



## Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel – Vorstudie für Modellvorhaben

Zusammenfassung des Zwischenberichts zu den räumlichen Wirkfolgen  
von Klimaänderungen und ihrer raumordnerischen Relevanz

### Impressum

#### Herausgeber

Bundesministerium für Verkehr,  
Bau und Stadtentwicklung (BMVBS)  
Invalidenstraße 44  
10115 Berlin

Bundesamt für Bauwesen  
und Raumordnung (BBR)  
Deichmanns Aue 31-37  
53179 Bonn

#### Bearbeitung

Technische Universität Dortmund (Auftragnehmer)  
Prof. Dr. Dietwald Gruehn (Leitung), Sven Rannow, Dr. Mark Fleischhauer, Dr. Burghard  
C. Meyer, Prof. Dr. Stefan Greiving

Austrian Research Centers GmbH (Subauftragnehmer)  
Dr. Wolfgang Loibl, Johann Züger, Mario Köster

Justus-Liebig-Universität Gießen (Subauftragnehmer)  
Prof. Dr. Christian Diller

Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, Bonn (Auftraggeber)  
Dr. Fabian Dosch (Leitung)

#### Vervielfältigung

Alle Rechte vorbehalten

#### Zitierweise

BMVBS / BBR (Hrsg.): Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel, BBR-Online-Publikation 19/2008.  
urn:nbn:de:0093-ON1908R150

Die vom Auftragnehmer vertretene Auffassung ist  
nicht unbedingt mit der der Herausgeber identisch.

ISSN 1863-8732  
urn:nbn:de:0093-ON1908R150

© BMVBS / BBR Dezember 2008

Ein Projekt des Forschungsprogramms „Modellvorhaben der Raumordnung“ (MORO) des  
Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) und des Bundes-  
amtes für Bauwesen und Raumordnung (BBR).

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>KLIMAWANDEL IN DEUTSCHLAND .....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>KLIMAWANDEL UND RÄUMLICHE PLANUNG .....</b>	<b>2</b>
<b>4</b>	<b>REGIONALE AUSWIRKUNGEN DES KLIMAWANDELS .....</b>	<b>4</b>
	4.1 KLIMAWANDEL-REGIONSTYPEN .....	6
	4.2 ERMITTLUNG VON KLIMAWANDEL-ANFÄLLIGKEITS- UND KLIMAWANDEL-BETROFFENHEITS- RAUMTYPEN .....	9
	4.2.1 <i>Klimawandel-Anfälligkeits-Raumtypen</i> .....	9
	4.2.2 <i>Klimawandel-Betroffenheits-Raumtypen</i> .....	10
<b>5</b>	<b>ERSTER ÜBERBLICK ÜBER DEN AKTIVITÄTSSTAND DER REGIONALPLANUNGEN ZUM THEMA KLIMAWANDEL.....</b>	<b>14</b>

## Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 2: VERFLECHUNGSMATRIX ZUR BESTIMMUNG DER RÄUMLICHEN BETROFFENHEIT AUF BASIS VON ANFÄLLIGKEIT UND KLIMATISCHER VERÄNDERUNG .....	6
ABBILDUNG 3: KARTE DER KLIMAWANDEL-REGIONSTYPEN FÜR DAS SZENARIO A1B .....	7
ABBILDUNG 4: KARTE DER KLIMAWANDEL-REGIONSTYPEN FÜR DAS SZENARIO A2 .....	8
ABBILDUNG 5: KARTE DER KLIMAWANDEL-REGIONSTYPEN FÜR DAS SZENARIO B1 .....	8
ABBILDUNG 6: KARTE DER KLIMAWANDEL-ANFÄLLIGKEITS-RAUMTYPEN .....	9
ABBILDUNG 7: KARTE DER KLIMAWANDEL-BETROFFENHEITS-RAUMTYPEN FÜR PROBLEMKOMPLEX 1.....	11
ABBILDUNG 8: KARTE DER KLIMAWANDEL-BETROFFENHEITS-RAUMTYPEN FÜR PROBLEMKOMPLEX 2.....	12
ABBILDUNG 9: KARTE DER KLIMAWANDEL-BETROFFENHEITS-RAUMTYPEN FÜR PROBLEMKOMPLEX 3.....	13

## 1 Einleitung

Die Vorstudie „Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel“ soll die Ausschreibung des Modellvorhabens der Raumordnung (MORO) für ca. 8 Modellregionen durch das BMVBS/BBR vorbereiten. Um die erforderlichen fachlichen Grundlagen hierfür zu erstellen, verfolgt die Vorstudie die folgenden drei wesentlichen Ziele:

- eine räumliche Typisierung von Klimaänderungen und ihrer Wirkfolgen
- eine Entwicklung spezifischer Schutz- und Anpassungsstrategien der Raumordnung
- die Vorbereitung des Ausschreibungstextes

Der 2., projektinterne Zwischenbericht baut auf dem 1. Zwischenbericht auf (Literatur- und Policyanalyse) und dokumentiert die räumliche Typisierung von Klimaänderungen und ihren Wirkfolgen. Dies geschieht durch die Ermittlung von Klimawandel-Regionstypen, die Ableitung von Klimawandel-Anfälligkeits-Raumtypen und die Zuordnung zu Klimawandel-Betroffenheits-Raumtypen. Der Fokus des Berichtes liegt damit auf der Identifikation „räumlicher Brennpunkte“ des Anpassungsbedarfs. Er hat die thematischen Schwerpunkte: 1) Klimawandel in Deutschland, 2) Klimawandel und räumliche Planung, 3) Regionale Auswirkungen des Klimawandels und 4) Erster Überblick über den Aktivitätsstand der Regionalplanungen zum Thema Klimawandel.

## 2 Klimawandel in Deutschland

Klimasimulationen mit numerischen Modellen haben in den letzten 20 Jahren immer mehr an Bedeutung gewonnen. Inzwischen stehen für die Projektion des Klimawandels in Deutschland mehrere Modelle und Szenarien in räumlich und zeitlich hoher Auflösung zur Verfügung. Die wesentlichen Regionalisierungsansätze und Modelle werden im Bericht beschrieben und ihre Einsatzmöglichkeiten im Projektzusammenhang bewertet.

Im Ergebnis wird das Klimamodell REMO (MPI Hamburg) als derzeit beste verfügbare Datenbasis für die Entwicklung von Anpassungsstrategien der Raumordnung beurteilt. Bisher liegen für das Klimamodell REMO Ergebnisse in der Auflösung 0,088° (10 x10 km) für den Zeitraum 1950 bis 2100 und die IPCC-Szenarien<sup>1</sup> A1B, A2 und B1 vor.

## 3 Klimawandel und räumliche Planung

Die thematische Ausrichtung der Vorstudie auf den Handlungsbedarf in der Raumordnung machte eine Einschränkung der betrachteten Themen und ein einfaches und schnelles methodisches Vorgehen zur Ermittlung von räumlichen Brennpunkten des Anpassungsbedarfes nötig. Um dies zu erreichen, wurde zunächst analysiert, welche der

---

<sup>1</sup>IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change 2007: Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. In: IPCC (Hg.): Klimaänderung 2007: Auswirkungen, Anpassungen, Verwundbarkeiten. Beitrag der Arbeitsgruppe II zum Vierten Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderung (IPCC). Cambridge: Cambridge University Press.

möglichen Wirkfolgen des Klimawandels unmittelbar raumordnerisch relevant sind bzw. werden (siehe Anlage). Als Kriterien wurden hierfür die Raumbedeutsamkeit der Folgen, der Bedarf an überfachlicher Koordination sowie die Auswirkungen auf die verschiedenen Ebenen der Raumordnung verwendet. Für die weitere Betrachtung im Rahmen des Projektes wurden folgende raumordnerisch besonders relevante Wirkfolgen des Klimawandels in Deutschland identifiziert:

In der Vorstudie betrachtete raumordnerisch relevante Wirkfolgen des Klimawandels in Deutschland	
Schleichende Veränderungen	Zunehmender Verlust des Oberbodens durch Wassererosion
	Steigende Gefährdung der Artenvielfalt
	Zunehmende Schwankung des Grundwasserspiegels
	Einschränkung der als Brauchwasser nutzbaren Wasserressourcen
Extremereignisse	Häufigere Hitzeperioden oder Hitzewellen
	Häufigere Starkregenereignisse und Sturzfluten
	Veränderung von Frequenz und Stärke von Flusshochwässern
	Häufigere und höhere Sturmwasserstände
	Steigende Gefahr von gravitativen Massenbewegungen
	Steigende Waldbrandgefahr
	Häufigere Beeinträchtigung und Zerstörung der Infrastruktur

**Tabelle 1: Übersicht über die in der Vorstudie betrachteten Wirkfolgen des Klimawandels in Deutschland**

Neben der Identifikation von raumordnerisch besonders relevanten Wirkfolgen werden im Projekt mögliche Rückwirkungen und Konsequenzen für die Leitbilder der Raumentwicklung („Wachstum und Innovation“, „Daseinsvorsorge sichern“ und „Ressourcen bewahren“) dargestellt. Als Konsequenz wird die Notwendigkeit zur Reflektion der Wirkfolgen des Klimawandels und geeigneter Raumentwicklungsstrategien zur Anpassung in den Leitbildern formuliert. Die vielfältigen Wechselwirkungen, die die Wirkfolgen des Klimawandels mit der Raumnutzung zeigen und der erhebliche Einfluss, den sie auf Siedlungs- und Raumstruktur haben werden, dürfte die Formulierung eines eigenständigen Leitbildes zum Thema rechtfertigen.

