ECONSTOR
Make Your Publications Visible.

A Service of

ZBW Leibniz-Informationszentrum Wirtschaft
Leibniz Information Centre for Economics

Birkmann, Jörn (Ed.); Vollmer, Maike (Ed.); Schanze, Jochen (Ed.)

Research Report

Raumentwicklung im Klimawandel: Herausforderungen für die räumliche Planung

Forschungsberichte der ARL, No. 2

Provided in Cooperation with:
ARL – Akademie für Raumentwicklung in der Leibniz-Gemeinschaft

Suggested Citation: Birkmann, Jörn (Ed.); Vollmer, Maike (Ed.); Schanze, Jochen (Ed.) (2013) : Raumentwicklung im Klimawandel: Herausforderungen für die räumliche Planung, Forschungsberichte der ARL, No. 2, ISBN 978-3-88838-073-0, Verlag der ARL - Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Hannover, https://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0156-07302

This Version is available at:
https://hdl.handle.net/10419/102945

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/de/

WWW.ECONSTOR.EU

Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

FORSCHUNGSBERICHTE
DER ARL 2

Raumentwicklung im Klimawandel

Herausforderungen für die räumliche Planung

Jörn Birkmann, Maike Vollmer, Jochen Schanze (Hrsg.)

AKADEMIE
FÜR RAUMFORSCHUNG
UND LANDESPLANUNG
LEIBNIZ-FORUM FÜR RAUMWISSENSCHAFTEN

FORSCHUNGSBERICHTE
DER ARL 2

Raumentwicklung im Klimawandel

Herausforderungen für die räumliche Planung

Jörn Birkmann, Maike Vollmer, Jochen Schanze (Hrsg.)

AKADEMIE
FÜR RAUMFORSCHUNG
UND LANDESPLANUNG
LEIBNIZ-FORUM FÜR RAUMWISSENSCHAFTEN

Hannover 2013

Es wurden überwiegend grammatische Formen gewählt, die weibliche und männliche Personen gleichermaßen einschließen. War dies nicht möglich, wurde zwecks besserer Lesbarkeit und aus Gründen der Vereinfachung nur eine geschlechtsspezifische Form verwendet.

Die Beitragsentwürfe der Autorinnen und Autoren wurden im Arbeitskreis „Klimawandel und Raumplanung" mehrfach diskutiert (interne Qualitätskontrolle). Das Manuskript wurde darüber hinaus einer wissenschaftlichen Begutachtung unterzogen (externe Qualitätskontrolle) und nach Berücksichtigung der Gutachterempfehlungen der Geschäftsstelle der ARL zur weiteren Bearbeitung und zur Veröffentlichung übergeben. Die wissenschaftliche Verantwortung für die Beiträge liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Geschäftsstelle der ARL:
WR III „Natürliche Ressourcen, Umwelt, Ökologie"
Leitung bis 30.06.2010: Dr. Gerhard Overbeck
Leitung ab 01.07.2010: Dipl.-Ing. Peter Müller (mueller@arl-net.de)
Mitarbeit: Dipl.-Geogr. Lena Neubert

Forschungsberichte der ARL 2
ISBN 978-3-88838-073-0 (PDF-Version)
ISSN 2196-0461 (PDF-Version)
Die PDF-Version ist unter shop.arl-net.de frei verfügbar (Open Access).
CC-Lizenz BY-NC-ND 3.0 Deutschland

ISBN 978-3-88838-074-7 (Print-Version)
ISSN 2196-0453 (Print-Version)
Druck: Books on Demand GmbH, 22848 Norderstedt

Verlag der ARL – Hannover 2013
Akademie für Raumforschung und Landesplanung
Satz und Layout: N. Borchert, A. Hahlbohm, G. Rojahn, O. Rose

Zitierempfehlung für die Netzpublikation:
Birkmann, Jörn; Vollmer, Maike; Schanze, Jochen (Hrsg.) (2013):
Raumentwicklung im Klimawandel – Herausforderungen für die räumliche Planung.
Hannover. = Forschungsberichte der ARL 2.
URN: http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0156-07302

Akademie für Raumforschung und Landesplanung (ARL®)
Leibniz-Forum für Raumwissenschaften
Hohenzollernstraße 11, 30161 Hannover
Tel. +49 511 34842-0, Fax +49 511 34842-41
arl@arl-net.de, www.arl-net.de

