Energie, Digitalisierung und Klimaschutz betreffen. In diesem Jahr sollen bereits 37,2 Mrd. EUR verausgabt werden. Weitere 84,8 Mrd. EUR sollen laut dem Wirtschaftsplan des Sondervermögens als Verpflichtungsermächtigungen für die kommenden Haushaltsjahre gebunden werden (Deutscher Bundestag 2025b).

Gerade im Kontext des Sondervermögens ist es demnach essenziell, dass die Vergabe der Mittel und die damit verbundenen Investitionsentscheidungen konsequent die Klimaresilienz der Infrastrukturprojekte fördern. Angesichts der enormen Summen und der langfristigen Wirkung der geförderten Projekte besteht die Gefahr, dass ohne systematische Berücksichtigung von Klimarisiken und Vulnerabilitäten neue Infrastrukturen entstehen, die bereits in wenigen Jahrzehnten den Herausforderungen des Klimawandels nicht mehr gewachsen sind. Eine verpflichtende Durchführung einer Resilienzprüfung stellt sicher, dass Risiken wie Extremwetter, Überflutungen oder Hitze frühzeitig erkannt und in der Planung berücksichtigt werden. So wird gewährleistet, dass öffentliche Investitionen nicht nur kurzfristige Bedarfe adressieren, sondern dauerhaft einen nachhaltigen, sicheren und wirtschaftlichen Betrieb ermöglichen. Die Resilienzprüfung trägt somit maßgeblich dazu bei, die Wirkung des Sondervermögens zu maximieren und die Transformation zu einer zukunftsfähigen, widerstandsfähigen Infrastruktur in Deutschland voranzutreiben.

Die sektoralen Einsatzfelder dieses Instruments sind außerdem vielfältig: Neben dem Verkehrsbereich, in dem allein in den kommunalen Straßen- und Verkehrsnetzen ein Investitionsrückstand von 48,3 Mrd. EUR (2024) besteht (KfW Research 2025a), sollten Resilienzprüfungen auch im Energiesektor, im Wasserbereich und in der kommunalen Daseinsvorsorge (z. B. Schulen) Anwendung finden.

Herausforderungen und Limitationen

Zu den zentralen Herausforderungen zählen die Verfügbarkeit und Qualität von Klimadaten sowie die Unsicherheiten bei der Modellierung zukünftiger Entwicklungen. Hinzu kommt der notwendige Aufbau von Fachkompetenz bei den zuständigen Stellen, da vielerorts das Wissen zur fachgerechten Umsetzung von Resilienzprüfungen fehlt. Dies macht umfangreiche Schulungs- und Weiterbildungsmaßnahmen erforderlich. Gleichzeitig mangelt es an personellen Ressourcen, die für die Durchführung und Begleitung der Prüfungen benötigt werden und ohnehin bereits knapp sind.

Ein weiteres zentrales Hindernis ist das Fehlen klarer rechtlicher Vorgaben und die bislang unzureichende Verankerung der Resilienzprüfung in Vergabe- und Planungsprozessen. Die Einführung

solcher Prüfungen führt zudem zu einem erhöhten bürokratischen Aufwand und verlängert die Dauer von Genehmigungsprozessen. In einer Zeit, in der der Abbau von Bürokratie und schnellere Verfahren politisch besonders gefordert werden, ist mit erheblichem Gegenwind bei der praktischen Umsetzung einer verpflichtenden Resilienzprüfung zu rechnen. Zudem stellt sich die Frage, ob und wie weitreichende Standardisierungen der Anforderungen an die Resilienzprüfung, z. B. für den Umgang mit Restrisiken entwickelt werden sollten. Für öffentliche Infrastrukturprojekte wäre es notwendig, klare und einheitliche Vorgaben in Form von entsprechenden Standards und Leitlinien für die Anforderungen an eine Resilienzprüfung zu definieren.

Beispiele

Ein Beispiel für eine solche Resilienzprüfung stellt der bereits erwähnte „Climate Resilience Check“ der EU-Kommission dar. Er legt ein Vorgehen fest, durch das bei künftigen Investitionen und der Entwicklung von Infrastrukturprojekten Klimaerwägungen durchgängig berücksichtigt werden. Auf diese Weise können verschiedene EU-Fonds wie InvestEU, der Europäische Fonds für regionale Entwicklung (EFRE), der Kohäsionsfonds (KF) und der Fonds für einen gerechten Übergang (JTF) sowie private InvestorInnen fundierte Entscheidungen über Projekte treffen (DG REGIO 2025).

Gemäß Art. 73 Abs. 2 Buchstabe j der Verordnung (EU) 2021/1060 müssen EFRE-geförderte Infrastrukturinvestitionen mit einer erwarteten Lebensdauer von mindestens fünf Jahren klimaverträglich sein. Sofern ein Vorhaben im Rahmen der EFRE-Förderung als eine solche Infrastruktur eingestuft wird, wird eine Klimaverträglichkeitsprüfung durchgeführt. Die Bewertung der Klimaverträglichkeit besteht aus zwei Säulen (Klimaneutralität und Klimaresilienz) und beginnt mit einer Selbsteinschätzung durch die Antragstellenden. Hierfür wird ein Excel-Tool zur Bewertung der Klimaverträglichkeit genutzt, welches vollständig auszufüllen und bei der zuständigen Bank einzureichen ist (Leipe et al. 2024; Ramboll Deutschland GmbH 2024).

Fazit und Ausblick

Die Resilienzprüfung könnte ein zentrales Instrument sein, um die langfristige Zukunftsfähigkeit und Nachhaltigkeit öffentlicher Infrastrukturinvestitionen in Zeiten des Klimawandels sicherzustellen. Sie ermöglicht es, Klimarisiken frühzeitig zu erkennen und gezielt zu minimieren, wodurch Fehlinvestitionen und spätere Schäden vermieden werden können. Auch wenn die Einführung und Umsetzung mit Herausforderungen wie einem erhöhten Aufwand, fehlenden rechtlichen Vorgaben und notwendigen Kapazitätsaufbau verbunden ist, überwiegen die langfristigen Vorteile. Für die kommenden Jahre ist zu erwarten, dass die Resilienzprüfung auch durch die Bedeutung großer Investitionsprogramme wie des Sondervermögens „Infrastruktur und Klimaneutralität“ weiter an Relevanz gewinnt. Entscheidend wird sein, das Instrument praxisnah auszugestalten, Fachwissen aufzubauen und die Prozesse effizient zu gestalten, um sowohl den Anforderungen der Klimaanpassung als auch dem Bedarf an schnellen, wirksamen Investitionen gerecht zu werden. So kann die Resilienzprüfung einen bedeutenden Beitrag zur Transformation hin zu einer nachhaltigen, widerstandsfähigen Infrastruktur in Deutschland leisten.

7.7 Integration von Klimaschutz und Klimaanpassung in den horizontalen Finanzausgleich

Einordnung: neues Instrument/Erweiterung eines bestehenden Instruments?

Es handelt sich um die Erweiterung eines bestehenden Instruments, da das Instrument des horizontalen Finanzausgleichs bereits existiert und hier eine Ergänzung angesetzt wird.

Definition und Grundprinzip

Die Integration von Klimaschutz und -anpassung in den horizontalen Finanzausgleich stellt eine innovative Weiterentwicklung bestehender Finanzausgleichsmechanismen dar, bei der klimabezogene Faktoren systematisch in die Umverteilung öffentlicher Mittel zwischen gleichgeordneten Gebietskörperschaften einbezogen werden. Der horizontale Finanzausgleich dient grundsätzlich dem Ausgleich unterschiedlicher Finanzkraft zwischen Ländern und zwischen Kommunen (des jeweiligen Bundeslandes), um eine angemessene Aufgabenerfüllung zu gewährleisten (BMF 2025a). Die Integration klimabezogener Elemente erweitert dieses Prinzip um die Berücksichtigung von Klimaschutz- und Anpassungsbedarfen als neue Dimension der Bedarfsgerechtigkeit.

Das Grundprinzip basiert auf der Erkenntnis, dass Klimaschutz und Klimaanpassung als gesamtgesellschaftliche Aufgaben unterschiedlich auf die Gebietskörperschaften wirken und dabei sowohl zusätzliche (Finanzierungs-)Bedarfe als auch Finanzierungslasten schaffen (Döring et al. 2024). Während der klassische Finanzausgleich im horizontalen Ausgleich zwischen den Bundesländern auf der Basis von Finanzkraftmesszahl und Ausgleichsmesszahl operiert (Scherf 2023) und der kommunale Finanzausgleich sich im Grundsatz nach Steuerkraft und einem fiktivem/errechneten Finanzierungsbedarf richtet, würde eine klimaorientierte Erweiterung zusätzliche Parameter für die Bewertung Klimawandel-bezogener Leistungen und Bedarfe einführen. Hierzu könnten gehören:

- Unterschiedliche Anpassungsbedarfe aufgrund von (nicht selbst verschuldeten) Klimarisiken, etwa Küstenschutz in Norddeutschland oder Starkregenvorsorge in Hanglagen. Diese Bedarfe korrelieren nicht mit Einwohnerzahlen, auf deren Basis der bestehende Ausgleich erfolgt (vgl. Kapitel 3.2), und müssten daher separat erfasst werden.
- Ausgleich besonderer Anpassungsleistungen, wenn eine Kommune (oder ein Bundesland) Maßnahmen ergreift, von denen auch umliegende Gebietskörperschaften profitieren, wie etwa der naturnahe Hochwasserschutz eines Flussbetts, der mehrere Kommunen wirkungsvoll schützt.
- Begleichung gesamtgesellschaftlicher Klimaschutzbeiträge, etwa emissionsmindernde Projekte einer Gemeinde, die überregional positive Effekte erzielen. Die Reichweite der Wirkung würde eine Beteiligung des Bundes an der Finanzierung implizieren. Eine Alternative bestünde darin, im horizontalen Finanzausgleich einen gesonderten „Klimaressourcenpool“ einzurichten, aus dem Mittel speziell für klimaschutz- und anpassungsbezogene Projekte bereitgestellt werden.

Der in Nordrhein-Westfalen für den kommunalen Finanzausgleich diskutierte Klimawirkungsansatz verfolgt einen ergebnisorientierten Ansatz, bei dem CO₂-Einsparungen als einheitlicher Wirkungsmaßstab für automatische Auszahlungen verwendet werden (Döring et al. 2024). Dieser *results-based financing* Ansatz könnte als Modell für die Operationalisierung klimabezogener Transfers dienen. Um in diesem Kontext auch Anpassungsmaßnahmen einheitlich bewerten zu können, kann der *Adaptation Benefits Mechanism* der African Development Bank als internationales Vorbild dienen, der eine standardisierte Bewertung von Klimaanpassungsmaßnahmen durch Zertifizierung messbarer Anpassungsnutzen ermöglicht (African Development Bank 2025).