#### 4 Regionale Auswirkungen des Klimawandels

Ziel der räumliche Typisierung von Klimaänderungen und ihrer Wirkfolgen war es aus Sicht der Raumentwicklung einen – bisher fehlenden - bundesweit einheitlichen Überblick<sup>2</sup> über die regionalen Ausprägungen und Folgewirkungen des Klimawandels zu erstellen. Der Fokus lag daher vor allem auf der bundesweiten Vergleichbarkeit der Ergebnisse. Regionale Besonderheiten konnten methodisch und maßstabsbedingt nur in seltenen Fällen abgebildet werden. Es war von vorneherein klar, dass die Ergebnisse dieser Analyse nur einen vorläufigen Charakter haben können, da insbesondere bei den Klimamodellen, die als Basis der Analyse dienen, in den nächsten Monaten und Jahren deutliche Weiterentwicklungen, z.B. durch Ensemblerechnungen, im Bereich der Präzision und Zuverlässigkeit zu erwarten sind.

Die Untersuchung erfolgt problembezogen, d.h. die als problematisch bewerteten raumplanungsrelevanten Wirkfolgen des Klimawandels (siehe Tabelle, Kapitel 3) wurden zunächst einzeln betrachtet und erst am Ende zu einer vergleichenden Übersicht zusammengeführt. Dieser modulare Aufbau ermöglicht es, zum einen die Einzelergebnisse für die Wirkfolgen transparent darzustellen, zum anderen ist die Integration weiterer Wirkfolgen, z.B. im Rahmen einer sektoralen Betrachtung, auch in Zukunft noch möglich.

Für die einzelnen raumplanungsrelevanten Wirkfolgen des Klimawandels wurde zunächst ein Wirkmodell erstellt. Von diesem Wirkmodell wurden die Indikatoren, mit deren Hilfe die jeweilige Wirkfolge erfasst werden kann, abgeleitet.

Um die klimatischen Veränderungen darzustellen, wurden die Daten des Klimamodells REMO (MPI-Hamburg) für die Szenarien A2, A1B und B1 ausgewertet. Diese Daten wurden als Mittelwerte für die Zeiträume 1961-1990, 2011-2040, 2041-2070 und 2071-2100 auf Ebene der naturräumlichen Haupteinheiten Deutschlands zusammengefasst. Diese naturräumlichen Haupteinheiten (nach der Einteilung des Bundesamtes für Naturschutz) stellen biogeografisch definierte Regionen mit möglichst einheitlichen geologischen, edaphischen, hydrografischen, hydrologischen und klimatischen Verhältnissen dar. Sie eignen sich daher deutlich besser zur Beschreibung der regionalklimatischen Situation als beispielsweise administrative Abgrenzungen.

Durch die Auswertung der Daten des Klimamodells REMO ist ein Datensatz entstanden, der es erlaubt die klimatischen Veränderungen vom Referenzzeitraum 1961-1990 für die naturräumlichen Haupteinheiten in Deutschland darzustellen. Aus diesem Datensatz wurden sieben für die Bewertung der Wirkfolgen benötigte Indikatoren (Temperatur,

---

<sup>2</sup> Zum allgemeinen Überblick vgl. Zebisch, M.; Grothmann, T.; Schröter, D.; Hasse, C.; Fritsch, U.; Cramer, W. 2005: Klimawandel in Deutschland – Vulnerabilität und Anpassungsstrategien klimasensitiver Systeme. Dessau. Climate Change 08/05, Dessau sowie Jacob, D.; Göttel, H.; Kotlarski, S.; Lorenz, P. und Sieck, K. (2008): Klimaauswirkungen und Anpassung in Deutschland – Phase 1: Erstellung regionaler Klimaszenarien für Deutschland. Climate Change, 11/08. Dessau

Niederschläge: u.a. Veränderung der Anzahl an Hitzetagen, Veränderung der Jahrestemperatur, Veränderung der Jahresniederschläge) ausgewählt.

1. In einem ersten Analyseschritt wurden die Veränderungen der klimatischen Indikatoren deskriptiv beschrieben und mit dem statistischen Verfahren der Faktorenanalyse untersucht. Die Ergebnisse dieser ersten Betrachtung der klimatischen Veränderung wurden als Klimawandel-Regionstypen dargestellt. Sie bilden eine zusammenfassende und systematisierende Beschreibung der klimatischen Veränderung bis zum Zeitraum 2071-2100 in ihrer räumlichen Verteilung. Die Klimawandel-Regionstypen umfassen jedoch keine Aussagen über die durch die klimatischen Veränderungen ausgelösten Probleme oder den Handlungsbedarf.

Die Ergebnisse der Faktorenanalyse, die so genannten Faktorvariablen, wurden für eine vereinfachte Darstellung von Klimawandel-Regionstypen in Quartile eingeteilt. Als räumlicher Bezug für die Darstellung wurden die Regionalplanungsregionen gewählt (vgl. Kap. 4.1).

2. Um die Untersuchung der Betroffenheit durch negative Effekte des Klimawandels vorzubereiten wurden zunächst die Ausprägungen der klimatischen Indikatoren in einheitliche Klassen eingeteilt. Aufgrund der großen Unsicherheit, die mit den Aussagen über die klimatischen Veränderungen verbunden sind, wurden jeweils nur drei Stufen verwendet (keine bis geringe Veränderungen, mäßige Veränderungen, starke Veränderungen). Um die Einheitlichkeit und die Übersichtlichkeit zu gewährleisten, wurde diese dreistufige Skala der gesamten Bewertung zu Grunde gelegt, so dass auch alle anderen Indikatoren und Bewertungsschritte jeweils mit den Stufen gering, mäßig, stark dargestellt wurden. Lediglich im letzten Arbeitsschritt, bei der Aggregation der Betroffenheiten, wurden die einzelnen Bewertungen der Wirkfolgen addiert und als Mittelwert für die Planungsregionen dargestellt. So können die Planungsregionen anhand kumulierter Betroffenheiten miteinander verglichen werden.

3. Neben der Betrachtung der klimatischen Veränderung sollten auch die Charakteristika der Gebietseinheiten, die die Anfälligkeit gegenüber den Wirkfolgen bestimmen, Berücksichtigung finden. Die 13 Indikatoren für diese Anfälligkeit wurden aus verschiedenen statistischen Daten für die Kreise und kreisfreien Städte in Deutschland gewonnen. Wie oben beschrieben, wurden auch diese Daten jeweils in drei Klassen unterteilt (vgl. Kapitel 4.2.1).

4. Im Anschluss wurden diese Indikatoren mit den klimatischen Veränderungen in der jeweiligen naturräumlichen Einheit verglichen. Dieser Vergleich der lokalen Anfälligkeit mit der regionalen Veränderung des Klimas ermöglicht es, räumlich detailliertere Aussagen über die lokale Betroffenheit zu erhalten, als es durch die Betrachtung der klimatischen Veränderung alleine möglich gewesen wäre. Wie bei allen anderen Verknüpfungen von Indikatoren wurde auch hier eine einheitliche Verflechtungsmatrix verwendet. Diese Verflechtungsmatrizen bestehen aus Kreuztabellen, in denen die Bewertungsregeln für die Verknüpfung zweier Indikatoren dargestellt werden.