INHALT

	Vorwort / Preface	**VIII**
	Executive Summary	**1**
1	**Klimawandel und räumliche Planung – eine Einführung**	**7**
	Jörn Birkmann, Hans Reiner Böhm, Dirk Büscher, Achim Daschkeit, Mark Fleischhauer, Enke Franck, Birte Frommer, Gerold Janssen, Walter Kufeld, Gerhard Overbeck, Jochen Schanze, Sonja Schlipf, Petra Sommerfeldt, Manfred Stock, Maike Vollmer	
1.1	Einführung	7
1.2	Klimaanpassung und Klimaschutz aus Sicht der Raumplanung/ Raumentwicklung	8
1.3	Struktur und Inhalt des Bandes	10
2	**Der Klimawandel: global und regional in Europa und Deutschland**	**14**
	Manfred Stock	
2.1	Einführung	14
2.2	Vom wahrgenommenen Wetter zum beobachteten Klima	14
2.3	Historische Entwicklung von Wissenschaft und Forschung zum Klimawandel	18
2.4	Das Klimasystem der Erde	19
2.5	Die wechselnde Rolle der Treibhausgase in der Atmosphäre	20
2.6	Mögliche Kippelemente und Instabilitäten im Klimasystem	21
2.7	Der aktuelle globale Klimawandel	22
2.8	Vom globalen Klimawandel zu regionalen Klimaänderungen	26
2.9	Der Klimawandel in Europa	27
2.10	Mögliche Auswirkungen des Klimawandels in Europa	29
2.11	Der bisherige Klimawandel in Deutschland	31
2.12	Entwicklung regionaler Klimaszenarien für Deutschland	31
2.13	Szenarien des Klimawandels in Deutschland	34
2.14	Von Klimaszenarien zu möglichen Auswirkungen	40
2.15	Fazit	42

3	**Vulnerabilität von Raumnutzungen, Raumfunktionen und Raumstrukturen**	**44**
	Jörn Birkmann, Mark Fleischhauer	
3.1	Einführung	44
3.2	Begriff der Vulnerabilität	45
3.3	Konzepte der Vulnerabilität	47
3.3.1	Der Ansatz im IPCC Spezialbericht SREX (2012)	47
3.3.2	Vulnerabilität in der Klimafolgenforschung	49
3.3.3	Gemeinsamkeiten der Ansätze und ihre Bedeutung für die Raumentwicklung	50
3.3.4	Position und Empfehlungen des ARL-Arbeitskreises „Klimawandel und Raumplanung“	51
3.4	Vulnerabilität verändert Planungsgrundlagen	52
3.5	Operationalisierung und Konkretisierung von Vulnerabilität	53
3.6	Vulnerabilität in der Planungspraxis	55
3.6.1	Beispiel Verwundbarkeitsabschätzungen gegenüber Hochwassergefahren in Köln	55
3.6.2	Beispiel Verwundbarkeits- und Risikoanalyse gegenüber Sturzfluten in Dortmund	60
3.7	Vulnerabilität als Grundlage für gesamträumliche Anpassungsstrategien? Beispiel Vulnerabilitätsanalyse in der Region Westsachsen	62
3.8	Diskussion zur Rolle von Vulnerabilitätsanalysen	66
3.9	Fazit	67
4	**Risiken und Chancen des Klimawandels**	**69**
	Jochen Schanze, Achim Daschkeit	
4.1	Einführung	69
4.2	Relevante Begriffe und konzeptionelle Grundlagen	70
4.2.1	Begriffe „Risiko“ und „Chance“	70
4.2.2	Risiko und Chance des Klimawandels aus Sicht der räumlichen Planung	71
4.2.3	Raumbedeutsamkeit der Risiken und Chancen des Klimawandels	76
4.2.4	Ansätze zur Bestimmung von Risiken bzw. Chancen des Klimawandels	77
4.3	Raumbedeutsame Risiken und Chancen des Klimawandels für Deutschland	81
4.3.1	Thematische Schwerpunkte	81
4.3.2	Regionale Schwerpunkte	85
4.3.3	Aufgaben für die räumliche Planung	86
4.4	Anpassungsoptionen	86
4.5	Fazit	88