Funktionsweise

Die Integration von Klimaschutz und -anpassung in den horizontalen Finanzausgleich kann über verschiedene Mechanismen erfolgen. Eine zentrale Komponente wäre die Erweiterung der Finanzkraftmesszahl um Klimaanpassungsbedarfe, die sich aus der unterschiedlichen Vulnerabilität gegenüber Klimarisiken ergeben (s. Kahlenborn et al. 2021). Dabei könnten Faktoren wie Hochwasserrisiko, Hitzegefährdung oder extreme Wetterereignisse als zusätzliche Bedarfsindikatoren berücksichtigt werden. Parallel dazu könnte die Steuerkraftmessung um die Berücksichtigung von Klimaschutz- und -anpassungskosten modifiziert werden, um Gebietskörperschaften zu kompensieren, die durch ambitionierte Klimapolitik Einnahmeverluste erleiden, wenn etwa Flächen als Schutzgebiete ausgewiesen werden und nicht mehr kommerziell genutzt werden können, was die Steuereinnahmen der Kommune verringert. Dies entspricht dem Konzept der Internalisierung von Opportunitätskosten, wie es bereits in Portugal und Frankreich bei ökologischen Finanzausgleichsreformen umgesetzt wurde (López-Laborda et al. 2023). Da Opportunitätskosten jedoch schwer empirisch zu berechnen und z. B. von Döring et al. (2024) als „systemfremd“ im herkömmlichen Finanzausgleich bewertet werden, müsste hierfür ein eigenständiges Modul innerhalb der Finanzkraftmesszahl geschaffen werden, das diese Effekte transparent und nachvollziehbar abbildet.

Ein weiterer Ansatz wären performance-basierte Zuweisungen, die sich am tatsächlich erreichten Klimaschutz bzw. Klimaanpassung orientieren. Geeignete Indikatoren könnten auf Grundlage des vom UBA publizierten „Orientierungsrahmen für wirksame Klimaschutz-Zielstellungen in Kommunen“ (Wachter et al. 2024) ausgewählt werden und zum Beispiel die Reduktion des kommunalen Endenergiebedarfs, den Ausbau der lokalen erneuerbaren Energieproduktion oder die Klimaneutralität kommunaler Einrichtungen umfassen. Der Klimawirkungsansatz aus der nordrhein-westfälischen Diskussion bietet ein konkretes Modell, bei dem eingesparte Tonnen CO₂-Äquivalente als einheitlicher Wirkungsmaßstab fungieren (Döring et al. 2024). Auf Grundlage des *Adaptation Benefits Mechanism* der African Development Bank könnten zudem Kriterien entwickelt werden, anhand derer auch Klimaanpassungsmaßnahmen wirkungsbasiert und standardisiert bewertet werden könnten (s. u.), um das Ausmaß der Umsetzung von geeigneten Anpassungsmaßnahmen der einzelnen Länder und Kommunen vergleichen und im Zuge des Finanzausgleichs honorieren zu können.

Vorteile und Anwendungsbereiche

Die Integration klimabezogener Elemente in den horizontalen Finanzausgleich bietet erhebliche Potenziale für alle föderalen Ebenen. Auf kommunaler Ebene würde sie eine verlässliche und planbare Finanzierung für Klimaschutz- und Anpassungsmaßnahmen schaffen, die über die bisher üblichen befristeten Förderprogramme hinausgeht (Döring et al. 2024). Kommunen, die überdurchschnittliche Klimaschutz- oder Anpassungsleistungen erbringen, würden entsprechend kompensiert, was Anreize für ambitionierte Klimapolitik schafft (López-Laborda et al. 2023).

Für die Länderebene ergäbe sich der Vorteil einer systematischen Berücksichtigung unterschiedlicher Klimabedarfe und -leistungen in der horizontalen Umverteilung. Länder mit hohen Klimarisiken oder besonderen Schutzleistungen (wie Walderhaltung oder Moorschutz) würden angemessen berücksichtigt (Droste et al. 2017).

Der Bund würde bei der Implementierung eine zentrale Koordinationsrolle übernehmen müssen. Dies umfasst die Entwicklung einheitlicher Standards für die Bewertung von Klimamaßnahmen, die Bereitstellung validierter Klimadaten und die Schaffung des rechtlichen Rahmens. Der Bund könnte zudem Pilotprojekte initiieren und die Entwicklung entsprechender Bewertungsmethodologien fördern.

Das Instrument könnte besonders in Bereichen zur Anwendung kommen, in denen klare Messgrößen verfügbar sind, beispielsweise CO₂-Einsparungen im Klimaschutz, Flächenindikatoren bei Naturschutz

und Moorschutz, sowie Vulnerabilitätsindikatoren bei der Klimaanpassung. Internationale Erfahrungen zeigen, dass Indikatoren einfach zu überwachen, einheitlich erhoben und verlässlich sowie möglichst stabil und vorhersehbar sein müssen, um starke finanzielle Fluktuationen auf Empfängerseite zu vermeiden (Busch et al. 2021).

Herausforderungen und Limitationen

Eine große Herausforderung liegt im grundsätzlichen Spannungsfeld zwischen der Querschnittsnatur von Klimaschutz/Klimaanpassung und den Anforderungen des Finanzausgleichs an klare, messbare Indikatoren. Der kommunale Finanzausgleich basiert traditionell auf *ex-post* messbaren, vergangenheitsorientierten Daten, während Klimaschutz und Klimaanpassung zukunftsorientiert und schwer abgrenzbar sind (Döring et al. 2024). Diese Problematik erfordert innovative Lösungsansätze.

Die empirische Bedarfsmessung stellt eine weitere zentrale Herausforderung dar. Für eine verfassungsgerichtlich belastbare Integration klimabezogener Faktoren müssen objektive, wissenschaftlich fundierte Indikatoren entwickelt werden.

Rechtliche Hürden ergeben sich zudem aus den verfassungsrechtlichen Anforderungen an Finanzausgleichsregelungen. Das Bundesverfassungsgericht verlangt eine sachgerechte und nachvollziehbare Begründung für alle Umverteilungsfaktoren (Gerhards et al. 2020).

Die politische Umsetzbarkeit wird durch die komplexen Interessen verschiedener Gebietskörperschaften erschwert. Während einige Kommunen und Länder von einer klimaorientierten Umverteilung profitieren würden, entstünden anderen fiskalische Nachteile. Dies erfordert sorgfältige politische Abwägungen und möglicherweise Übergangsregelungen.

Ein zusätzliches Risiko liegt in der Unkonditionalität von Finanzausgleichstransfers (López-Laborda et al. 2023) – die Berücksichtigung von Klimaschutz und -anpassung bei der Mittelverteilung garantiert nicht, dass die zusätzlichen Mittel tatsächlich für Klimazwecke verwendet werden, was die Effektivität des Instruments beeinträchtigen könnte. Um eine Zweckentfremdung zu vermeiden, können Zuweisungen an konkrete Leistungs- oder Ergebnisziele geknüpft werden, etwa an die Vorlage geprüfter Verwendungsnachweise, die Einhaltung von Klimaschutz- und Anpassungsstandards oder die dokumentierte Erreichung festgelegter Meilensteine. Darüber hinaus bieten zweckgebundene Fördertöpfe und automatisierte Rückforderungsmechanismen bei Nichterfüllung klarer Vorgaben eine höhere Rechtssicherheit und Transparenz, sodass Mittel tatsächlich im Sinne von Klimaschutz und -anpassung eingesetzt werden.

Beispiele

Internationale Vorbilder für die Integration ökologischer Faktoren in Finanzausgleichssysteme finden sich bereits in verschiedenen Ländern. Portugal und Frankreich haben erfolgreich ökologische Elemente in ihre kommunalen Finanzausgleichssysteme integriert, wobei Waldschutz und Naturschutzgebiete als Faktoren berücksichtigt werden (López-Laborda et al. 2023). Auch in Deutschland existiert mit der Klima- und Forstpauschale in Nordrhein-Westfalen bereits ein Beispiel für die Honorierung von Ökosystemleistungen im kommunalen Finanzausgleich (Döring et al. 2024).

Für das Baskenland berechneten López-Laborda et al. (2023) für die Jahre 2016-2019, dass eine umfassende Integration von Nachhaltigkeitsindikatoren in lokale Finanzausgleichssysteme dazu geführt hätte, dass weniger nachhaltige Kommunen, insbesondere Städte, bis zu 5 % ihrer Pro-Kopf-Zuweisungen verloren hätten, während kleine und besonders nachhaltige Kommunen ihre Pro-Kopf-Zuweisungen um bis zu 13 % gesteigert hätten.

In Deutschland wird der Klimawirkungsansatz von Döring et al. (2024) als innovative Alternative zu konventionellen Förderprogrammen diskutiert. Dieser würde Kommunen basierend auf tatsächlich erreichten CO₂-Einsparungen kompensieren und könnte über verschiedene Kanäle des Finanzausgleichs umgesetzt werden (s.o.).

Der *Adaptation Benefits Mechanism (ABM)* der African Development Bank (2025) demonstriert, wie standardisierte Bewertungen von Klimaanpassungsmaßnahmen funktionieren können. *Certified Adaptation Benefits* werden basierend auf messbaren sozialen, ökonomischen und ökologischen Nutzen ausgegeben und können als Modell für ergebnisorientierte Klimafinanzierung dienen. Zu den Kriterien einer Zertifizierung gehören zum Beispiel folgende Punkte:

- Transparenz und Nachvollziehbarkeit: Die Methodik muss offenlegen, wie Anpassungsnutzen gemessen und nachgewiesen werden.
- Messbarkeit und Überprüfbarkeit: Anpassungserfolge müssen mit klaren, möglichst quantifizierbaren Indikatoren belegt werden.
- Zusätzlichkeit: Die Maßnahme darf nicht *business as usual* sein, sondern muss über gesetzliche Vorgaben und gängige Praxis hinausgehen.
- Stakeholder-Beteiligung: Betroffene Gruppen und relevante AkteurInnen müssen einbezogen werden.
- Soziale und ökologische Verträglichkeit: Mögliche negative Auswirkungen müssen geprüft und minimiert werden.
- Monitoring und Reporting: Es sind Verfahren zur fortlaufenden Überprüfung und Berichterstattung vorzusehen.

Ein anschauliches Beispiel liefert das erste im Rahmen des ABM zertifizierte Projekt, „Promoting the use of a solar powered, climate-friendly cold storage system for storing seed and ware potatoes in Kenya“ (ABM 2022). In den kenianischen Counties Nakuru und Nyandarua sollen in Zusammenarbeit mit der GIZ insgesamt 100 On-Farm-Kühlsilos installiert werden, die über eine Solar-PV-Anlage mit grüner Kühlttechnik (R290-Kältemittel) betrieben werden. Parallel werden 180 Mitglieder lokaler Kooperativen in Wartung, Qualitätssicherung und Datenerhebung geschult.