**Abbildung 1: Verflechtungsmatrix zur Bestimmung der räumlichen Betroffenheit auf Basis von Anfälligkeit und klimatischer Veränderung**

		klimatische Veränderung		
		gering	mäßig	stark
Anfälligkeit	gering	gering (1)	mäßig (2)	mäßig (2)
	mäßig	mäßig (2)	mäßig (2)	stark (3)
	stark	mäßig (2)	stark (3)	stark (3)

Im Ergebnis der Einzeluntersuchung liegen für die 11 betrachteten Wirkfolgen jeweils für alle vier untersuchten Perioden und alle drei Szenarien einzelne Bewertungsergebnisse vor. Um die Vielzahl der Einzeldarstellungen zusammenzufassen, wurden die Wirkfolgen zu Problemkomplexen gebündelt. Grundlage für diese Problemkomplexe bilden die in der Faktorenanalyse ermittelten Faktorenvariablen. Zur Bewertung der Problemkomplexe wurden die durchschnittliche Bewertung der Betroffenheit je Wirkfolge in den Planungsregionen bestimmt und diese Einzelbewertungen zu einer Gesamtbeurteilung aufaddiert (vgl. Kap 4.2.2).

#### 4.1 Klimawandel-Regionstypen

Die in der Vorstudie erarbeiteten Klimawandel-Regionstypen bilden die raumordnungsrelevanten Veränderungen des Klimas in Deutschland in ihrer räumlichen Verteilung bis zum Zeitraum 2071-2100 ab. Sie beschreiben die raumordnerisch relevanten Veränderungen des Klimas in zusammengefasster Form für die räumlichen Einheiten der Regionalplanung. Die Klimawandel-Regionstypen beinhalten noch keine Aussagen über die dadurch ausgelösten Probleme und Handlungserfordernisse.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Zunahme an Winterniederschlägen bei den Szenarien A1B und A2 eng mit einer Zunahme an Starkregenereignissen verbunden ist, d.h. in Regionen mit einer starken Zunahme der Winterniederschläge werden diese häufiger als Extremniederschläge fallen.

Gleichzeitig läuft die Zunahme der Temperatur parallel mit der Zunahme an Hitzetagen und wird von einer Abnahme der Sommerniederschläge begleitet, d.h. Regionen mit steigender Hitzebelastung müssen gleichzeitig mit geringeren Niederschlägen im Sommer rechnen. Die statistische Auswertung der Klimaparameter zeigt, dass sich die verschiedenen Veränderungen in Form von Faktoren zusammenfassen lassen. Der erste Faktor beschreibt dabei die Veränderungen der Sommersituation, der zweite Faktor umfasst vor allem die Veränderungen der Wintersituation. Vielfach entwickelt sich der Rückgang der Anzahl an Frosttagen nach einem eigenständigen Muster und kann, mit Ausnahmen von Szenario A1B, in einem dritten Faktor beschrieben werden.

Allen Szenarien ist gleich, dass die stärksten Veränderungen der Klimaparameter im Süden Deutschlands zu finden sind. Hier ist mit einer Zunahme von Problemsituationen im Sommer und im Winter zu rechnen. Das Saarland ist ebenfalls in allen Szenarien

durch starke Veränderungen geprägt. Im Nordwesten, insbesondere entlang der Nordseeküste weisen die Ergebnisse auf eine Zunahme der Winterniederschläge und der Starkregenereignisse hin. Die Veränderungen im Nordostdeutschen Tiefland und in Mitteldeutschland sind hingegen von Szenario zu Szenario deutlich unterschiedlich und lassen keine spezifischen räumlichen Verteilungsmuster erkennen.

### Klimawandel-Regionstypen (A1B, 2071-2100)

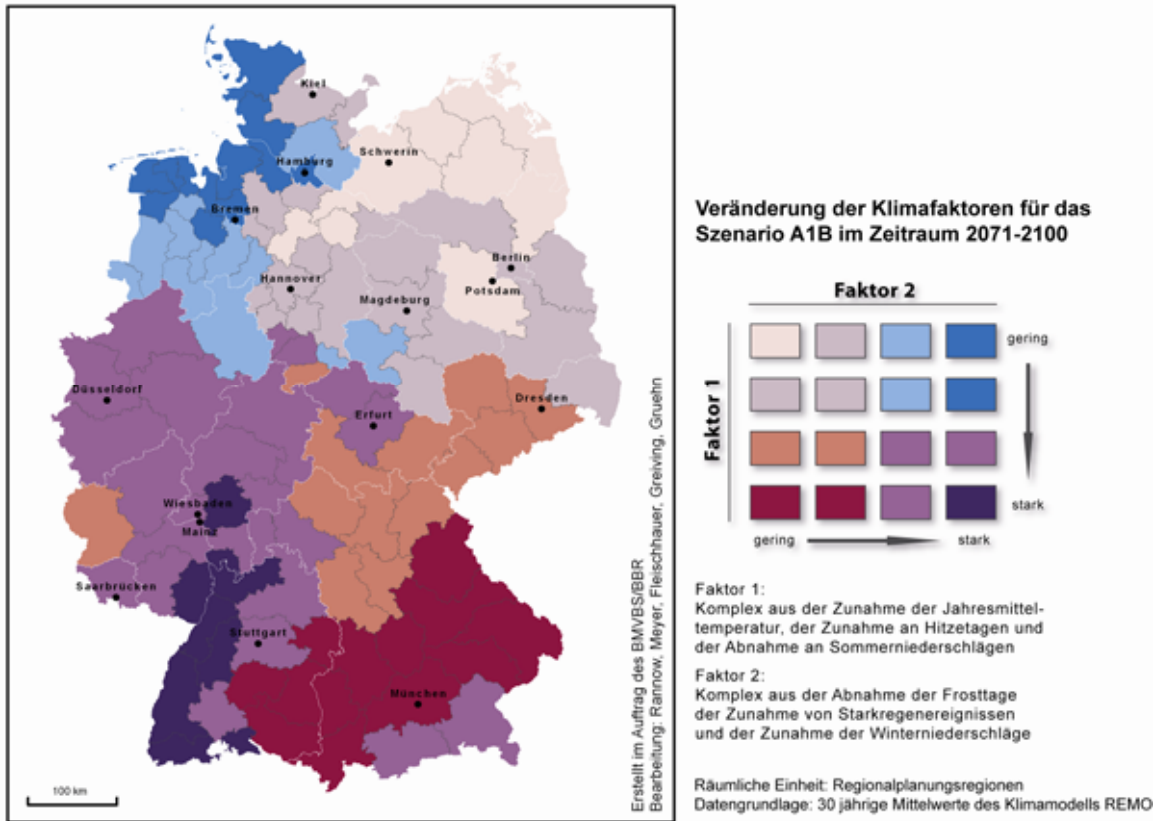
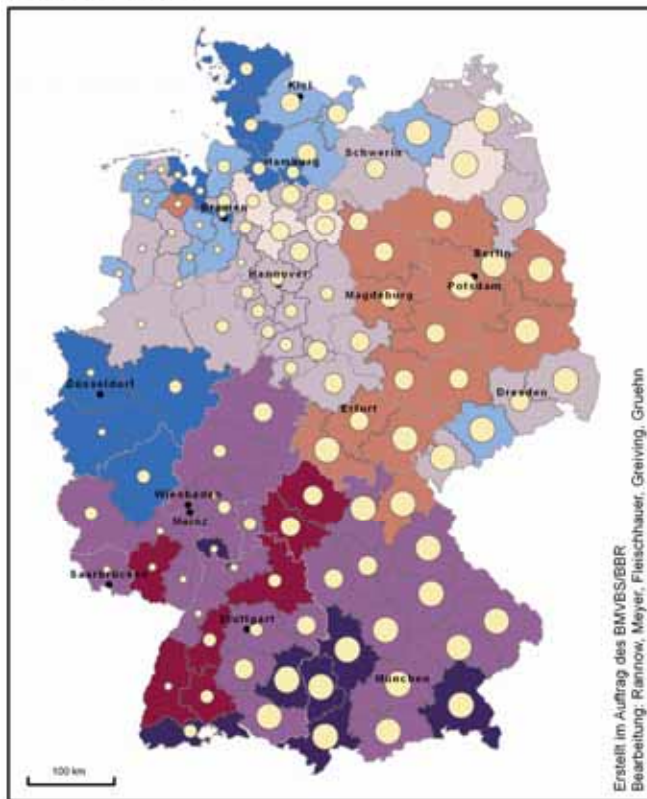


Abbildung 2: Karte der Klimawandel-Regionstypen für das Szenario A1B

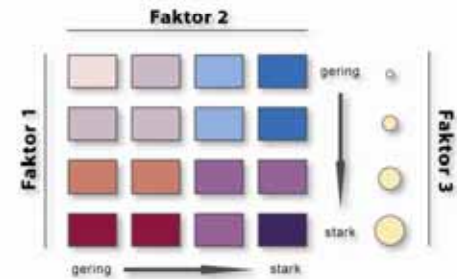


**Klimawandel-Regionstypen  
(A2, 2071-2100)**



Erstellt im Auftrag des BMVBS/BBR  
Bearbeitung: Rannow, Meyer, Fleischhauer, Greiving, Gruehn