5	**Raumplanung und Klimaschutz – ein Überblick**	**90**
	Mark Fleischhauer, Gerhard Overbeck, Gerold Janssen, Walter Kufeld	
5.1	Einführung	90
5.2	Grundsätzliche Handlungsoptionen im Klimaschutz	90
5.3	Klimaschutzziele und -strategien	91
5.4	Handlungsbereiche der Raumordnung	94
5.5	Energiesparende und verkehrsvermeidende Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung	95
5.5.1	Rechtliche Rahmenbedingungen, Prinzipien und Leitbilder	95
5.5.2	Grenzen und Potenziale im Bestand	96
5.5.3	Nutzerverhalten als entscheidender Faktor	97
5.5.4	Fazit zur Rolle der Raumordnung	97
5.6	Räumliche Vorsorge für den raumverträglichen Ausbau erneuerbarer Energien	98
5.6.1	Rechtliche Rahmenbedingungen	99
5.6.2	Windenergie	101
5.6.3	Photovoltaik	103
5.6.4	Biomasse	105
5.6.5	Wasserkraft	106
5.6.6	Geothermie	107
5.6.7	Fazit zur Rolle der Raumordnung	107
5.7	Vorsorgende Standortsicherung für Anlagen zur CO_2-Speicherung	108
5.7.1	Speicher- und Senkenfunktion natürlicher Systeme	108
5.7.2	Technische Speicherung	110
5.7.3	Rechtliche Rahmenbedingungen	111
5.7.4	Fazit zur Rolle der Raumordnung	111
5.8	Synergien und Konflikte zwischen Klimaschutz und Klimaanpassung	111
5.9	Fazit	118
6	**Die Rolle der räumlichen Planung bei der Anpassung an die Folgen des Klimawandels**	**120**
	Birte Frommer, Sonja Schlipf, Hans Reiner Böhm, Gerold Janssen, Petra Sommerfeldt	
6.1	Einführung	120
6.2	Europäische Ebene	122
6.3	Bundesebene	124
6.4	Landesebene	125

6.5	Regionale Ebene	128
6.5.1	Formelle raumplanerische Instrumente	129
6.5.2	Informelle raumplanerische Instrumente	136
6.6	Kommunale Ebene	138
6.7	Zum Verhältnis von Raumplanung und Fachplanung im Kontext der Anpassung an den Klimawandel	143
6.7.1	Vorsorgender Hochwasserschutz	145
6.7.2	Naturschutz und Landschaftsplanung	146
6.7.3	Land- und forstwirtschaftliche Planung	147
6.7.4	Brand- und Katastrophenschutz	147
6.7.5	Schlussfolgerungen zum Verhältnis von Raumplanung und Fachplanung	147
6.8	Fazit	148
7	**Klimaanpassung durch strategische Regionalplanung?**	**149**
	Enke Franck, Mark Fleischhauer, Birte Frommer, Dirk Büscher	
7.1	Einführung	149
7.2	Klimaanpassung als strategische Herausforderung	149
7.2.1	Nationale Strategien europäischer Staaten zur Anpassung an den Klimawandel aus Perspektive der Raumplanung	150
7.2.2	Umgang mit Unsicherheiten als besondere Herausforderung für die Planungspraxis	151
7.3	Klimaanpassung durch strategische Regionalplanung	152
7.3.1	Verständnis strategischer Planung	153
7.3.2	Klimaanpassung durch strategische Prozesse	154
7.3.3	Prozessmodelle regionaler Anpassungsstrategien	156
7.4	Exkurs: KlimaMORO – Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel	157
7.5	Fazit	161
8	**Schlussfolgerungen, Ausblick und Handlungsempfehlungen für die räumliche Planung**	**163**
	Jörn Birkmann, Walter Kufeld, Dirk Büscher, Jochen Schanze, Maike Vollmer	
8.1	Schlussfolgerungen	163
8.2	Ausblick	165
8.3	Handlungsempfehlungen	167

Literatur 169

Autorinnen und Autoren 188

Anhang I: Glossar Klimawandel und Raumentwicklung 191

Anhang II: Externe Teilnehmerinnen und Teilnehmer des Evaluierungsworkshops „Raumplanung im Klimawandel“ des ARL-Arbeitskreises „Klimawandel und Raumplanung“ am 24. Mai 2011 in Köln 229