Zur Quantifizierung der Adaptation Benefits wurden ein Baseline- und ein Aktivitätsszenario (mit umgesetzter Anpassungsmaßnahme) modelliert. Im Baseline-Szenario ohne Kühlttechnik fallen pro Jahr durchschnittlich 29 % der 700 t gelagerten Kartoffeln aus, sodass lediglich 550 t in guter Qualität verbleiben. Im Aktivitätsszenario sinken durch das Kühltsystem die Verluste auf 5 %, und es können 665 t qualitativ unversehrt verkauft werden. Dies entspricht einer Einsparung von 115 t pro Jahr. Wirtschaftlich führt dies zu einer Reduktion der Lagerverluste von durchschnittlich 28.296 USD im Jahr im Baseline-Szenario auf 6.615 USD/Jahr im Aktivitätsszenario, was einer Ersparnis von 21.681 USD/Jahr entspricht. Für das Projekt wurde festgelegt, dass ein Adaptation Benefit (AB) einem eingesparten USD entspricht; somit wurde für das Projekt ein jährlicher Gewinn von 21.681 ABs (325.217 über die Projektlaufzeit) erfasst. Alle drei Monate sollen unabhängige AuditorInnen Sensordaten erheben und manuelle Stichproben durchführen; die Ergebnisse werden halbjährlich in Monitoring-Reports veröffentlicht.

Fazit und Ausblick

Die Integration von Klimaschutz und -anpassung in den horizontalen Finanzausgleich stellt ein vielversprechendes Instrument zur systematischen Verankerung klimapolitischer Ziele in der föderalen Finanzarchitektur dar. Sie bietet das Potenzial, über herkömmliche Förderprogramme hinausgehende, dauerhafte Anreize für ambitionierte Klimapolitik zu schaffen und dabei den unterschiedlichen regionalen Bedarfen und Leistungen gerecht zu werden.

Die erfolgreiche Implementierung erfordert jedoch die Überwindung erheblicher technischer und politischer Herausforderungen. Zentral ist die Entwicklung belastbarer Bewertungsmethodologien, die

sowohl wissenschaftlichen Anforderungen als auch verfassungsrechtlichen Standards genügen. Der partizipative Ansatz, wie er für die Weiterentwicklung des Klimawirkungsansatzes vorgeschlagen wird, könnte auch hier zielführend sein.

Zukünftig könnten technische Fortschritte in der Datenerfassung und -analyse die Grundlagen für eine präzisere Bewertung von Klimaleistungen schaffen. Die Entwicklung einheitlicher Standards auf europäischer Ebene könnte zusätzliche Synergien ermöglichen. Die Integration klimabezogener Faktoren in den Finanzausgleich sollte dabei als Baustein einer umfassenden Reform der Klimafinanzierung verstanden werden, die verschiedene Instrumente intelligent miteinander verknüpft.

Weiterführende Literatur

- Döring, Thomas; Gerhards, Eva; Thöne, Michael (2024): **Klimaansatz und mehrjährige Steuerkraft im kommunalen Finanzausgleich Nordrhein-Westfalen**. FiFo-Bericht Nr. 34. Online verfügbar unter https://www.fifo-koeln.org/images/aktuelles/2024/FiFo-Bericht_34_Klimaansatz-KFA.pdf
- African Development Bank (2025): **Adaptation Benefits Mechanism Guidebook**. Online verfügbar unter <https://main.abmechanism.com/download/336/publications/40872/abm-guidebook-2025.pdf>
- López-Laborda, Julio; Montes-Nebreda, Andoni; Onrubia, Jorge (2023): **Going green through local fiscal equalisation**. Foundation for Applied Economic Studies (FEDEA). Online verfügbar unter <https://documentos.fedea.net/pubs/dt/2023/dt2023-07.pdf>

7.8 Kommunale Klima-Collateralized Loan Obligations (K-CLOs)

Einordnung: neues Instrument/Erweiterung eines bestehenden Instruments?

K-CLOs lassen sich als innovative Kombination bestehender Verbriefungsinstrumente einordnen: formal ähneln sie klassischen *Collateralized Loan Obligations* (CLOs), werden jedoch gezielt für grüne bzw. klimabezogene kommunale Investitionen strukturiert. Damit stellen sie eine logische Weiterentwicklung sowohl der Green-Bond-Logik als auch des CLO-Ansatzes dar.

Definition und Grundprinzip

K-CLOs sind strukturierte Finanzinstrumente, bei denen kommunale Klimakredite gebündelt und verbrieft werden. Wie bei klassischen *Asset-Backed Securities* (ABS) werden gleichartige Kreditforderungen – z. B. für kommunale Investitionen in erneuerbare Energien oder Gebäudesanierungen – zusammengefasst. Die Forderungen werden in eine Zweckgesellschaft (*Special Purpose Vehicle*, SPV) eingebracht, die sie in mehrere Tranchen aufteilt und als Wertpapiere an InvestorInnen ausgibt.

Laut Di Filippo et al. (2021) unterscheidet man zwei Hauptformen grüner Verbriefung: (1) Transaktionen, deren zugrunde liegende Assets – also die Kredite – direkt „grün“ sind, und (2) Transaktionen, bei denen die Erlöse aus dem Wertpapierverkauf ausschließlich in grüne Projekte fließen. Beide Modelle lassen sich mit den *Green Bond Principles* in Einklang bringen (Di Filippo et al. 2021).

Die Europäische Bankenaufsicht betont, dass grüne Verbriefungen ein hohes Potenzial haben, die Finanzierung des Übergangs zur Klimaneutralität zu unterstützen – insbesondere bei kleinteiligen Projekten mit standardisierten Krediten wie Energieeffizienz oder PV-Systemen (EBA 2022). Ähnliche Strukturen könnten perspektivisch auch für bestimmte Maßnahmen der Klimaanpassung relevant werden, sofern entsprechende Kreditportfolios – etwa für Investitionen in klimaresiliente Infrastruktur, Schwammstadtkonzepte oder Küstenschutz – ausreichend standardisiert, skalierbar und wirtschaftlich tragfähig gestaltet werden können.

Dabei gelten Transaktionen als nachhaltig, wenn sowohl das zugrunde liegende Portfolio als auch die Verwendung der Mittel mit Umweltzielen wie denen der EU-Taxonomie übereinstimmen (EBA 2022). Typische Zielbereiche grüner Verbriefung sind laut Di Filippo et al. (2021) Solarenergie, energieeffiziente Gebäude, nachhaltige Mobilität sowie klimaresiliente Infrastrukturen auf kommunaler Ebene.

Funktionsweise

Kommunale CLOs (K-CLOs) funktionieren wie klassische strukturierte Finanzierungen durch Tranchierung des Kreditportfolios in Senior-, Mezzanine- und Junior-Tranchen. Die Senior-Tranche erhält zuerst Rückzahlungen und gilt als risikoarm; die Junior- bzw. Equity-Tranche trägt das höchste Ausfallrisiko, wird aber durch höhere Erträge kompensiert (Di Filippo et al. 2021).

Die Mezzanine-Tranche ist risikobehaftet, aber weniger als die Equity-Tranche – ihre Platzierung erfolgt häufig nur mithilfe von öffentlichen Garantien etwa durch nationale Förderbanken oder die EIB, um privates Kapital für grüne Projekte zu mobilisieren (EBA 2022; Di Filippo et al. 2021).

Die Verbriefung erfolgt über eine rechtlich unabhängige Zweckgesellschaft (SPV), die die Kredite aufnimmt, in Wertpapiere aufteilt und die Zahlungsströme aus den Krediten an die InvestorInnen weiterleitet (CBI 2018; EBA 2022). Die SPV ermöglicht die Aggregation kleiner Kredite, z. B. aus dem

kommunalen Bereich, in ein handelbares Gesamtinstrument. Laut CBI (2018) ist dies ein entscheidender Mechanismus, um institutionelle InvestorInnen für kleinteilige, niedrighschwellige grüne Projekte zu gewinnen, die sonst keinen Zugang zum Kapitalmarkt hätten.

Vorteile und Anwendungsbereiche

K-CLOs können zahlreiche Vorteile bieten. Durch die Bündelung auch kleinerer Einzelkredite wird die Finanzierung von kommunalen Klimainvestitionen – etwa in erneuerbare Energien, Wärmedämmung oder Küstenschutz – erstmals in großem Umfang erschwinglich (CBI 2018). Institutionelle InvestorInnen erhalten dadurch Zugang zu einem standardisierten Finanzprodukt, das mit klar definierten Umweltzielen verknüpft ist. Besonders bedeutend ist, dass K-CLOs Spielraum für weitere Kreditvergaben schaffen: Wie bei anderen Asset-Backed Securities üblich, wird durch die Verbriefung das Kredit- und Ausfallrisiko anteilig auf die InvestorInnen übertragen. Dies entlastet die Kapitalbasis der originierenden Bank oder Kommune und ermöglicht neue Kreditvergaben – ein Effekt, der sich etwa im US-amerikanischen PACE-Sektor (*Property Assessed Clean Energy* – ein Finanzierungsmodell, bei dem GebäudeeigentümerInnen Investitionen in Energieeffizienz oder Klimaanpassung über ihre Grundsteuer refinanzieren) gezeigt hat (Di Filippo et al. 2021).

Darüber hinaus können staatliche Garantien die Finanzierungskosten senken und das Rating verbessern. Öffentliche Rückversicherungen, etwa durch nationale Förderbanken oder überregionale Träger, können insbesondere für risikobehaftete Tranchen die Platzierung erleichtern. Studien zeigen, dass kommunale Konsortien mit Ländergarantien Zugang zu günstigeren Konditionen erhalten (CBI 2018). So emittierten nordische Kommunalkredit-Agenturen (LGFAs), die nationale Fördermandate erhalten hatten, bislang rund 9,5 Mrd. USD an grünen Anleihen zur Finanzierung lokaler Nachhaltigkeitsprojekte (CBI 2018).

Auf föderaler Ebene könnte der Bund unterstützend eingreifen, etwa durch zentrale Klimadatendienste, standardisierte Bewertungsrahmen (wie die EU-Taxonomie), steuerliche Anreize – etwa Quellensteuer-Ermäßigungen für ausländische InvestorInnen auf Zins- und Kuponzahlungen, zeitlich befristete Teilfreistellungen von Kapitalerträgen für in Deutschland steuerpflichtige InvestorInnen oder Investitionszulagen für erstmals in K-CLOs investierende institutionelle Anleger – und regulatorische Klarstellungen. Pilotprogramme und Pool-Garantien für kommunale Projekte mit schwankender Bonität könnten laut Experten besonders wirkungsvoll sein (CBI 2018). Die Einsatzfelder von K-CLOs reichen dabei über klassische Infrastrukturmaßnahmen (Wasser, Energie, Mobilität) hinaus und umfassen auch soziale Klimaresilienz und städtische Klimafonds. Insgesamt eröffnen K-CLOs eine zusätzliche private Finanzierungsquelle für den kommunalen Klimaschutz – als sinnvolle Ergänzung zu klassischen Instrumenten wie Steuereinnahmen oder Förderkrediten.