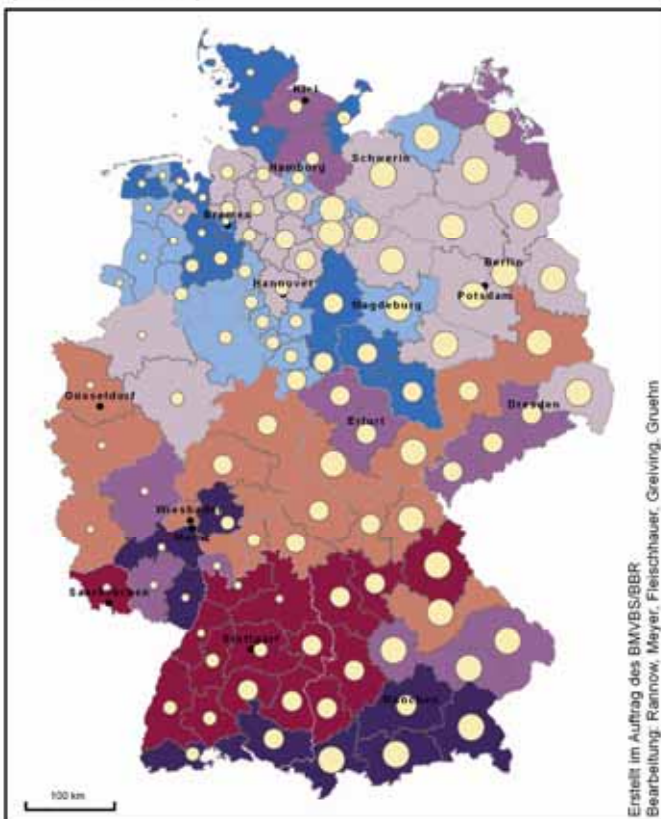
**Veränderung der Klimafaktoren für das Szenario A2 im Zeitraum 2071-2100**



Faktor 1: Komplex aus der Zunahme der Jahresmitteltemperatur, der Zunahme an Hitzetagen und der Abnahme an Sommerniederschlägen  
 Faktor 2: Komplex aus der Zunahme von Starkregenereignissen und der Zunahme der Winterniederschläge  
 Faktor 3: Abnahme der Frosttage  
 Räumliche Einheit: Regionalplanungsregionen  
 Datengrundlage: 30 jährige Mittelwerte des Klimamodells REMO

Abbildung 3: Karte der Klimawandel-Regionstypen für das Szenario A2

**Klimawandel-Regionstypen  
(B1, 2071-2100)**



Erstellt im Auftrag des BMVBS/BBR  
Bearbeitung: Rannow, Meyer, Fleischhauer, Greiving, Gruehn

**Veränderung der Klimafaktoren für das Szenario B1 im Zeitraum 2071-2100**



Faktor 1: Komplex aus der Zunahme der Jahresmitteltemperatur, der Zunahme an Hitzetagen und der Zunahme der Winterniederschläge  
 Faktor 2: Komplex aus der Zunahme von Starkregenereignissen und der Zunahme an Sommerniederschlägen  
 Faktor 3: Abnahme der Frosttage  
 Räumliche Einheit: Regionalplanungsregionen  
 Datengrundlage: 30 jährige Mittelwerte des Klimamodells REMO

Abbildung 4: Karte der Klimawandel-Regionstypen für das Szenario B1

## 4.2 Ermittlung von Klimawandel-Anfälligkeits- und Klimawandel-Betroffenheits-Raumtypen

### 4.2.1 Klimawandel-Anfälligkeits-Raumtypen

Neben der deskriptiven Zusammenstellung der klimatischen Veränderungen in den Klimawandel-Regionstypen wurde in der Vorstudie auch eine Bewertung der regionalen Auswirkungen möglicher Wirkfolgen des Klimawandels vorgenommen. Das Ergebnis dieser Bewertung berücksichtigt neben den klimatischen Veränderungen auch die Charakteristika der Gebietseinheiten, die die Empfindlichkeit gegenüber den Wirkfolgen bestimmen. Die Einschätzung der regionalen Anfälligkeit gegenüber den Wirkfolgen des Klimawandels basiert dabei auf zahlreichen statistischen Daten für Kreise und kreisfreie Städte (NUTS3-Ebene). Die Anfälligkeit wurde in Klimawandel-Anfälligkeits-Raumtypen für jede der raumplanungsrelevanten Wirkfolgen des Klimawandels einzeln erfasst. In der Karte der Klimawandel-Anfälligkeits-Raumtypen ist in einem – hier noch sehr vereinfachten – Beispiel das Ergebnis einer additiven Überlagerung der verschiedenen Anfälligkeiten dargestellt. Durch weitere Ausdifferenzierung dieses Ansatzes, insbesondere durch Typenbildung an Stelle eines eindimensionalen Rankings, sollen im weiteren Verlauf der Untersuchung weitergehende Hinweise auf die räumlichen Brennpunkte des Anpassungsbedarfes in Deutschland gewonnen werden.

#### Klimawandel-Anfälligkeits-Raumtypen

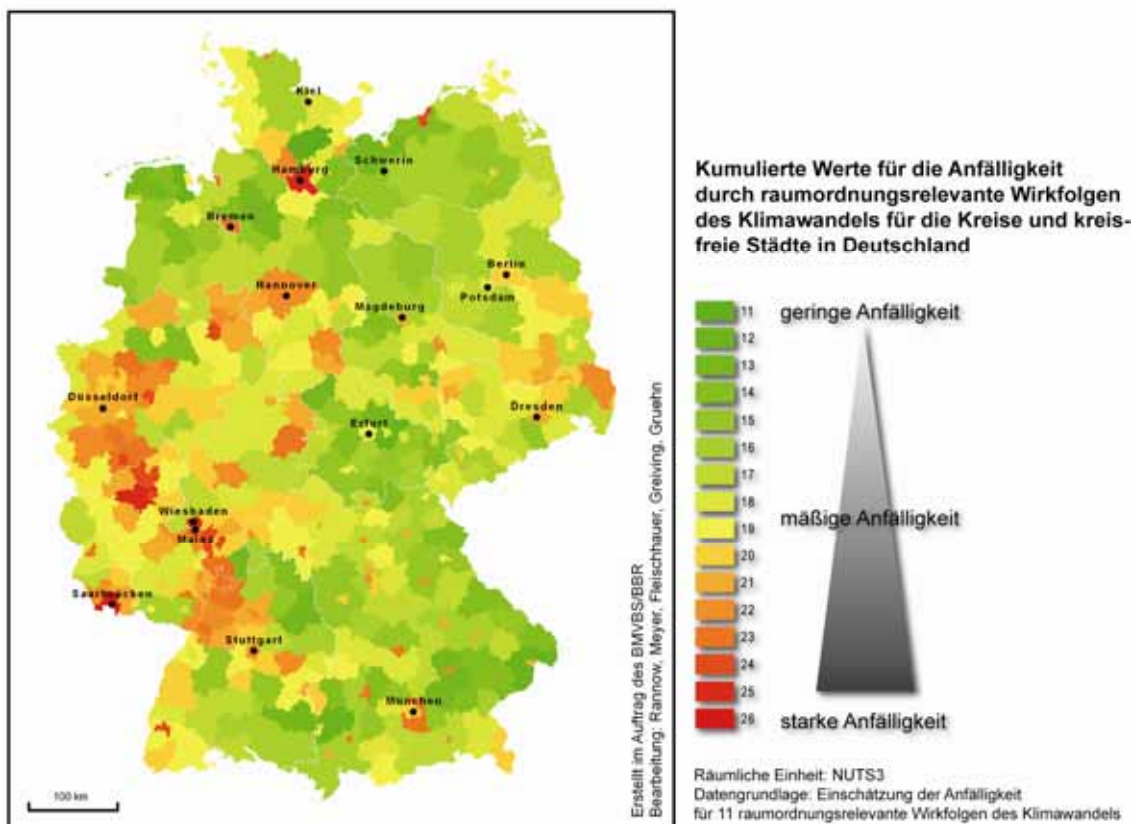


Abbildung 5: Karte der Klimawandel-Anfälligkeits-Raumtypen

## 4.2.2 Klimawandel-Betroffenheits-Raumtypen

Die Klimawandel-Betroffenheits-Raumtypen bilden eine Verknüpfung aus dem Auftreten raumordnungsrelevanter Veränderungen des regionalen Klimas und der Anfälligkeit. Vergleicht man den Gesamtumfang der Betroffenheit, der durch die einzelnen Betroffenheiten ausgelöst wird, so verursacht das häufigere Auftreten von Hitzeperioden oder Hitzewellen über alle Szenarien hinweg die stärksten Betroffenheiten. Diese Betroffenheit gegenüber der Zunahme an sommerlichen Hitzeperioden beruht auf einem Vergleich aus den Indikatoren für die regionale Veränderung im Auftreten von Hitzebelastungen (z.B. Anzahl der Tage mit einer Maximaltemperatur über 30 C°) und den Indikatoren für die Empfindlichkeit gegenüber Hitzeereignissen (z.B. Anteil empfindlicher Personen an der Bevölkerung). Neben der Hitzebelastung führt ebenfalls die Gefahr einer häufigeren Beeinträchtigung der Infrastruktur zu starken Betroffenheiten. Die übrigen Wirkfolgen tragen in den verschiedenen Zeiträumen und Szenarien im unterschiedlichen Maße zur Gesamtsituation in einer NUTS3-Einheit bei.