Kurzfassung / Abstract 230

Vorwort

Der Klimawandel, dessen erste Anzeichen u. a. in Form von zunehmenden Extremereignissen wie Hitzewellen oder Starkregen spürbar sind, ist in den letzten Jahren deutlicher denn je in den Fokus gerückt. Die Wissenschaft beschäftigt sich bereits intensiv mit dem Phänomen und seinen Auswirkungen, das öffentliche und politische Bewusstsein bildet sich immer stärker aus. Städte und Regionen mit ihren Raumstrukturen, -funktionen und -nutzungen können auf verschiedene Weise von Veränderungen des Klimas betroffen sein. Zum Beispiel beeinflussen die Dichte der innerstädtischen Bebauung und deren Durchgrünung die Belastung durch Hitze. Zur Anpassung an das zukünftige Klima bedarf es gebietsspezifischer Maßnahmen. Der Raumplanung kommt bei der Identifizierung und Abstimmung solcher Maßnahmen eine zentrale Bedeutung zu, da sie insbesondere durch die Flächensteuerung eine übergeordnete und koordinierende Funktion übernehmen kann. Um die neuen Aufgaben leisten zu können, müssen die vorhandenen Instrumente überprüft und angepasst bzw. erweitert werden.

Der ARL-Arbeitskreis „Klimawandel und Raumplanung" hat in den Jahren 2007 bis 2012 die Bedeutung der Auswirkungen des Klimawandels und geeignete Anpassungsmaßnahmen aus der Sicht der Raumplanung diskutiert. Hauptziel war es, aktuelle Erkenntnisse und Erfahrungen aus Wissenschaft und Praxis zusammenzutragen, zu systematisieren und daraus Handlungsempfehlungen abzuleiten. Dazu wurden im Einzelnen folgende Aspekte betrachtet: die regionalen Veränderungen des Klimas in Deutschland, die Verwundbarkeit von Städten und Regionen mit ihren Raumstrukturen, -funktionen und -nutzungen, die Risiken und Chancen des Klimawandels sowie die Steuerungsmöglichkeiten der Raumplanung, wobei ergänzend der Klimaschutz mit einbezogen worden ist, insbesondere um Synergien und Konflikte zwischen Klimaanpassung und Klimaschutz deutlich machen zu können.

Die im vorliegenden Band dokumentierten Ergebnisse sollen das Bewusstsein für die Thematik Klimawandel und Raumplanung und deren Verständnis in Politik, Planungspraxis und Gesellschaft fördern. Darüber hinaus werden konkrete Handlungsempfehlungen gegeben, mit denen eine frühzeitige und nachhaltige Anpassung erreicht werden kann. Das im Anhang aufgenommene Glossar bietet schließlich eine Erläuterung der zentralen Terminologie, die auch unterschiedliche Begriffsverständnisse verschiedener Disziplinen beinhaltet und damit den Dialog zwischen allen beteiligten Akteuren fördern kann.

An dieser Stelle sei insbesondere den externen Experten aus Wissenschaft und Praxis herzlich gedankt, die den Entwurf des Bandes im Rahmen eines Evaluierungsworkshops kritisch reflektiert und wertvolle Anregungen gegeben haben.

Auch den verschiedenen Experten und Praktikern in den vom Arbeitskreis organisierten Fachworkshops sei an dieser Stelle für die Anregungen und Diskussionsbeiträge herzlich gedankt.

Jörn Birkmann, Maike Vollmer und Jochen Schanze

Preface

In recent years climate change, the first indications of which have been felt in the increase of extreme events like heat waves or heavy rainfall, has attracted more attention than ever before. Scientific research is intensively addressing the phenomenon and its consequences, and public and political awareness has developed greatly. Cities and regions with their spatial structures, functions and uses can be differently affected by climate changes. For example, the building density and amount of green space in inner cities influence their heat exposure. Adaptation to the future climate requires locally specific measures. The role of spatial planning in the identification and balancing of such measures is of key significance, as the areal management approach of spatial planning particularly lends itself to controlling and coordinating functions. In order to be able to perform the new tasks, it will be necessary to verify the suitability of existing instruments and adapt or extend them as required.