Herausforderungen und Limitationen

Trotz ihres Potenzials sind K-CLOs mit erheblichen Herausforderungen verbunden. Der Markt für grüne Verbriefungen in Deutschland ist bislang „noch wenig entwickelt“, was unter anderem auf rechtliche Unsicherheiten, Reputationsrisiken und fehlende finanzielle Anreize zurückgeführt wird. So fehlt es bislang an einem finanziellen Vorteil gegenüber nicht-grünen Verbriefungen – einem sogenannten Greenium –, der Emittenten einen messbaren Kostenvorteil bei der Platzierung verschaffen würde (TSI und Bankenverband 2024; Di Filippo et al. 2021). In der Folge fehlt es an Motivation für Emittenten, grüne Verbriefungen aufzulegen. Hinzu kommt, dass viele bestehende Transaktionen nicht über ein offizielles grünes Label verfügen, was zu Transparenzproblemen und geringerem Vertrauen bei InvestorInnen führt (TSI und Bankenverband 2024).

Ein weiteres Problem ist die strukturelle Komplexität: Die Einrichtung einer Zweckgesellschaft (SPV), die Tranchierung der Wertpapiere, die Ratinganforderungen und die rechtliche Prospektpflicht sind sowohl aufwändig als auch kostenintensiv (TSI und Bankenverband 2024).

Besonders im kommunalen Bereich stellt sich die Frage nach der Verfügbarkeit homogener Kreditportfolios sowie der Anreizstruktur für Banken. Die KfW betont, dass grüne Kommunalkredite derzeit für Banken oft nicht attraktiv sind, da sie mit niedrigen Margen und hohem regulatorischem Aufwand verbunden sind (Brand und Steinbrecher 2021).

Rechtlich unterliegen K-CLOs den allgemeinen EU-Verbriefungsvorschriften – etwa hinsichtlich Risikobeteiligung (Risk Retention), Transparenzanforderungen und möglicher Prospektpflichten (EBA 2022). Zudem bleibt die Ausgestaltung eines spezifischen EU-Standards für grüne Verbriefungen bislang aus (TSI und Bankenverband 2024). Schließlich muss sichergestellt werden, dass die Mittelverwendung tatsächlich mit Klimaanpassungszielen im Einklang steht. Andernfalls besteht ein hohes Greenwashing-Risiko, das die Glaubwürdigkeit des Instruments erheblich beeinträchtigen kann (Di Filippo et al. 2021).

Insgesamt erfordert die Umsetzung von K-CLOs daher ein hohes Maß an regulatorischer Klarheit, technischer Expertise und Vertrauen seitens der beteiligten AkteurInnen.

Beispiele

Praktische Beispiele für K-CLOs im engeren Sinne sind bislang rar. Dennoch zeigen internationale Pilotprojekte die prinzipielle Machbarkeit. So plant etwa die Interamerikanische Entwicklungsbank (IDB) gemeinsam mit der Weltbank ein multi-Mrd.-schweres Green Loan CLO-Programm zur Verbriefung nachhaltiger Unternehmens- und Infrastrukturkredite. Gleichzeitig hat die Weltbank begonnen, eigene strukturierte Finanzierungsprodukte aufzulegen und eine neue, investorenfreundliche CLO-Struktur zur Mobilisierung privaten Kapitals genehmigt (Lewis 2025).

Auch die Weltbank-Gruppe und die International Finance Corporation (IFC) arbeiten an strukturierten Finanzierungsmodellen wie grünen CLOs und synthetischen Verbriefungen, um privates Kapital für Klima- und Energieprojekte in Entwicklungs- und Schwellenländern zu mobilisieren (Lewis 2025).

Ein konkretes Beispiel aus Deutschland ist die grüne synthetische Verbriefung der Landesbank Baden-Württemberg (LBBW) in Kooperation mit der Europäischen Investitionsbank (EIB) im Herbst 2023. Die EIB übernahm dabei die Garantie für eine Mezzanine-Tranche in Höhe von 175 Mio. EUR, wodurch die LBBW regulatorisch entlastet wurde und 350 Mio. EUR an neuen Krediten für Wind- und Solarenergieprojekte vergeben konnte. Diese Transaktion ermöglichte es der Bank, ein neues Kreditportfolio mit Fokus auf Klimaschutz- und Energiesicherheitsprojekte aufzubauen (EIB 2023).

Obwohl diese Beispiele derzeit vor allem unternehmensbezogene oder geförderte Klimaschutzprojekte betreffen, zeigen sie die grundsätzliche Übertragbarkeit des CLO-Modells auf kommunale Kontexte – auch im Bereich der Klimaanpassung, sofern es gelingt, standardisierte Kreditportfolios und geeignete Rahmenbedingungen zu schaffen. Denkbar wären etwa Strukturen zur Finanzierung von Maßnahmen gegen Hitze, Starkregen oder zur Resilienz kritischer Infrastrukturen, deren wirtschaftliche Rückflüsse nachvollziehbar und investierbar gemacht werden können.

Fazit und Ausblick

Kommunale Klima-CLOs stellen ein vielversprechendes Instrument dar, um privates Kapital für den kommunalen Klimaschutz und -anpassung zu mobilisieren. Sie erlauben es, zahlreiche kleinere Klimaprojekte – etwa aus den Bereichen Energieeffizienz, nachhaltige Mobilität oder Wassermanagement – in einem strukturierten Sammelvehikel zu bündeln. Dadurch wird ein

zugängliches, standardisiertes Produkt geschaffen, das auch für institutionelle InvestorInnen mit ESG-Fokus attraktiv sein kann (Di Filippo et al. 2021).

Ähnlich wie bei Green Bonds könnten K-CLOs somit dazu beitragen, die „grüne Lücke“ in der öffentlichen Infrastrukturfinanzierung zu schließen. Die praktische Umsetzung solcher Strukturen in Europa steht jedoch noch am Anfang. Für einen erfolgreichen Markthochlauf braucht es neben geeigneten Projektportfolios auch verbindliche Standards für grüne Verbriefungen (etwa auf Basis der EU-Taxonomie und der vorgeschlagenen Green Bond Standards), steuerliche Anreize und gezielte Behördenunterstützung (EBA 2022).

Pilotprojekte sind entscheidend, um Vertrauen in das Instrument zu schaffen. AnalystInnen erwarten, dass mit der zunehmenden Standardisierung von ESG-Kriterien – etwa in Bezug auf Impact-Reporting, Transparenz und Use-of-Proceeds – auch die Nachfrage nach grünen ABS-Produkten – also strukturierte Wertpapiere, die durch Forderungen wie Kredite oder Leasingverträge besichert sind – (inkl. CLO-Strukturen) deutlich steigen wird (Di Filippo et al. 2021). Die Erfahrungen aus Nordamerika und multilateralen Entwicklungsbanken zeigen bereits, dass Securitisation ein effektiver Mechanismus sein kann, um heterogene Klimaprojekte in marktfähige Wertpapiere zu verwandeln.

Sollte Deutschland Pilotvorhaben aufsetzen – flankiert durch eine zentrale Dateninfrastruktur, Förderprogramme und Risikoabfederung durch den Bund –, könnten K-CLOs in den kommenden Jahren eine tragende Rolle in der kommunalen Klimafinanzierung übernehmen.

7.9 Parametrische Versicherungen

Einordnung neues Instrument/Erweiterung eines bestehenden Instruments?

Neues Instrument

Definition und Grundprinzip

Parametrische Versicherungen sind innovative Versicherungslösungen, bei denen sich VersicherungsnehmerInnen und RisikoträgerInnen vor Vertragsabschluss auf einen oder mehrere Parameter sowie eine Auszahlungsstruktur abhängig vom Über- oder Unterschreiten bestimmter Schwellenwerte festlegen. Im Gegensatz zu traditionellen Versicherungen, die auf komplexen Schadenberechnungen basieren, verwenden parametrische Versicherungen vordefinierte Parameter, um den Versicherungsfall zu bestimmen und die Leistung auszulösen (Marsh GmbH 2025). Parameter können dabei eine große Bandbreite möglicher Messwerte abdecken: während sogenannte Wetterindex-Versicherungen sich rein auf wetterbezogene Kennzahlen (z. B. Niederschlagsmenge, Temperatur, Windgeschwindigkeit) konzentrieren, können parametrische Versicherungen weitere objektiv messbare Kennzahlen umfassen, etwa Erdbebenstärke, Pegelstände von Gewässern oder auch Ernteertragsindizes (Kovacevic 2024).

Funktionsweise

Parametrische Versicherungen fußen auf standortgenauen Auswertungen festgelegter Parameter. Wird ein vertraglich festgelegter Grenzwert über- bzw. unterschritten, erfolgt auf diesen sogenannten Trigger automatisch die vertraglich vereinbarte Schadenzahlung. Der Versicherer reguliert dabei ohne Schadennachweis oder -begutachtung; einzig die deckungsauslösenden Sensormesswerte müssen verifiziert vorliegen (Glinskis und Murphy 2025).

Vorteile und Anwendungsbereiche

Ein wichtiger Vorteil parametrischer Versicherungen liegt in der schnellen, unkomplizierten Abwicklung des Versicherungsfalls, die innerhalb weniger Tage bis Wochen erfolgen kann (Glinskis und Murphy 2025). Dies ist insbesondere für Kommunen und Länder von Bedeutung, die im Katastrophenfall innerhalb kurzer Zeit große finanzielle Aufwendungen für Nothilfen und Instandsetzungen stemmen müssen. Es werden außerdem Verwaltungskosten und Aufwände für Schadensregulierungsprozesse reduziert, da keine Einzelnachweise über aufgetretene Schäden geführt werden müssen (Glinskis und Murphy 2025).

Ein weiterer Vorteil liegt in der hohen Anpassbarkeit von parametrischen Versicherungen, da die Auswahl der Parameter, die Festlegung der Schwellenwerte und die entsprechende Vereinbarung der Entschädigungen auf den einzelnen Versicherungsfall zugeschnitten werden können (Marsh GmbH 2025).

Da sämtliche Vertragsparameter vorab eindeutig definiert werden, sind parametrische Versicherungen in ihrer Wirkung und Anwendung zudem transparent für alle Beteiligten. Auch die Verwendung öffentlich zugänglicher Daten, wie etwa Wetterdaten, trägt im Vergleich zu herkömmlichen Versicherungslösungen zur Transparenz bei (Glinskis und Murphy 2025).

Parametrische Versicherungen könnten Deckungslücken schließen, die im Kontext konventioneller Versicherungslösungen existieren. So können etwa sogenannte Non-Damage-Betriebsunterbrechungen versichert werden, die nicht auf einen Sachschaden, sondern z. B. auf Lieferkettenunterbrechungen oder behördliche Anweisungen zurückgehen (Pollak 2024). Während bei klassischen Versicherungen i.d.R.

ein vorhergehender Sachschaden Voraussetzung für die Auszahlung ist, ist bei der parametrischen Versicherung das Erreichen des vereinbarten Grenzwerts entscheidend. VersicherungsnehmerInnen steht die Verwendung der ausgeschütteten Mittel frei, was weiteren fiskalischen Spielraum und den Ausgleich nicht nur von direkten Schäden, sondern auch von Folgeschäden ermöglicht. Diese Flexibilität in der Hilfebereitstellung wird in internationalen Anwendungskontexten als großer Vorteil benannt (UNICEF 2024).