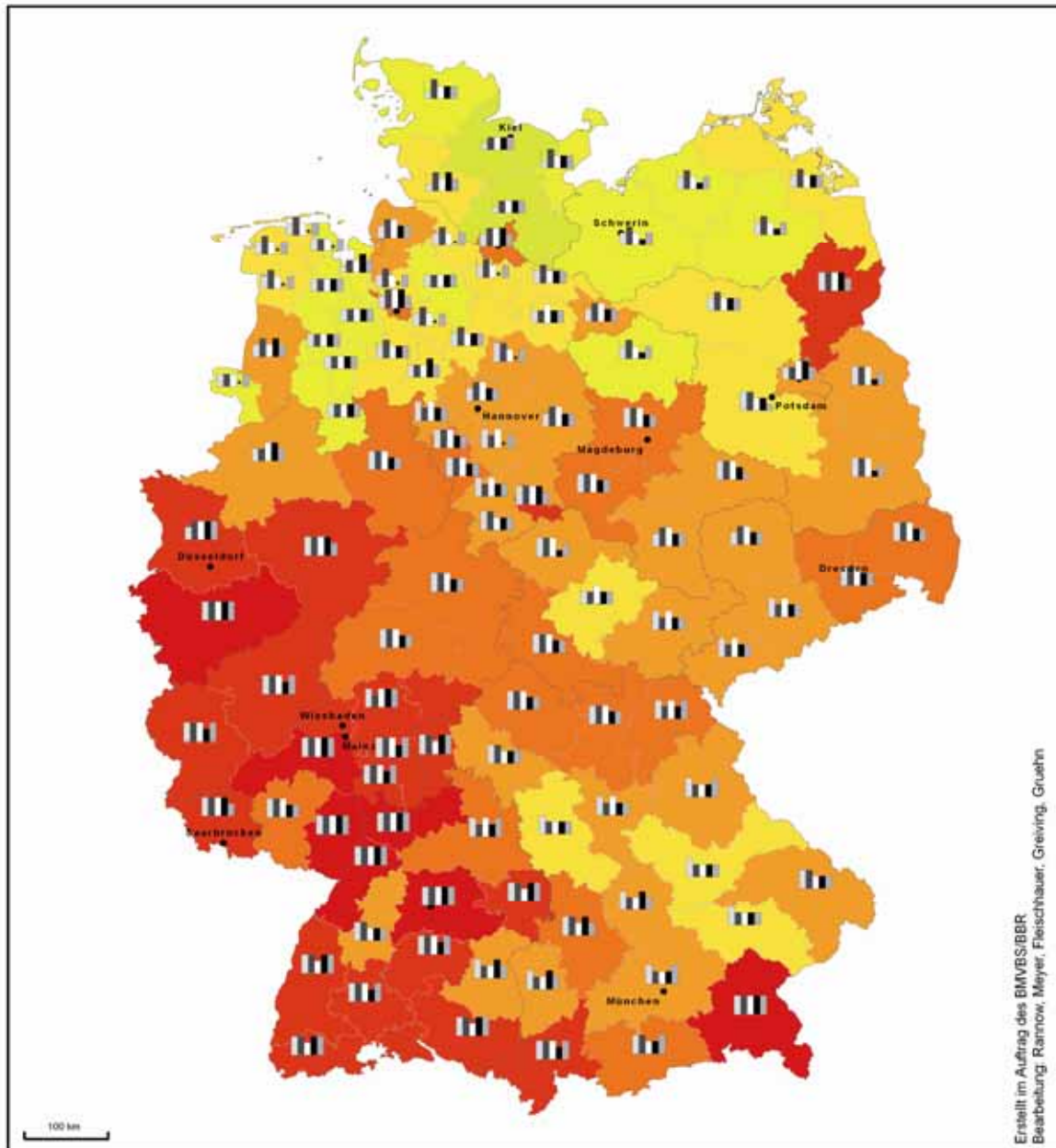
Die Betrachtungen der Betroffenheit durch einzelne Wirkfolgen lassen sich zu verschiedenen Darstellungen zusammenfassen. Aufbauend auf der Auswertung der Klimawandel-Regionstypen lässt sich z.B. die Häufung von Wirkfolgen, die vermehrt im Sommer auftreten (Problemkomplex 1) von den Wirkfolgen, die vermehrt im Winter auftreten (Problemkomplex 2) unterscheiden. Da die Infrastruktur sowohl durch Extremsituationen im Sommer als auch im Winter beeinträchtigt werden kann, muss sie hierbei als separater Problemkomplex betrachtet werden.

Ein Vergleich der verschiedenen Problemkomplexe zeigt, in Übereinstimmung mit bestehender Literatur, eine besonders große Betroffenheit durch den Problemkomplex 1, d.h. durch Probleme, die durch steigende Sommertemperaturen und sinkende Sommerniederschläge ausgelöst werden. Die Auswertung lässt einen Schwerpunkt der Betroffenheit entlang des Rheins und dem Alpenvorland erwarten, aber auch in Ostdeutschland ist mit dem entstehen erheblicher Betroffenheiten zu rechnen. Bei der Betrachtung einzelner Wirkfolgen wie z.B. der steigenden Waldbrandgefahr treten diese Betroffenheiten noch deutlicher hervor und lassen vermuten, dass die Probleme die hierdurch in einzelnen Regionen entstehen alle anderen der dort auftretenden Wirkfolgen in den Schatten stellen werden. Andere Klimamodelle als REMO wie z.B. WETTREG oder STAR weisen bei Projektionen der Trockenheit für Teile Ostdeutschlands auf noch deutlichere Betroffenheiten hin.

Im Gegensatz dazu treten die Betroffenheiten durch den Problemkomplex 2, d.h. durch zunehmende Winter- und Extremniederschläge ausgelöste Probleme, vor allem im Nordwestdeutschen Tiefland und an der Nordseeküste auf. Gerade hier erhöht die Kombination aus der Gefährdung durch Sturmfluten und einer wahrscheinlichen Zunahme von Extremniederschlägen (v.a. in Folge von Winterstürmen) die potentielle Betroffenheit.

Für Problemkomplex 3 ergibt sich die stärkste Betroffenheit im westlichen Bundesgebiet. Dies spiegelt die besonders dort vorhandene hohe Dichte baulicher und verkehrlicher Infrastruktur wieder. Als klimatische Indikatoren für diese Bewertung der Betroffenheit wurde die Veränderung der Anzahl an Starkregeneignissen und an Hitzetagen herangezogen.

## Klimawandel-Betroffenheits-Raumtypen - Problemkomplex 1 (A1B, 2071-2100)



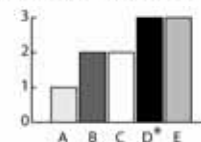
Erste Analyseergebnisse zu den regionalen Ausprägungen und Wirkfolgen des Klimawandels aus Sicht der Raumentwicklung auf Bundesebene.