From 2007 to 2012 the ARL working group "Climate Change and Spatial Planning" discussed the significance of the effects of climate change and appropriate adaptation strategies from the perspective of spatial planning. The main aim was to bring together and systematise current findings and experience from both science and practice, and then to derive recommendations for action. In the course of discussion the following aspects were considered: regional climate change in Germany; the vulnerability of cities and regions with their spatial structures, functions and uses; risks and opportunities of climate change; and management options for spatial planning. Climate protection was also considered, particularly with the aim of clarifying synergies and conflicts between climate change adaptation and climate protection.

The results documented in this volume are intended to promote awareness and understanding of the theme of climate change and spatial planning in politics, planning practice and society. Furthermore, there are concrete recommendations for action to achieve timely and sustainable adaptation. The glossary contained in the appendix offers an explanation of key terminology and covers the different terminological understandings current in various disciplines. It can thus promote dialogue between all actors involved.

We take this opportunity to extend sincere thanks to the external experts from both academia and practice who provided critical reflections and valuable suggestions on a draft of this volume at an evaluation workshop.

In addition, we thank the experts and practitioners that have contributed to the various expert workshops organized by the working group.

Jörn Birkmann, Maike Vollmer and Jochen Schanze

Executive Summary

Der Klimawandel betrifft in vielfältiger Weise die Strukturen, Funktionen und Nutzungen von Räumen und führt deshalb zu zusätzlichen Anforderungen an die räumliche Planung. Der vorliegende Band beschreibt einerseits die wesentlichen Wirkungszusammenhänge zwischen den erwarteten Klimaänderungen und ihren raumbedeutsamen Folgen. Daraus werden andererseits Handlungsmöglichkeiten der Raumplanung im Hinblick auf eine gesellschaftliche Anpassung abgeleitet, wobei auch Synergien und Konflikte mit den Aufgaben zum Klimaschutz Berücksichtigung finden.

Im Einzelnen wird zunächst der wissenschaftliche Kenntnisstand zum Klimawandel skizziert, indem die prinzipielle Funktionsweise des Klimasystems und mögliche globale und regionale Klimaänderungen erläutert werden. Im Weiteren geht es um die Bedeutung und Erfassung der gesellschaftlichen Vulnerabilität sowie um ihren potenziellen Beitrag zur Anpassung. Dabei wird auch deutlich, dass man den Veränderungen durch den Klimawandel auch die Veränderungen der gesellschaftlichen Trends gegenüberstellen muss, um Handlungsbedarfe abschätzen zu können. Unter Einbeziehung der Klimaänderungen und der Vulnerabilität wird anschließend verdeutlicht, wie sich die Risiken und Chancen für die Gesellschaft ermitteln lassen und in welchen Handlungsfeldern und Gebieten sie in Deutschland auftreten können. Dabei wird auch die Raumbedeutsamkeit dieser Risiken und teilweise der Chancen verdeutlicht.

Auf der Basis der Wirkungszusammenhänge werden die raumplanerischen Instrumente zur Anpassung an den Klimawandel dargestellt. Dabei gehen die Autorinnen und Autoren zunächst auf den rechtlichen Rahmen und die Handlungsoptionen des Klimaschutzes ein, um eine Konsistenz zwischen Klimaanpassung und Klimaschutz zu gewährleisten. Danach folgt eine Analyse der rechtlichen Vorgaben sowie der Eignung formeller und informeller Instrumente der Raumplanung hinsichtlich der Anpassung an die Folgen des Klimawandels. Dies umfasst auch die Potenziale der strategischen Regionalplanung.

Zum Schluss werden Empfehlungen für die Raumforschung und die Praxis der räumlichen Planung abgeleitet, insbesondere zur Weiterentwicklung des vorhandenen Instrumentariums. Das Spektrum der Vorschläge reicht von methodischen Standards über Monitoringsysteme bis hin zur Erweiterung von Prüfinstrumenten und zur Stärkung von strategischen Planungsprozessen.