Parametrische Versicherungen wurden ursprünglich entwickelt, um Weltregionen gegen Umwelt- und Klimaschäden versichern zu können, die zuvor unterversichert waren, da sie beispielsweise nicht über genaue Wertbemessungen ihrer zu versichernden Assets verfügten oder für SchadensgutachterInnen schwer zugänglich waren (Sowers und Michel 2022). Die gezielt implementierte Niedrigschwelligkeit des Instruments kann auch in deutschen Kontexten dabei helfen, existierende Unterschiede zwischen Kommunen und Ländern in Hinblick auf Datenverfügbarkeit, Zugänglichkeit und ökonomische Voraussetzungen auszugleichen, die bei klassischen Versicherungslösungen ins Gewicht fallen würden.

Dem Bund käme in diesem Kontext eine Führungsrolle bei der Koordination und Standardisierung parametrischer Versicherungslösungen für Klimafolgen zu. Insbesondere die zentrale Bereitstellung validierter Klimadaten und weiterer relevanter Daten ist essenziell für die Nutzung dieses Instruments (s. u.). Auch die Ausgestaltung eines regulatorischen Rahmens, der etwa steuerliche Anreize für die Nutzung parametrischer Versicherungen setzen und damit die fiskalischen Risiken der öffentlichen Hand reduzieren könnte, läge in erster Linie in der Verantwortung des Bundes. Beispielsweise könnten für kommunale VersicherungsnehmerInnen ermäßigte Versicherungssteuersätze (etwa 5 % statt regulär 19 %) gelten. Zudem könnte der Bund Pilotprojekte für die Umsetzung initiieren, beispielsweise regionale parametrische Versicherungspools in Anlehnung an den Naturkatastrophen-Schadenspool der öffentlichen Versicherer (Verband öffentlicher Versicherer 2022). Im Rahmen der Koordination zwischen den föderalen Ebenen trägt der Bund im Zuge der Klimafinanzierung eine weitere wichtige Grundsatzverantwortung.

Herausforderungen und Limitationen

Die Verwendung von Parameter-Grenzwerten als Trigger für Versicherungszahlungen birgt grundsätzlich das Risiko, dass bei knappem Verfehlen des Grenzwertes gegebenenfalls trotzdem auftretende Schäden nicht durch die Versicherung abgedeckt sind (Glinskis und Murphy 2025). Um diesem Risiko zu begegnen, ist es unter Umständen sinnvoll, parametrische Versicherungen im Verbund mit klassischen Versicherungen zu nutzen, die in solchen Fällen auf Grundlage einer Schadensbegutachtung dennoch Auszahlungen ermöglichen.

Die Effektivität parametrischer Versicherungen als Absicherung gegen Klimaschäden ist zudem davon abhängig, ob die vereinbarte Versicherungssumme in angemessener Relation zu den tatsächlich entstehenden Schadenskosten steht (sog. Basisrisiko). Die parametrische Versicherung wird gegen erwartete Konsequenzen eines spezifischen Umweltrisikos modelliert, sodass eine unpassende Auswahl der Parameter dazu führen kann, dass die ausgeschüttete Versicherungssumme die real entstandenen Schäden nicht adäquat abdeckt (Broberg 2020). Um einen sinnvollen Versicherungsschutz zu gewährleisten, ist daher die Auswahl angemessener Parameter und die Kenntnis eventueller Folgen ihrer Überschreitung unerlässlich. Ein geeigneter Parameter sollte für beide Parteien öffentlich verfügbar, objektiv und durch keine Partei beeinflussbar sein; zudem sollten hinreichend historische Daten vorliegen, um die mit dem jeweiligen Parameter verbundenen Risiken einschätzen zu können (Marsh GmbH 2025).

Grundlage für die Auswahl sinnvoller Parameter ist das Vorhandensein der entsprechenden Daten. Dieser Punkt wurde im Rahmen einer Umfrage des Branchenportals Reinsurance News von den befragten BranchenexpertInnen als ein Haupthindernis für die breitere Nutzung parametrischer

Versicherungen benannt (HZ Insurance 2024). Die Daten müssen dabei fortlaufend aktualisiert und um neue Forschungsergebnisse ergänzt werden. Um die Folgen des Klimawandels abzubilden, reicht es zudem nicht aus, nur historische Daten vorzuhalten – auch die Nutzung fortschrittlicher Modellierungsinstrumente ist unerlässlich, um zukünftige Entwicklungen richtig einschätzen zu können. Auch dieser Punkt wird von ExpertInnen gegenwärtig als Hindernis bei der Umsetzung parametrischer Versicherungen betrachtet, ebenso wie ein Mangel an Wissen zu parametrischen Versicherungen sowohl bei Fachleuten als auch bei VerbraucherInnen (HZ Insurance 2024; Kreft et al. 2022).

Im deutschen Kontext stellt sich zusätzlich die Frage nach dem Zusammenspiel zwischen parametrischer Absicherung und den bestehenden staatlichen Hilfsmechanismen. Wie bereits im Steckbrief zu Resilienzanleihen angeführt, fehlt Kommunen oft der wirtschaftliche Anreiz, Eigenrisiken abzudecken, solange unbedingte Unterstützung von Bund und Ländern gestellt wird. Würden parametrische Versicherungen schlicht die öffentlichen Rückgriffsfonds ersetzen, entstünde kaum ein Anreiz für den mit laufenden Prämienzahlungen verbundenen Abschluss einer parametrischen Versicherung. Um diese Hemmnisse zu überwinden, könnten staatliche Hilfen an Eigenbeteiligung und den Abschluss parametrischer Versicherungen geknüpft werden. Denkbare Instrumente wären etwa:

- Verpflichtende Nachweise kommunaler Präventionsmaßnahmen oder Eigenbeteiligungen bei Inanspruchnahme öffentlicher Fonds.
- Abgestufte Förderquoten, die an einen Mindestanteil parametrischer Absicherung gekoppelt sind.
- Bonusmodelle für Fördermittel, etwa erhöhte Zuschüsse, wenn Kommunen einen definierten Anteil ihrer Klimaanpassungsinvestitionen über parametrische Produkte abdecken.
- Zuschläge oder Rabatte auf Prämienraten in Abhängigkeit von Präventionsstandards und Parameterratings.

Durch eine derartige Konditionierung staatlicher Unterstützungsleistungen ließe sich das Anreizproblem adressieren, die kommunale Risikovorsorge stärken und letztlich die fiskalischen Belastungen im Katastrophenfall reduzieren.

Beispiele

Parametrische Versicherungen werden international bereits genutzt, um Länder des Globalen Südens gegen Folgen des Klimawandels zu versichern. Da im Kontext der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (UNFCCC) und des Pariser Klimaabkommens eine juristische Haftbarmachung der Industrienationen für Klimaschäden ausgeschlossen wurden, bieten parametrische Versicherungen einen Ansatz, ökonomische Absicherung zu etablieren, ohne eine Kausalität der Schadensentstehung belegen zu müssen (Horton 2018).

Im Rahmen der „Today and Tomorrow Initiative“ von UNICEF wurde etwa eine parametrische Versicherungslösung entwickelt, die die Schutzlücke vulnerabler Kinder und Jugendlicher gegen Klima- und Katastrophenschäden verringern und die Bereitstellung finanzieller Hilfsmittel beschleunigen soll. Grundlage ist der Kinder-Zyklon-Index (Child Cyclone Index, CCI), der die Auswirkungen hoher Windgeschwindigkeiten auf Kinder auf nationaler Ebene abbildet. WTW (ehem. Willis Towers Watson) überwacht Zyklonaktivitäten im Auftrag von UNICEF und verfasst Ereignisberichte, die den CCI bemessen; bei Erreichen des festgelegten Grenzwertes wird eine Auszahlung der Versicherungssumme an die betroffenen UNICEF-Länderbüros ausgelöst. Die Auszahlung erfolgt innerhalb von 36 bis 72 Stunden, nachdem der Wirbelsturm das Gebiet verlassen hat. (UNICEF 2024)

Fazit und Ausblick

Parametrische Versicherungslösungen stellen ein innovatives und vielversprechendes Instrument zur Stärkung der fiskalischen Resilienz öffentlicher Haushalte gegen Klimawandelfolgen dar. Sie bieten

schnelle, transparente und flexible Lösungen für die Absicherung klimabedingter Risiken, die mit traditionellen Versicherungsprodukten nicht oder nur schwer abdeckbar sind. Für ihre Nutzung ist jedoch das Vorhandensein akkurater, aktueller Daten, die richtige Parameterwahl und die Nutzung möglichst akkurater Modellierungstools für Klimafolgen notwendig. Parametrische Versicherungen stellen dabei in der Regel keine alleinige Lösung dar, sondern sollten im Verbund mit klassischen Versicherungen und anderen Absicherungsmaßnahmen verwendet werden (Kreft et al. 2022).

Parametrische Versicherungen gewinnen als Instrument zunehmend an Marktbedeutung (Glinskis und Murphy 2025), sodass Anwendungserfahrungen in verschiedenen Kontexten aufgebaut werden und eventuelle Risiken für Early Adopter immer weiter sinken. Zukünftig könnten technische Fortschritte (z. B. KI, Machine Learning) die Genauigkeit der zugrundeliegenden Parameter erhöhen und dazu beitragen, Versicherungsschutz und Schadenssummen anzugleichen und existierende Abdeckungslücken weiter zu schließen (Sowers und Michel 2022).

Weiterführende Literatur

- Glinskis, Emmalina; Murphy, Daniel (2025): **How parametric insurance is building climate resilience**. World Economic Forum. Online verfügbar unter <https://www.weforum.org/stories/2025/01/what-is-parametric-insurance-and-how-is-it-building-climate-resilience/>
- Kreft, Sönke; Sandholz, Simone; Bulut, Samet Sevket; Mirwald, Magdalena; Kohler, Dirk (2022): **Klimarisikoversicherung: Potenziale als strategisches Instrument zur Klimaanpassung in Deutschland**. Hg. v. Umweltbundesamt (UBA). Dessau-Roßlau (Climate Change, 13/2022). Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/cc_13-2022_klimarisikoversicherung.pdf

7.10 Reformierte Bundesergänzungszuweisungen mit Klimaprognosefaktor

Einordnung: neues Instrument/Erweiterung eines bestehenden Instruments?