Aggregation der potentiellen Betroffenheiten durch:

- A - Häufigere Hitzeperioden oder Hitzewellen
- B - Steigende Waldbrandgefahr
- C - Zunehmende Schwankungen des Grundwasserspiegels
- D - Einschränkung der als Brauchwasser nutzbaren Wasserressourcen
- E - Steigende Gefährdung der Artenvielfalt

Räumliche Einheit: Regionalplanungsregionen  
Datengrundlage: Bewertung einzelner Wirkfolgen des Klimawandels

Bewertung der einzelnen Wirkfolgen:



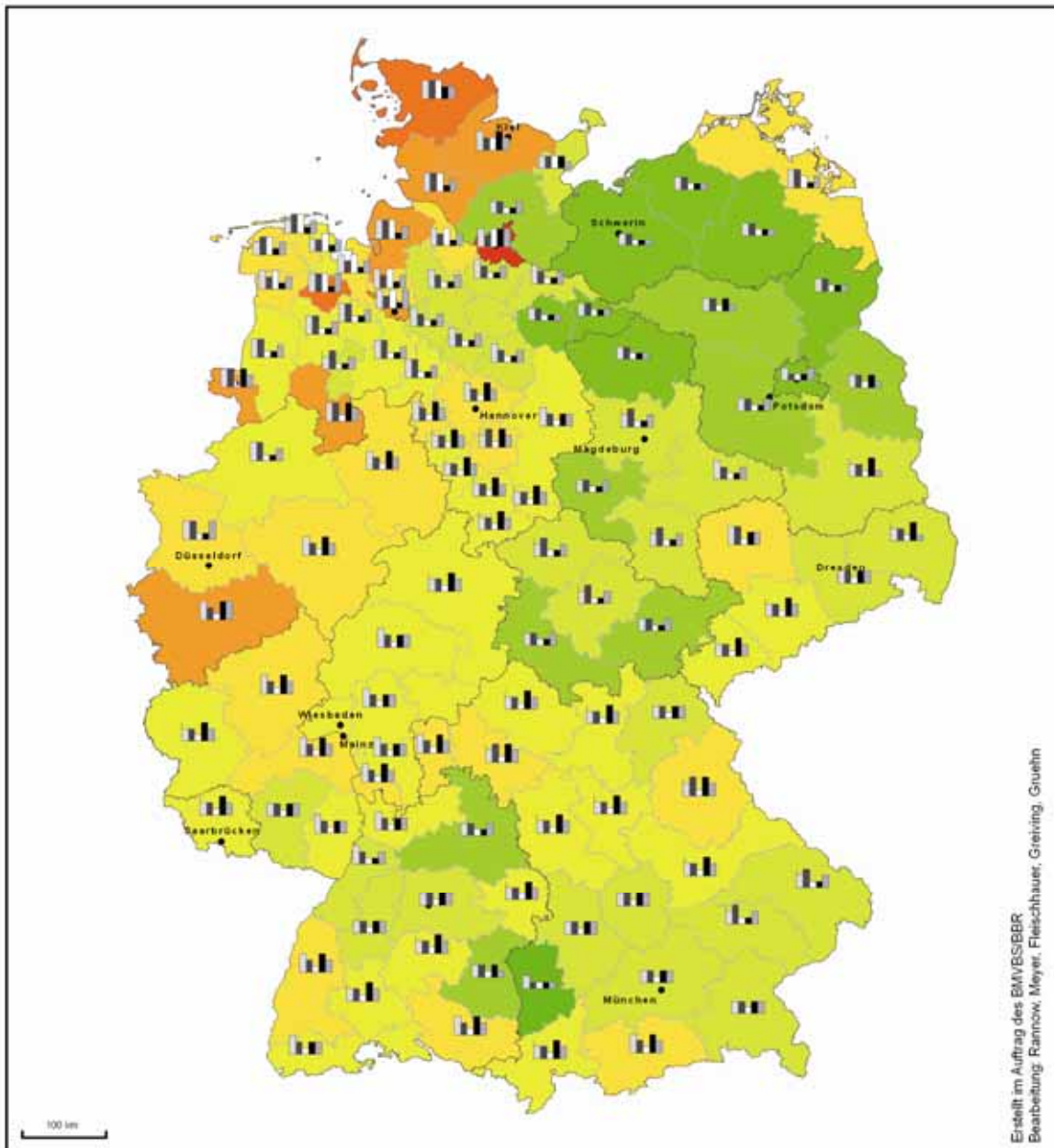
\* In 11 Planungsregionen lagen keine ausreichenden statistischen Daten zur Ermittlung des Brauchwasserbedarfes vor.

Kumulierte Bewertung für alle 5 Wirkfolgen:



**Abbildung 6: Karte der Klimawandel-Betroffenheits-Raumtypen für Problemkomplex 1**

## Klimawandel-Betroffenheits-Raumtypen - Problemkomplex 2 (A1B, 2071-2100)



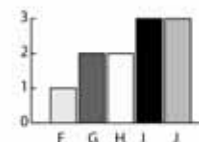
Erste Analyseergebnisse zu den regionalen Ausprägungen und Wirkfolgen des Klimawandels aus Sicht der Raumentwicklung auf Bundesebene.

Aggregation der potentiellen Betroffenheiten durch:

- F - Veränderung von Frequenz und Stärke von Flusshochwässern
- G - Häufigere Starkregenereignisse und Sturzfluten
- H - Häufigere und höhere Sturmwasserstände
- I - Zunehmender Verlust des Oberbodens durch Wassererosion
- J - Steigende Gefahr von gravitativen Massenbewegungen

Räumliche Einheit: Regionalplanungsregionen  
Datengrundlage: Bewertung einzelner Wirkfolgen des Klimawandels

Bewertung der einzelnen Wirkfolgen:

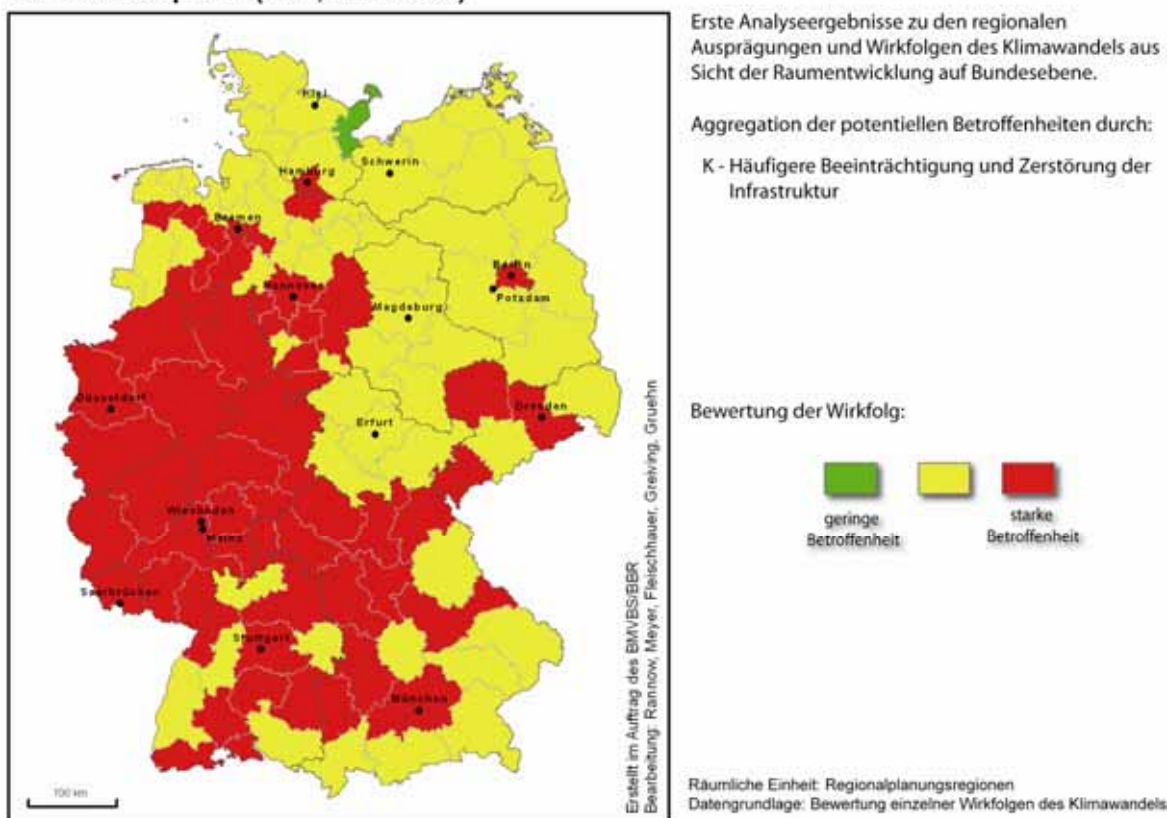


Kumulierte Bewertung für alle 5 Wirkfolgen:



Abbildung 7: Karte der Klimawandel-Betroffenheits-Raumtypen für Problemkomplex 2

### Klimawandel-Betroffenheits-Raumtypen Problemkomplex 3 (A1B, 2071-2100)



**Abbildung 8: Karte der Klimawandel-Betroffenheits-Raumtypen für Problemkomplex 3**

Überlagert man alle der hier untersuchten raumplanungsrelevanten Wirkfolgen des Klimawandels, so zeigt sich ein Schwerpunkt der Betroffenheit entlang des Rheintales, im Alpenvorland, entlang des Mains und in Sachsen. Je nach Ausprägung des Szenarios dehnt sich diese starke Betroffenheit unterschiedlich weit nach Norden und in die Mitte Deutschlands aus.