Raumentwicklung im Klimawandel – Kernaussagen

Vor dem Hintergrund des Klimawandels stellt die Klimaanpassung, d. h. die Anpassung an die Auswirkungen des Klimawandels, eine wichtige und relativ neue Herausforderung für die räumliche Planung dar. Anpassungsstrategien, bei denen die räumliche Planung eine wesentliche Rolle spielen kann, müssen sowohl die Umweltveränderungen durch den Klimawandel als auch die Verwundbarkeit von Gesellschaften mit ihren Raumstrukturen, -funktionen und -nutzungen sowie die daraus resultierenden Risiken und Chancen berücksichtigen. Aspekte des Klimaschutzes dürfen dabei nicht vernachlässigt werden, da wahrscheinlich ohne Klimaschutzmaßnahmen auch Anpassungsstrategien an ihre Grenzen stoßen werden. Der gegenwärtige Klimawandel zeigt sich bereits nachweisbar auch in Deutschland

und ist nach dem Stand der Forschung maßgeblich durch menschliche Treibhausgasemissionen verursacht. Der nachgewiesene Temperaturanstieg, die sich andeutende Verschiebung der Niederschlagsverteilung vom Sommer in den Winter sowie die Zunahme von Extremereignissen wie Starkregen wird sich voraussichtlich weiter verstärken. Sowohl die mit Extremereignissen (Hochwasser, Hitzewellen, Sturm, Starkregen etc.) verbundenen Risiken als auch die mit schleichenden Veränderungen (des Wasserhaushalts, der Biodiversität etc.) verbundenen Auswirkungen sind für Handlungsansätze der räumlichen Planung von besonderer Relevanz. Die Veränderungen der Klimaparameter sowie der Vulnerabilität sind dabei auch immer gebietsspezifisch im Zusammenhang mit den naturräumlichen und sozialen Gegebenheiten zu betrachten.

Der Klimawandel mit seinen verschiedenen aktuellen und potenziellen Auswirkungen ist für die räumliche Planung dann ein handlungsrelevantes Problem, wenn Raumstrukturen, -funktionen, -nutzungen und die betroffenen Akteure gegenüber diesen Einwirkungen vulnerabel sind. Vulnerabilität wird durch unterschiedliche Denkschulen geprägt, gemeinsam ist den meisten Ansätzen, dass zumindest Anfälligkeiten sowie Bewältigungs- und/oder Anpassungskapazitäten betrachtet werden. Vulnerabilität ist dabei nicht statisch, sondern durch raumspezifische, dynamische Veränderungen geprägt.

Die Wirkungszusammenhänge zwischen den Klimaänderungen, dem Naturhaushalt und den Raumstrukturen, -funktionen und -nutzungen sind außerordentlich vielschichtig und können nur teilweise beschrieben werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass parallel zum mittel- und langfristigen Klimawandel auch ein gesellschaftlicher Wandel stattfindet.

Zur Auseinandersetzung mit den Unsicherheiten dieses Wandels ist die Erstellung von Szenarien (Klima und Gesellschaft) ein geeignetes Vorgehen. Verschiedene Szenarien kennzeichnen die Bandbreite zukünftig möglicher Entwicklungen. Demzufolge sind die Unsicherheiten nicht als Fehler zu verstehen. Unterschiedliche Szenarien sind in zunehmendem Maße auch als Rahmenbedingungen für die räumliche Planung zu beachten.

Bei der Entwicklung von Handlungsstrategien sind Risiken und Chancen des Klimawandels zu unterscheiden. Ein und dieselbe Folge des Klimawandels kann je nach Perspektive negativ als Risiko oder positiv als Chance verstanden werden. Zum Beispiel können mildere Winter für den Wintersport in Mittelgebirgen als Risiko, die gleichzeitig länger werdende Vegetationsperiode für die Landwirtschaft in denselben Gebieten als Chance betrachtet werden. Als Grundlage der Bewertung können die jeweiligen raumplanerischen Leitbilder und Ziele herangezogen werden.

Die für Deutschland zu erwartenden raumbedeutsamen Risiken und Chancen des Klimawandels betreffen in unterschiedlichem Ausmaß alle gesellschaftlichen Handlungsfelder. Außerdem weisen sie erhebliche regionale Unterschiede auf.

Zur Anpassung kommen zahlreiche direkte Maßnahmen in verschiedenen Handlungsfeldern in Betracht, die durch planerische und andere Instrumente gesteuert werden. Lokale und regionale Anpassungserfordernisse und Risikominderungsstrategien sind auch vor dem Hintergrund globaler Probleme und der Prinzipien der intra- und intergenerativen Gerechtigkeit (Leitbild der nachhaltigen Raumentwicklung) zu bestimmen.