Die Bundesergänzungszuweisungen (BEZ) sind ein zentrales Instrument des bundesstaatlichen Finanzausgleichs in Deutschland. Sie dienen dazu, finanzschwache Länder nach der Verteilung der Umsatzsteueranteile zusätzlich zu unterstützen (Art. 107 GG). Vor dem Hintergrund zunehmender Klimarisiken stellt sich die Frage, ob die BEZ um eine klimabezogene Komponente erweitert werden könnten. Ziel wäre es, die fiskalische Resilienz der Länder gegenüber Klimafolgen zu stärken und präventive Anpassungsmaßnahmen zu incentivieren. Internationale und akademische Diskussionen legen nahe, dass Finanzausgleichssysteme grundsätzlich geeignet sein könnten, klima- und umweltpolitische Ziele zu berücksichtigen. (Daniela Kletzan-Slamanig et al. 2023; Droste et al. 2017; OECD 2024).

Definition und Grundprinzip

Im Jahr 2023 belief sich das Gesamtvolumen der Bundesergänzungszuweisungen auf rund 10,2 Mrd. EUR, mit denen zwölf Empfängerländer unterstützt wurde (BMF 2024). Das derzeitige System umfasst bereits unterschiedliche Formen der Unterstützung finanzschwacher Länder durch den Bund, darunter allgemeine Bundesergänzungszuweisungen, Sonderbedarfs-BEZ sowie spezifische Ausgleichszahlungen, etwa für strukturelle Arbeitslosigkeit oder geringe kommunale Steuerkraft (Bundesregierung 2023a).

Die Idee der reformierten Bundesergänzungszuweisungen mit Klimaprognosefaktor basiert auf dem Grundgedanken, dass klimabedingte Risiken und deren fiskalische Auswirkungen systematisch in die Verteilung der Bundesmittel an die Länder integriert werden könnte. Der Klimaprognosefaktor würde dabei als zusätzliche Komponente zur Ermittlung des Finanzbedarfs der Länder dienen, wobei sowohl präventive Klimaanpassungsmaßnahmen als auch reaktive Schadensbewältigung berücksichtigt werden könnten.

Das Instrument könnte sich an wissenschaftlichen Erkenntnissen orientieren. Der Klimaprognosefaktor könnte regionale Unterschiede in Klimaexposition, Vulnerabilität und Anpassungskapazität berücksichtigen und diese in ein transparentes Verteilungssystem überführen. Zentral für die Konzeptidee ist die Erkenntnis, dass der Klimawandel bereits heute erhebliche Auswirkungen auf die öffentlichen Haushalte hat.

Funktionsweise

Die Funktionsweise der reformierten Bundesergänzungszuweisungen mit Klimaprognosefaktor (KPF) könnte auf einem dreigliedrigen Modellansatz beruhen, der sowohl ex-ante Prognosedaten als auch ex-post Schadenserfahrungen integriert. Diese Dreiteilung ist ein eigenständiger Vorschlag, baut jedoch auf bestehenden wissenschaftlichen Arbeiten zur Klimarisiko- und Kostenbewertung auf (KWRA 2021; Flaute et al. 2022).

Klimarisikokomponente (KRK)

Diese Komponente würde auf der wissenschaftlichen Bewertung regional differenzierter Klimarisiken basieren. Als erste Grundlage könnten die Ergebnisse der Klimawirkungs- und Risikoanalyse (KWRA) herangezogen werden. Die Analyse identifiziert zentrale Gefahren wie Hitze, Trockenheit, Starkniederschläge und Hochwasser sowie deren geographische Verteilung und bewertet qualitativ nach Exposition, Sensitivität und Anpassungskapazität. Für eine Übertragung in ein

Finanzausgleichssystem reicht diese qualitative Einordnung jedoch nicht aus. Sie müsste um quantitative Daten zu Eintrittswahrscheinlichkeiten, Schadenshöhen und regionalen Betroffenheiten ergänzt werden, etwa durch ökonomische Modellierungen wie bei Flaute et al. (2022) oder durch Indikatoren aus der Klimafolgenforschung.

Anpassungsbedarfskomponente (ABK)

Diese Komponente würde nicht die Risiken selbst, sondern den finanziellen Aufwand, um diesen Risiken zu begegnen, erfassen. Während die KRK also die Gefährdungslage beschreiben würde, würde die ABK diese in einen konkreten Handlungs-Investitionsbedarf übersetzen. Grundlage könnten sowohl bereits identifizierte als auch prospektive Maßnahmen zur Klimaanpassung in den Bereichen Infrastruktur, Landnutzung, Gesundheit und Stadtentwicklung sein. Die DAS 2024 definiert hierfür erstmals sektorspezifische Wirkungsziele (BMUV 2024). Die Bedarfsermittlung könnte anhand standardisierter Kostenschätzungen, die aus nationalen und internationalen Vergleichsstudien abgeleitet werden, erfolgen. Laut einer aktuellen Analyse des Umweltbundesamts beliefen sich die klimabezogenen Bundesausgaben im Jahr 2023 bereits auf rund 3,7 Mrd. EUR, mit einem Anstieg auf etwa 5,4 Mrd. EUR im Jahr 2024 (Hölscher et al. 2025b). Diese Werte verdeutlichen den wachsenden öffentlichen Finanzierungsbedarf im Bereich der Klimaanpassung.

Schadenserfahrungskomponente (SEK)

Diese Komponente würde historisch erfasste klimabedingte Schäden berücksichtigen und damit die tatsächliche regionale Belastung abbilden. Allerdings wäre die Einführung einer solchen Komponente nur sinnvoll im Rahmen einer umfassenden Reform der bestehenden Ausgleichsmechanismen (z. B. durch eine Neuordnung von Sondervermögen oder Katastrophenhilfen). Andernfalls bestünde die Gefahr, dass höhere Schäden in der Vergangenheit automatisch zu höheren Zuweisungen aus Bundesmitteln führen würden – unabhängig davon, ob bereits Katastrophenhilfe durch den Bund oder die Ländergemeinschaft geleistet wurde oder nicht.

Neben bestehenden versicherten und nicht-versicherten Schadensdaten könnte künftig ein nationales Extremwetterschadenskataster des Umweltbundesamtes als zentrale Datengrundlage dienen. Dieses Kataster wurde 2024 im Auftrag des UBA konzipiert, um klimabedingte Schäden in Deutschland systematisch und fortlaufend zu erfassen und auszuwerten (Oberpriller et al. 2025).

Laut einer Studie im Auftrag des BMWK belaufen sich die direkten Klimaschäden in Deutschland zwischen 2000 und 2021 auf rund 145 Mrd. EUR, wobei über 55 % dieser Schäden auf die Jahre seit 2018 entfallen (Flaute et al. 2022). Solche Daten bilden die Basis, um die Schadenserfahrungskomponente transparent und vergleichbar zu gestalten und langfristige Trends angemessen abzubilden.

Berechnungsformel

Der Klimaprognosefaktor könnte nach nachfolgender Grundformel berechnet werden:

$$\text{KPF} = \alpha \times \text{KRK} + \beta \times \text{ABK} + \gamma \times \text{SEK}$$

Wobei:

- KPF = Klimaprognosefaktor
- KRK = Klimarisikokomponente
- ABK = Anpassungsbedarfskomponente
- SEK = Schadenserfahrungskomponente

- α, β, γ = Gewichtungsfaktoren (mit $\alpha + \beta + \gamma = 1$)

Eine beispielhafte Gewichtung könnte 40 % für KRK, 35 % für ABK und 25 % für SEK betragen. Die Festlegung der Gewichtungen sollte jedoch auf wissenschaftlichen Empfehlungen und politischen Zielsetzungen basieren.

Vorteile und Anwendungsbereiche

- Die reformierten Bundesergänzungszuweisungen mit Klimaprognosefaktor könnten mehrere bedeutende Vorteile gegenüber dem bestehenden System und anderen Finanzierungsansätzen für Klimaanpassung bieten. Ein zentraler Vorteil des Klimaprognosefaktors läge in seiner potenziell präventiven Wirkung, sofern die Berechnungsmethodik Anpassungsleistungen der Länder berücksichtigt. Zwar würde eine hohe Klimaexposition zunächst den Finanzbedarf und damit die Zuweisungen erhöhen, doch regionale Schadenserfahrungen und Vulnerabilitätsindikatoren könnten durch erfolgreiche Anpassungsmaßnahmen langfristig reduziert werden. Dadurch entstünde ein mittelbarer Anreiz. Länder, die frühzeitig in Klimaanpassung und Resilienz investieren, können ihre zukünftige Schadensbelastung und Vulnerabilität senken. Zwar würden sich dadurch die Zuweisungen aus der Schadenserfahrungskomponente verringern, gleichzeitig aber sinken auch die fiskalischen Belastungen für die Länder selbst.
- Diese Entwicklung wird in rollierenden Berechnungen des Klimaprognosefaktors sichtbar und kann zu stabileren, planbaren Zuweisungen führen, anstatt auf kurzfristig steigende Schadensausgleiche angewiesen zu sein.

Dies entspräche der ökonomischen Annahme, dass vorsorgende Maßnahmen langfristig effizienter sind als die nachträgliche Bewältigung klimabedingter Schäden. Auf diese Weise könnte der Klimaprognosefaktor Risikoorientierung mit einem mittel- bis langfristigen Präventionsanreiz kombinieren, da Länder ein finanzielles Interesse an einer Verringerung ihrer Vulnerabilität entwickeln. Die mehrjährige Festlegung des Klimaprognosefaktors würde zudem zu einer höheren Planungssicherheit für Länder und Kommunen beitragen. Da viele Klimaanpassungsmaßnahmen langfristige Investitions- und Umsetzungshorizonte erfordern – insbesondere im Bereich Infrastruktur, Stadtentwicklung oder Gesundheit –, bedarf es einer verlässlichen und vorhersehbaren Finanzierungsbasis. Studien zeigen, dass Unsicherheiten über Förderzeiträume und Mittelverfügbarkeit derzeit zentrale Hemmnisse für eine effektive Anpassung darstellen (Flaute et al. 2022; Döring et al. 2024).

Die Einführung eines Klimaprognosefaktors könnte eine risikoadäquate Mittelverteilung ermöglichen, indem sie regionale Unterschiede in Klimaexposition, Vulnerabilität und Anpassungskapazität berücksichtigt. Im Gegensatz zu klassischen, projektbezogenen Förderinstrumenten böte das Konzept einer indikatorbasierten, objektiven Mittelverteilung beträchtliche Effizienzgewinne. Durch den Wegfall aufwändiger Antrags- und Prüfverfahren könnten Ressourcen gezielter und zeitnäher eingesetzt werden. Laut Flaute et al. 2022) wünschen sich viele Kommunen weniger projektbezogene und mehr pauschale, strukturelle Förderzugänge, da diese eine flexiblere und bedarfsgerechtere Verwendung der Mittel erlauben.