Die Schwerpunkte der Betroffenheit variieren zwar über die Szenarien in ihrer Intensität, zeigen aber immer die gleiche Tendenz. Es muss allerdings darauf hingewiesen werden, dass die Betroffenheit von einzelnen raumplanungsrelevanten Wirkfolgen von dieser Verteilung abweicht und im Einzelfall deutlich andere Brennpunkte bildet.

Es muss an dieser Stelle nochmals betont werden, dass es sich hier nur um eine vereinfachende exemplarische Darstellung handelt. Die Kombination und Gewichtung der Wirkfolgen des Klimawandels erfordert einen multilateralen transparenten Bewertungsprozess (ähnlich der Arbeit des IPCC selbst) und würde letztendlich den Rahmen dieser Vorstudie sprengen. Ziel war es an dieser Stelle vielmehr, charakteristische Betroffenheitstypen zu entwickeln (ohne Verdichtung auf eine eindimensionale quantitative Bewertungsskala), anhand derer die Repräsentativität von Modellregionen für die unterschiedlichen regionalen Betroffenheiten durch den Klimawandel in Deutschland sichergestellt werden können. Als wichtigster Punkt für eine Weiterentwicklung des bisherigen Ansatzes bleibt zu diskutieren, inwieweit dem Ist-Zustand in Form von bereits bestehenden klimabedingten Problemen bei der Erfassung und Bewertung ein deutlich größeres Gewicht zugemessen werden muss.

Darüber hinaus lässt die andauernde technische Weiterentwicklung regionalisierter Klimamodelle (z.B. durch Ensemble-Klimasimulationen) erwarten, dass in nächster Zukunft Daten zur Verfügung stehen, die eine detailliertere Bewertung der Betroffenheit zulassen.

Ein Vergleich der zeitlichen Entwicklung der Klimawandel-Betroffenheits-Raumtypen zeigt, dass insbesondere gegen Ende der Periode 2011-2040 und am Anfang der Periode 2041-2070, d.h. in den Jahren zwischen 2030 und 2050, mit einer erheblichen Zunahme an Betroffenheiten zu rechnen ist. Viele der Wirkfolgen werden dann eine Auswirkung erreicht haben, die schon jetzt aufgrund der langen Vorbereitungszeit einen hohen Handlungsdruck für die Raumordnung auslösen. Bis zum Ende des Jahrhunderts muss selbst bei einem niedrigen Emissionsszenario wie B1 deutschlandweit in erheblichem Ausmaß mit dem Auftreten von Wirkfolgen des Klimawandels gerechnet werden.

Die vorgelegte Analyse gibt einen ersten Überblick über räumliche Brennpunkte des raumordnerischen Handlungsbedarfes in Deutschland. Um detailliertere Aussagen über die Betroffenheit durch einzelne Wirkfolgen zu erhalten, müssen weitere Untersuchungen vorgenommen werden. Für viele der Probleme fehlen bisher zuverlässige flächendeckende Informationen für Deutschland. Dies gilt insbesondere für die Gefährdung bestehender Infrastruktureinrichtungen durch Extremereignisse. Um das Auftreten regional bedeutsamer Probleme, wie z.B. den Folgen des Meeresspiegelanstieges auf die deutsche Nord- und Ostseeküste zu erfassen, ist die Entwicklung feinerer Modelle mit regionalem Fokus von Bedeutung. Damit diese Modelle zu einer integrativen Bewertung zusammengeführt werden können, müssen einheitliche Standards in Bezug auf die räumliche und zeitliche Konkretisierung der Modelle, die verwendeten Bewertungsschlüssel sowie die Form der Datenspeicherung und –weitergabe entwickelt werden.

## 5 Erster Überblick über den Aktivitätsstand der Regionalplanungen zum Thema Klimawandel

Neben der Ermittlung des räumlichen Anpassungsbedarfes wurde im Rahmen der Vorstudie ebenfalls eine bundesweite Analyse des Aktivitätsstandes der Regionalplanungen zum Klimawandel vorgenommen. Diese Analyse beruht auf einer Auswertung der im Raumordnungsplan-Monitor des BBR erfassten Regionalpläne und einer telefonischen Befragung der Regionalplanungsstellen. Bereits aus dem momentan vorliegenden Arbeitsstand der Analyse lässt sich ein erstes Bild des derzeitigen Standes von Aktivitäten der Regionalplanung zum Thema Klimawandel nachzeichnen.

Die Auswertung der bestehenden Regionalpläne dokumentiert grundsätzlich ein breites und vielfältiges Repertoire an Regelungsmöglichkeiten bezogen auf das Thema Klimawandel. Es wird aber auch deutlich, dass die Regionalplanung sich bislang vor allem auf den Aspekt der Emissionsreduktion und der Neutralisierung von klimarelevanten Gasen konzentriert hat.

Die einzigen Themen, in denen schon heute die zukunftsgerichteten Aspekte der Klimaanpassung und des Katastrophenschutzes Eingang gefunden haben, sind der Binnenhochwasserschutz und der Küstenschutz.

Die Telefoninterviews haben gezeigt, dass den meisten Akteuren die spezifischen regionalen Betroffenheiten von den einzelnen Aspekten des Klimawandels durchaus bewusst sind und nicht selten durch Daten gestützt werden. Hochwasser und Veränderungen von Flora und Fauna sind die Themen, die nahezu flächendeckend benannt werden. Trockenheiten, Hitzewellen in Städten, Erdbeben und Küstenfluten sind demgegenüber Symptome die vergleichsweise stärker regional konzentriert sind, dort aber hohe fachliche und auch politische Aufmerksamkeit genießen.

Im Vergleich zu der Auswertung der bestehenden Regionalpläne wird daher in den neuesten Entwürfen von Regionalplänen das Thema Klima deutlich höher gewichtet. Es wird in der Mehrheit der neueren Planentwürfe zu einem Grundsatzthema erklärt.

















In der Regel wird das Grundsatzthema Klima auch in den neuen Plänen vor allem als ein weiterer Begründungszusammenhang zur konsequenteren Anwendung schon bestehender regionalplanerischer Instrumente wie Grundsätzen und Zielen im Bereich Siedlungsentwicklung, regionale Frischluftgebiete und Grünzüge sowie Standorten regenerativer Energien gesehen.

















Eine der wichtigsten Herausforderungen der Regionalplanung ist es daher, das Themenspektrum zu erweitern, in dem die Anpassung an den Klimawandel Berücksichtigung findet. Inwieweit sich aus diesem Perspektivwechsel konkrete Regelungsbedarfe der Raumordnung ergeben, bleibt in der weiteren Projektarbeit noch themenspezifisch auszuloten. Die Regionalplanung sollte sich jedoch nicht auf den Anpassungsaspekt beschränken, sondern auch den Aspekt Emissionsreduzierung und Stoffneutralisierung im Auge behalten: Zum einen, weil sie ihre bereits bestehenden Regelungsmöglichkeiten in die Klimadebatte einbringen und damit ihre Rolle noch besser ausfüllen kann, zum anderen weil in diesem Bereich noch Steuerungspotenziale liegen.

