Die reformierten Bundesergänzungszuweisungen mit Klimaprognosefaktor könnten auf allen föderalen Ebenen Anwendung finden: Der Bund übernehme die Rolle des Finanziers, Standardsetzers und Datenbereitstellers. Die Entwicklung des Klimaprognosefaktors, die Bereitstellung wissenschaftlicher Daten (z. B. KWRA, Klimaschadensdatenbank) sowie die Erfolgskontrolle würden in seine Zuständigkeit fallen. Zugleich verdeutlicht die Studie von Flaute et al. (2022), dass die Quantifizierung von Klimaschäden und Anpassungskosten mit erheblichen Unsicherheiten behaftet ist. Soll ein solcher Faktor in ein Finanzausgleichssystem integriert werden, bedarf es daher einer bundesweit einheitlichen Datengrundlage und Bewertungsstandards – ein weiterer Hinweis darauf, dass der Bund eine zentrale

Verantwortung für die Datenbereitstellung und methodische Harmonisierung übernehmen müsste. Die Bundesländer wären die primären Empfänger der Mittel und würden diese gemäß ihren spezifischen Klimaexpositionen und Anpassungserfordernissen einsetzen. Zugleich obläge ihnen die Koordination mit den Kommunen sowie die Kontrolle der Umsetzung regionaler Klimaanpassungsstrategien. Die Kommunen wären maßgeblich für die konkrete Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen verantwortlich. Der Deutsche Städte- und Gemeindebund schätzte den jährlichen kommunalen Investitionsbedarf für Klimaanpassung und -schutz auf mindestens acht Mrd. EUR (DSTGB, zitiert nach Flaute et al. 2022). Die Bundesergänzungszuweisungen könnten einen Beitrag zur Schließung dieser Finanzierungslücke leisten.

Herausforderungen und Limitationen

Die Einführung reformierter Bundesergänzungszuweisungen mit einem Klimaprognosefaktor würde eine Reihe institutioneller, technischer und rechtlicher Herausforderungen mit sich bringen, die sorgfältig adressiert werden müssten. Eine zentrale Herausforderung ist die begrenzte Verfügbarkeit hochwertiger und regional differenzierter Daten zu Klimarisiken, Anpassungsbedarfen und Schadenserfahrungen. Vor allem nichtversicherte Schäden sind häufig unzureichend dokumentiert, obwohl sie nachweislich einen erheblichen Anteil der Gesamtschäden ausmachen. (Flaute et al. 2022; Kahlenborn et al. 2021). Zudem variiert die Datenqualität erheblich zwischen Bundesländern, insbesondere hinsichtlich kleinräumiger Vulnerabilitätsindikatoren und der kommunalen Anpassungskapazität. Gleichzeitig bestehen große Unsicherheiten in der Klimaprojektion. Die klimawissenschaftlichen Grundlagen sind mit hohen Modell- und Szenarienunsicherheiten behaftet, die sich auf die Prognose künftiger Schäden auswirken. Szenarioanalysen zeigen beispielsweise eine Spannbreite erwartbarer Klimafolgekosten von 280 bis 900 Mrd. EUR bis 2050 (Flaute et al. 2022). Diese Unsicherheiten beeinträchtigen die Präzision und Verlässlichkeit der Berechnungsmodelle für die Mittelverteilung.

Eine weitere Herausforderung besteht in der Frage der Attribution von extremwetterbedingten Schäden und in welchem Ausmaß diese durch den Klimawandel verursacht werden. Diese Kausalzuweisung klimabedingter Schäden stellt ein methodisches Problem dar. Nicht alle Extremwetterereignisse können eindeutig dem anthropogenen Klimawandel zugeschrieben werden (Kahlenborn et al. 2021). Die Schadensentstehung ist oft multifaktoriell, was die Objektivierung und Legitimierung von Ausgleichsmechanismen erschwert.

Ein potenzielles Risiko bestünde zudem in einem Moral-Hazard-Effekt, bei dem einzelne Länder auf Bundesmittel vertrauen und dadurch weniger eigene Investitionen in Klimavorsorge tätigen. Dies könnte zu ineffizienter Ressourcennutzung führen. Darüber hinaus würde die Komplexität des Instruments bei der technischen Umsetzung erhebliche Verwaltungsressourcen fordern. Die Kombination mehrerer Datentypen (Prognosen, Expositionsindikatoren, Schadensdaten), die Entwicklung eines transparenten Berechnungsmodells und die Koordination zwischen Bund, Ländern und Kommunen erfordern ein hohes Maß an Standardisierung und institutioneller Kapazität. Das Instrument könnte langfristige Finanzierungsrisiken bergen. Steigende Schadenshöhen durch zunehmende Extremwetterereignisse könnten zu einem deutlich wachsenden Mittelbedarf des Bundes führen. Ohne geeignete Budgetsteuerung könnte dies zu Verdrängungseffekten in anderen Politikfeldern führen oder die Tragfähigkeit des Bundeshaushalts gefährden (Flaute et al. 2022; Bräuer et al. 2009).

Die Einführung eines Klimaprognosefaktors in die Verteilung der Bundesergänzungszuweisungen würde eine Änderung des Finanzausgleichsgesetzes erfordern. Zudem könnte die Verfassungsmäßigkeit einer differenzierten Mittelvergabe nach klimabezogenen Kriterien Gegenstand gerichtlicher Prüfung werden. In Artikel 107 Abs. 2 GG ist bislang keine Berücksichtigung ökologischer Kriterien vorgesehen. Eine explizite Verankerung der Klimaanpassungsdimension wäre daher legislativ und verfassungsrechtlich abzusichern (Döring et al. 2024; Bundesregierung 2023a).

Beispiele

Da die reformierten Bundesergänzungszuweisungen mit Klimaprognosefaktor bislang nicht implementiert wurden, gibt es nur wenige praktische Vorläufer, die sich direkt übertragen lassen. Für die konzeptionelle Ausgestaltung können jedoch Erfahrungen aus verwandten Ansätzen genutzt werden:

- **Klimawirkungsansatz im kommunalen Finanzausgleich (NRW)**

In Nordrhein-Westfalen wurde im Rahmen eines Forschungsprojekts ein sogenannter Klimawirkungsansatz entwickelt, der Treibhausgasminderungen auf kommunaler Ebene als Bemessungsgrundlage in den Finanzausgleich einbezieht. Damit wurde ein erster indikator- und wirkungsorientierter Mechanismus erprobt (Döring et al. 2024).

- **Klima- und Forstpauschale (§ 16 GFG NRW)**

Das Land Nordrhein-Westfalen gewährt Kommunen eine Pauschale für kommunale Waldflächen, um deren Klimaschutzfunktion zu honorieren. Die fiskalische Bedeutung ist begrenzt, zeigt jedoch, dass klimabezogene Elemente in Finanzausgleichssysteme integriert werden können (Landesregierung Nordrhein-Westfalen 2024).

Diese Beispiele verdeutlichen, dass die Integration klimabezogener Kriterien in Finanzausgleichssysteme grundsätzlich machbar ist, ein bundesweites Instrument wie die reformierten Bundesergänzungszuweisungen jedoch Neuland darstellen würde. Eine ausführlichere Beschreibung des Klimawirkungsansatzes findet sich im separaten Steckbrief „Klimawirkungsansatz“.

Fazit und Ausblick

Die Erweiterung der Bundesergänzungszuweisungen um einen Klimaprognosefaktor stellt einen innovativen Ansatz zur Stärkung der fiskalischen Resilienz gegenüber klimabedingten Risiken dar. Durch die systematische Berücksichtigung von Klimarisiken, Anpassungsbedarfen und historischen Schadensdaten im Rahmen des Finanzausgleichs könnten sowohl präventive als auch reaktive Elemente in der Mittelverteilung verankert werden.

Zu den zentralen Vorteilen könnten die Stärkung von Planungssicherheit, die Förderung von präventiven Investitionen in Klimaresilienz sowie eine risikoadäquate Mittelverteilung auf Grundlage objektiver und differenzierter Kriterien zählen. Das Instrument würde es ermöglichen, fiskalische Belastungen infolge des Klimawandels gerechter zwischen Bund und Ländern aufzuteilen und dadurch die langfristige Finanzierungslast für besonders betroffene Regionen abzufedern. Allerdings wäre die Umsetzung mit komplexen Herausforderungen verbunden. Die Datenverfügbarkeit und -qualität, die Unsicherheiten in der Klimamodellierung, verfassungsrechtliche Abgrenzungsfragen sowie administrative Anforderungen stellen zentrale Limitationen dar, die eine schrittweise Implementierung erforderlich machen. Ein lernorientierter, iterativer Ansatz erscheint dabei sinnvoll. Für die Zukunft wäre daher eine gezielte Weiterentwicklung von Dateninfrastruktur, Governance-Strukturen sowie indikatorengestützten Berechnungsmodellen erforderlich. Perspektivisch könnten die reformierten Bundesergänzungszuweisungen mit Klimaprognosefaktor ein Schlüsselbaustein für eine klimafeste Finanzpolitik werden, die neben fiskalischer Stabilität auch klimapolitische Steuerungswirkungen entfaltet.

Weiterführende Literatur

- Döring, Thomas; Gerhards, Eva; Thöne, Michael (2024): Klimaansatz und mehrjährige Steuerkraft im kommunalen Finanzausgleich Nordrhein-Westfalen. FiFo-Berichte Nr. 34. Finanzwissenschaftliches Forschungsinstitut an der Universität zu Köln. Online verfügbar unter: https://www.fifo-koeln.org/images/aktuelles/2024/FiFo-Bericht_34_Klimaansatz-KFA.pdf

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (2024): Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel 2024. Berlin. Online verfügbar unter:

7.11 Staat als letzte Versicherungsinstanz

Einordnung: neues Instrument/Erweiterung eines bestehenden Instruments?

Das Konzept des Staates als letzte Versicherungsinstanz stellt im deutschen Kontext einen neuen Ansatz dar. Bisher sieht das Versicherungssystem keine festgelegte, verpflichtende Rolle des Staates als Rückversicherung für Extremrisiken vor. Der Staat ist also bislang nicht zwangsläufig die letzte Instanz der Absicherung bei Klimarisiken. Allerdings greift er zunehmend unterstützend in den Versicherungsschutz ein, insbesondere dann, wenn private Versicherungen an ihre Grenzen stoßen.

Definition und Grundprinzip

Das Konzept „Staat als letzte Versicherungsinstanz“ bezeichnet ein mehrstufiges Versicherungssystem, bei dem der Staat als Ultima Ratio für extreme Schadensereignisse eintritt, wenn die Kapazitäten privater Versicherer und Rückversicherer erschöpft sind. Diese staatliche Rückfallposition fungiert als letzter Risikopuffer in einer gestaffelten Kette von Versicherungslösungen. Das System basiert auf dem Prinzip der „Ladder of intervention“, bei dem verschiedene AkteurInnen in aufsteigender Reihenfolge Risiken übernehmen: primäre Versicherer, Rückversicherer und schließlich nationale Versicherungssysteme.