#### Anlage:

- Tabelle möglicher Wirkfolgen des Klimawandels in Deutschland und ihrer raumordnerischen Relevanz























Mögliche Wirkfolgen des Klimawandels in Deutschland	raum-relevant	möglicher-weise betroffene Fachplanung	relevant für die Raumplanung				Bemerkungen
			relevant für die Raumordnung	relevant für die Bauleitplanung	relevant für die Vorhaben-genehmigung	relevant für informelle Instrumente	
Einschränkung der als Brauchwasser nutzbaren Wasserressourcen		Wasserwirtschaft Agrarplanung Energieplanung	 z.B. Verfügbarkeit von Kühlwasser bei Kraftwerken		 z.B. Vorgaben für den Kraftwerksbau	Ja	
Häufigere Beeinträchtigung und Zerstörung der Infrastruktur (z.B. Straßen, Schienen, Freileitungen, Krankenhäuser)		Verkehrsplanung Energieplanung	 z.B. Trassenführung und Lage kritischer Infrastruktur	 z.B. Trassenführung und Lage kritischer Infrastruktur	 z.B. Ansprüche an die thermisch-mechanische Belastbarkeit	Ja	
Häufigere Hitzeperioden oder Hitzewellen			 z.B. Freihalten überörtlicher Frischluftschneisen; polyzentrale, punkt-axiale Siedlungsstrukturen	 z.B. Freihalten örtlicher Frischluftschneisen und Grünbereiche	 z.B. Baunormen zur Wärmedämmung, Infragestellen überkommener Architektur (z.B. Südwestausrichtung der Fensterflächen)	Ja z.B. Kommunikations- und Informationskampagnen für richtiges Verhalten, Hitzewarnsysteme	Die Wirkfolgen verteilen sich in räumlichen Mustern, insb. in Bereichen hoher Siedlungsdichte.
Häufigere Starkregenereignisse und Sturzfluten		Wasserwirtschaft (insb. Dorf- und Stadtentwässerung)	 Ausweisung von Überschwemmungsgebieten	 Mischverkehrsflächen tragen zur Erhöhung der Gefährdung bei (Straßenkörper dient nicht mehr als Abflussraum)	 z.B. Dimensionierung von Kanalisation und Abläufen, Rückschlagventile, Hochwasserrückhaltebecken, Talsperren	Ja	

Mögliche Wirkfolgen des Klimawandels in Deutschland	raum-relevant	möglicher-weise betroffene Fachplanung	relevant für die Raumplanung				Bemerkungen
			relevant für die Raumordnung	relevant für die Bauleitplanung	relevant für die Vorhaben-genehmigung	relevant für informelle Instrumente	
Häufigere und höhere Sturmflutwasserstände		Küstenschutz-planung				Ja	Macht langfristig die Diskussion nötig, welche Nutzungen in deichgeschützten Gebieten weiterhin erlaubt sein sollten. So sind Einschränkungen für besonders gefährdete oder besonders gefährliche Nutzungen in der Marsch denkbar.
Schmelzen von Gletschern und permanenten Schneefeldern		Wasserwirtschaft Landschafts-planung				Nein	I.d.R. weit entfernt von Siedlungs- und Verkehrs-flächen, höchstens in Einzelfällen Regelungsbedarf.
Steigende Durchschnitts-temperaturen						Nein	
Steigende Gefahr von gravitativen Massenbewegungen		Geologische Dienste Forstplanung	 Da das Wissen um Frequenz und Ausdehnung zu ungenau ist, bietet sich ein Vorbehaltsgebiet an	 Schränkt Bebaubarkeit gefährdeter Bereiche ein	 z.B. bei Gründung von Gebäuden zu beachten	Ja	

Mögliche Wirkfolgen des Klimawandels in Deutschland	raum-relevant	möglicher-weise betroffene Fachplanung	relevant für die Raumplanung				Bemerkungen
			relevant für die Raumordnung	relevant für die Bauleitplanung	relevant für die Vorhaben-genehmigung	relevant für informelle Instrumente	
Steigende Gefahr von meteorologischen Dürren		Agrarplanung Forstplanung Wasserwirtschaft Landschafts-planung				Ja	Trotz Dürre kann Wasser oft dennoch in ausreichender Menge zur Verfügung gestellt werden.
Steigende Gefahr von Stürmen		Forstplanung			 z.B. Anpassung der technischen Normen für Windlasten <sup>3</sup> .	Nein	Die Auswertung des Klimamodells REMO zeigt keine signifikanten Veränderungen der Sturmhäufigkeit und nur geringe Änderungen bei den Windgeschwindigkeiten <sup>3</sup> .
Steigende Gefahr von vektorübertragenen Krankheiten und verändertes Auftreten von Luftallergenen						Nein	Räumlich nur ungenau abzugrenzen.
Steigende Gefährdung der Artenvielfalt		Landschafts-planung	 z.B. schutzbedürftige Bereiche, regionale Grünzüge, Biotopverbundsysteme	 z.B. Schutzgebietsausweisungen		Ja	Hierbei ist weniger der Verlust an Biodiversität im Allgemeinen gemeint, als der lokale Verlust von Arten und die Auswirkungen auf die Bemühungen um den Erhalt bestimmter Lebensräume oder Vorkommen (z.B. durch Schutzgebiete, Biotopverbundsysteme, Artenschutzprogramme etc.).

<sup>3</sup> Jacob et al. (2008): Klimaauswirkungen und Anpassung in Deutschland – Phase 1: Erstellung regionaler Klimaszenarien für Deutschland. Climate Change, 11/08. Dessau; vgl. auch Walter et al. (2006): A high resolution reference data set of German wind velocity 1951–2001 and comparison with regional climate model results. In: Meteorologische Zeitschrift, Nr.15/ 6, 585-596.

Mögliche Wirkfolgen des Klimawandels in Deutschland	raum-relevant	möglicher-weise betroffene Fachplanung	relevant für die Raumplanung				Bemerkungen
			relevant für die Raumordnung	relevant für die Bauleitplanung	relevant für die Vorhaben-genehmigung	relevant für informelle Instrumente	
Steigende Waldbrandgefahr		Forstplanung Landschafts-planung	 z.B. in ihrer Funktion als forstlicher Rahmenplan	 z.B. Sicherheitsabstände zu Wäldern, Steuerung der Erholungsnutzung, Anlage von Vorrichtungen zur Feuerbekämpfung		Ja	
Steigender Meeresspiegel						Ja	Bis 2050 noch keine Relevanz. Langfristig wird durch die Verlagerung der Küstenlinie, Rückstau von Flüssen, steigende Grundwasserstände und die Versalzung von Grundwasservorkommen Relevanz für die Raumplanung auf allen Ebenen entstehen. Jedoch Verstärkung von Sturmfluten (s.o.)
Veränderte Anfälligkeit gegenüber herkömmlichen Schadorganismen		Agrarplanung Forstplanung				Nein	
Veränderte Frostgefährdung		Agrarplanung Verkehrsplanung				Nein	
Veränderung der Quantität an Schnee			 Indirekte Auswirkungen durch die Veränderungen im Tourismus		 z.B. Dächer für höhere Schneelast auslegen	Ja	

Mögliche Wirkfolgen des Klimawandels in Deutschland	raum-relevant	möglicher-weise betroffene Fachplanung	relevant für die Raumplanung				Bemerkungen
			relevant für die Raumordnung	relevant für die Bauleitplanung	relevant für die Vorhaben-genehmigung	relevant für informelle Instrumente	
Veränderung des biotischen Ertragspotenzials		Agrarplanung Forstplanung				Nein	
Veränderung von Frequenz und Stärke von Flusshochwässern		Wasserwirtschaft Landschafts-planung Verkehrsplanung	 z.B. Überschwemmungsgebiete	 z.B. Überschwemmungsgebiete	 z.B. Hochwasserschutz-einrichtungen, Genehmigung pot. wassergef. Einrichtungen	Ja	
Verminderung des Selbstreinigungsvermögens von Gewässern (u.a. Auskiesung in Verbindung mit Stoffeinträgen)						Nein	
Verringerte Schiffbarkeit der Wasserstraßen		Verkehrsplanung (insb. Bundeswasserstraßen)				Ja	Konkurrenz um Wasser insb. bei Energieversorgung, siehe Brauchwasserproblematik.
Verschiebung der Jahreszeiten						Nein	
Verschiebung von Anbau- und Vegetationszonen		Agrarplanung Forstplanung Landschafts-planung				Ja	
Verstärkte Ausbreitung und verbesserte Anbaubedingungen für wärmeliebende Arten		Agrarplanung Forstplanung Landschafts-planung				Nein	

Mögliche Wirkfolgen des Klimawandels in Deutschland	raum-relevant	möglicher-weise betroffene Fachplanung	relevant für die Raumplanung				Bemerkungen
			relevant für die Raumordnung	relevant für die Bauleitplanung	relevant für die Vorhaben-genehmigung	relevant für informelle Instrumente	
Zunehmende Schwankungen des Grundwasserspiegels		Wasserwirtschaft Agrarplanung Forstplanung Landschafts-planung			 z.B. Abdichtung von Kellergeschossen	Ja	
Zunehmender CO <sub>2</sub> -Düngeeffekt		Agrarplanung Forstplanung				Nein	
Zunehmender Verlust des Oberbodens durch Wassererosion		Agrarplanung Forstplanung Landschafts-planung				Nein	
Zuwanderung von Klimaflüchtlingen						Ja	
- Kriterium nicht erfüllt     - Kriterium bedingt erfüllt     - Kriterium voll erfüllt							

**Tabelle 2: Mögliche Wirkfolgen des Klimawandels in Deutschland und ihrer raumordnerischen Relevanz** (eigene Darstellung; Zusammenfassung der Diskussionen im Rahmen der Vorstudie)