Die von der Europäischen Zentralbank (EZB) und der Europäischen Aufsichtsbehörde für das Versicherungswesen (EIOPA) im Dezember 2024 vorgeschlagene europäische Lösung zur Bewältigung von Naturkatastrophenrisiken exemplifiziert dieses Konzept auf supranationaler Ebene. Das zweisäulige System enthält als letzte Instanz eine EU-weite öffentlich-private Rückversicherung sowie einen öffentlichen EU-Fonds für Katastrophenfinanzierung, welcher durch Beiträge der Mitgliedstaaten finanziert wird. Während von den nationalen und subnationalen Regierungen im Allgemeinen erwartet wird, dass sie im Falle einer Katastrophe den größten Teil der Verluste an öffentlichen Vermögenswerten decken, würde ein europäischer öffentlicher Katastrophenfonds zusätzliche unmittelbare Kapazitäten schaffen, indem er bei besonders schweren Katastrophen den Regierungen finanzielle Unterstützung leistet und so die Bemühungen um den Wiederaufbau der Infrastruktur unterstützt (EZB und EIOPA 2024).

Funktionsweise

Die Funktionsweise des Systems erfolgt über eine risikostufenartige Verteilung der Schadenslast. In der ersten Stufe tragen private Erstversicherer die Grundrisiken, also die Verluste aus Katastrophen mit geringer Auswirkung, die die große Mehrheit der klimabedingten Ereignisse ausmachen. Die zweite Stufe umfasst private Rückversicherer, die das Überschussrisiko der Erstversicherer bei Katastrophen mit stärkeren Auswirkungen übernehmen (Haubner 2009). Auf der dritten Stufe bieten nationale staatliche Versicherungssysteme zusätzliche Rückversicherungskapazitäten für Ereignisse mit noch stärkeren Auswirkungen. Im Rahmen des von der EZB und EIOPA vorgeschlagenen Konzepts würde für die höchsten Schadensereignisse, die privat versicherte Schäden betreffen, ein europäisches öffentlich-privates Rückversicherungssystem den privaten (Rück-)Versicherungsunternehmen eine zusätzliche Rückversicherung gegen risikobasierte Prämien bieten (EZB und EIOPA 2024).

Auf deutscher Ebene würde der Staat in der vierten und höchsten Stufe als „letzte Versicherungsinstanz“ die verbleibenden Extremrisiken übernehmen, zum Beispiel in besonders exponierten Lagen mit zu hohen Schadenspotenzialen. Hier muss der Staat ergänzend übernehmen, wenn die Kapazitäten der privaten MarktteilnehmerInnen erschöpft sind, zusätzlich zu den Schäden an öffentlicher Infrastruktur und den Kosten für die Katastrophenbewältigung (UBA 2022c). Diese staatliche Absicherung erfolgt typischerweise über sogenannte „Stop-Loss-Garantien“ oder „Ausfallgarantien“, bei denen der Staat

Schäden oberhalb eines definierten Schwellenwertes trägt (Neininger 2025; Becker und Oslislo 2022; Versicherungswirtschaft heute 2025).

Vorteile und Anwendungsbereiche

Der Klimawandel stellt das bestehende Versicherungssystem vor grundlegende Herausforderungen, da extreme Wetterereignisse häufiger und intensiver werden und damit die Versicherbarkeit von Schäden zunehmend infrage gestellt wird. Bereits heute können viele Risiken aufgrund steigender Prämien oder fehlender Versicherungsangebote in besonders risiko-exponierten Regionen nicht mehr angemessen abgedeckt werden, was zu einer wachsenden Versicherungslücke führt. Sollten sich die Probleme der Versicherbarkeit weiter verschärfen, könnte eine grundlegende Reform des Versicherungssystems stabilisierend wirken (Allianz 2025). Das System des Staates als letzte Versicherungsinstanz bietet Vorteile für die Stabilität des Versicherungsmarktes und die gesellschaftliche Resilienz. Durch die staatliche Rückfallposition können private Versicherer auch extreme Risiken kalkulierbar übernehmen, da das sog. Tail-Risk vom Staat getragen wird (Evans 2023). Dies kann letztlich zu niedrigeren Risikoprämien für VersicherungsnehmerInnen führen und die Verfügbarkeit von Versicherungsschutz erhöhen.

Der Staat verfügt über einzigartige Voraussetzungen für diese Rolle: hoheitliche Steuererhebungsmöglichkeiten, langfristige Finanzierungskapazität und die Fähigkeit zur zeitlichen Risikostreuung über Generationen hinweg. Dank seiner hohen Kreditwürdigkeit kann der Staat Schäden finanzieren, die private AkteurInnen in die Insolvenz treiben würden (Nguyen 2009).

Das Anwendungsspektrum erstreckt sich über alle föderalen Ebenen. Auf Kommunalebene können Städte und Gemeinden von stabileren Versicherungsmärkten profitieren, da das Systemrisiko reduziert wird. Staaten können nationale Versicherungssysteme etablieren, die durch staatliche Garantien abgesichert sind. Auf Europäischer Ebene kann die finale Absicherung über das von EZB und EIOPA vorgeschlagene Konzept einer EU-weiten öffentlich-privaten Rückversicherung sowie eines öffentlichen EU-Fonds für Katastrophenfinanzierung geschehen.

Herausforderungen und Limitationen

Eine wesentliche Herausforderung besteht darin, ein staatliches Rückversicherungsangebot so zu gestalten, dass es den privaten Versicherungsmarkt stabilisiert, ohne ihn zu ersetzen. Es sollte verhindert werden, dass durch staatliche Absicherung die notwendigen Risikosignale in den Prämien verloren gehen. Werden sämtliche Risiken privater Vermögenswerte letztlich auf den Staat übertragen, würde dies kaum zu einer Verbesserung gegenüber der aktuellen Situation führen und könnte Fehlanreize für Prävention und Risikobewusstsein schaffen.

Das zentrale Problem des Moral Hazard würde, wie bei anderen Absicherungsmechanismen, auch weiterhin bestehen: Wenn VersicherungsnehmerInnen auf staatliche Hilfe vertrauen, sinken die Anreize für private Vorsorge und Risikominderung. Dies kann zu einer Unterversicherung führen, die letztendlich die staatliche Belastung erhöht. Die Erwartung staatlicher Hilfe kann auch private Versicherer dazu verleiten, unvorsichtigere Risikobewertungen vorzunehmen (StMWi 2020; Becker und Oslislo 2022).

So kann auch die Implementierung einer staatlichen Versicherung letzter Instanz, ähnlich wie bei anderen Absicherungsmechanismen, erhebliche fiskalische Risiken mit sich bringen. Klimawandelbedingte Schadenssteigerungen können zu unkalkulierbaren Belastungen öffentlicher Haushalte und Versicherer führen (Darley 2025). Deutschland verzeichnet bereits eine Staatsverschuldung von über 2,5 Billionen Euro, was die fiskalischen Spielräume für zusätzliche Garantien begrenzt (tagesschau.de 2025).

Systemische Risiken entstehen durch die Konzentration extremer Risiken beim Staat. Gleichzeitige Großschadensereignisse können selbst staatliche Finanzierungskapazitäten überfordern. In diesem Fall könnte eine europäische Rückfalloption, wie von EZB und EIOPA vorgeschlagen, eine Ergänzung darstellen, um das Risiko zu minimieren.

Beispiele

International existieren verschiedene Modelle staatlicher Absicherung als letzte Versicherungsinstanz. Das französische Système CatNat bildet seit 1982 ein umfassendes staatlich abgesichertes System für Naturkatastrophenschäden. Die Caisse Centrale de Réassurance (CCR) fungiert als staatlicher Rückversicherer mit einer unbegrenzten Staatsgarantie für Naturkatastrophenschäden. Das System erreicht eine hohe Versicherungsdichte von 98 %, wobei die durchschnittlichen Jahresbeiträge mit nur 26 Euro zunächst sehr niedrig erscheinen (ZEV 2023). Diese günstigen Konditionen sind vor allem auf das solidarische (und nicht risiko-basierte) Prinzip und die Rolle des starken staatlichen Rückversicherers zurückzuführen. Allerdings ist das französische CatNat-System zunehmend auch Gegenstand von Kritik: Die Beiträge der Versicherten werden nicht nach individuellem Risiko berechnet, sondern als gesetzlich festgelegte Abgabe erhoben, die aktuell 12 % der Sachversicherungsprämie beträgt und 2025 auf 20 % steigen soll – eine Reaktion auf die zunehmenden Defizite durch Klimawandel und Extremwetter. Zusätzlich zu dieser Abgabe sind weiterhin die Kosten für die reguläre Gebäudeversicherung zu tragen, sodass die tatsächliche finanzielle Belastung der Versicherten deutlich über dem oft zitierten Durchschnittswert von 26 Euro liegt (GDV 2024). Ein Vergleich mit risikobasierten Prämien in Deutschland greift daher zu kurz.

In Deutschland zeigt die Extremus Versicherungs-AG seit 2002 die erfolgreiche Umsetzung einer staatlich abgesicherten Spezialversicherung für Terrorrisiken. Der Staat übernimmt dabei Schäden oberhalb von 2,52 Mrd. EUR bis zu einer Gesamtkapazität von 8,5 Mrd. EUR jährlich. Diese Konstruktion ermöglicht Versicherungsschutz für Großrisiken, die sonst nicht versicherbar wären (Ponzel 2022; Nodorf 2022).

Weitere internationale Beispiele finden sich in kleineren Staaten wie der Karibik, wo regionale Versicherungspools mit staatlicher Beteiligung extreme Wetterrisiken abfedern. Die Caribbean Catastrophe Risk Insurance Facility (CCRIF) zeigt, wie staatliche Kofinanzierung parametrische Versicherungslösungen ermöglichen kann (CCRIF 2022).

Fazit und Ausblick

Das Konzept des Staates als letzte Versicherungsinstanz stellt eine mögliche Ergänzung privater Versicherungsmärkte dar, um gesellschaftliche Resilienz gegen extreme Risiken zu gewährleisten. Angesichts klimawandelbedingter Schadenssteigerungen wird eine staatliche Rückfallposition zunehmend unverzichtbar. Die steigende Häufigkeit und Intensität von Naturkatastrophen überfordert teilweise bereits heute die private Versicherungskapazität. Dennoch erfordert das Konzept eine weitergehende vertiefte Analyse, um potenzielle Risiken und die langfristige Tragfähigkeit für Gesellschaft und Versicherungswirtschaft umfassend zu beleuchten.

Weiterführende Literatur

- Europäische Zentralbank & EIOPA (2024): **Towards a European system for natural catastrophe risk management**. Verfügbar unter: https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/other/ecb.climateinsuranceprotectiongap_EIOPA202412~6403e0de2b.en.pdf
- Kreft, Sönke; Sandholz, Simone et al. (2022): **Klimarisikoversicherung: Potenziale als strategisches Instrument zur Klimaanpassung in Deutschland**. Umweltbundesamt (UBA). Verfügbar unter:

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/cc_13-2022_klimarisikoversicherung.pdf

Anhang B: Anonymisierte Übersicht der interviewten ExpertInnen

Tabelle 48: Anonymisierte Übersicht der interviewten Personen unterteilt in AkteurInnengruppen

AkteurInnengruppe	Anzahl der interviewten Personen
Kommunale AkteurInnen	9
AkteurInnen aus Landes- und Bundesinstitutionen	6
AkteurInnen aus der Wissenschaft	3