Die Raumplanung hat durch ihre Koordinationsfunktion bereits beim Klimaschutz eine besondere Bedeutung. Dies betrifft die Gestaltung von Siedlungs- und Verkehrsflächen, den Ausbau der erneuerbaren Energieerzeugung sowie die Sicherung natürlicher Treibhausgassenken und ggf. Standorte von Anlagen zur CO_2-Speicherung. In allen Bereichen sind zwischen verschiedenen Akteuren und Fachplanungen Abstimmungen herbeizuführen.

Auch bei den Anpassungsleistungen kann Raumplanung wesentliche Aufgaben übernehmen. Hierzu gehört es, die einschneidenden Veränderungen im Raum, die der Klimawandel und der parallel stattfindende gesellschaftliche Wandel bewirken wird, zu erkennen, zu bewerten, entsprechende Anpassungsoptionen zu identifizieren und Rahmen für deren Umsetzung zu geben. Außerdem können die Synergien und Konflikte zwischen Klimaanpassung und Klimaschutz identifiziert und planerisch gefördert bzw. gelöst werden.

Wichtige Aufgaben und Funktionen der räumlichen Planung im Bereich der Anpassung liegen in einer effektiven Verknüpfung von formellen und informellen Instrumenten sowie in der Koordination und Abstimmung zwischen Anpassungszielen und -maßnahmen verschiedener Ebenen (vertikal) und Sektoren (horizontal). Zudem ist auch die Erweiterung von planerischen Instrumenten und Methoden notwendig, beispielsweise sind Standards für den Einsatz von Szenarien sowie den Umgang mit Unsicherheiten und Bandbreiten für die Entwicklung und Nutzung von Vulnerabilitäts- und Risikoanalysen notwendig. Des Weiteren ergibt sich ein Ergänzungsbedarf für argumentative Zielbegründungen beispielsweise bzgl. regionaler Grünzüge aus Sicht der Anpassung an den Klimawandel.

Zur erfolgreichen Anpassung an den Klimawandel bedarf es regionaler Strategien, die eine flexible Anpassung in Form eines adaptiven Managements durch die Akteure ermöglichen und auf einer engen Kooperation von räumlicher Gesamtplanung und Fachplanungen beruhen. Zudem zeichnen sich strategische Planungsprozesse durch ihre langfristige Perspektive, die für den Umgang mit dem Klimawandel notwendig ist, und eine neue Qualität der Beteiligung aus, um mit den bestehenden Unsicherheiten im Sinne gemeinsamen Lernens umzugehen.

Strategische Regionalplanung als v. a. prozessorientierter und umsetzungsbezogener Ansatz kann dabei der Regionalplanung im Kontext des Klimawandels zu einer aktiveren Rolle sowie einer größeren Akzeptanz verhelfen.

Executive Summary

Climate change affects the structures, functions and uses of spaces in numerous ways, and thus makes additional demands on spatial planning. This volume describes the significant causal linkages between expected climate change and their spatially relevant consequences. Possible courses of action for spatial planning are derived from this discussion, with a particular focus on societal adaptation and further consideration of synergies and conflicts with climate protection measures.

In the first instance, current scientific knowledge of climate change is outlined through explanation of the principal ways in which the climatic system functions and consideration of possible global and regional climate change. This is followed by discussion of the importance and assessment of societal vulnerability and the potential contribution of this concept to adaptation. In this regard the changes in climatic conditions have to be juxtaposed with the societal changes in order to estimate the demand for action. Taking into account climate change and vulnerability, attention then turns to clarifying how the risks and opportunities for society may be determined, and in which fields of action and regions they may emerge in Germany. The spatial significance of these risks, and in some cases opportunities, are also elucidated.

Based on the causal linkages, spatial planning instruments for adaptation to climate change are presented. Consideration is given, firstly, to the legal framework and the possible courses of action for climate protection, thus ensuring consistency between adaptation to climate change and climate protection. Discussion then turns to an analysis of the legal provisions and the applicability of the formal and informal spatial planning instruments for use in the context of adaptation to the consequences of climate change. The potentials of strategic regional planning are also included.

Finally, drawing on the above, recommendations for spatial research and spatial planning practice are formulated, particularly in terms of the further development of available planning instruments. The spectrum of suggestions ranges from methodological standards and monitoring systems to the extension of assessment tools and the strengthening of strategic planning processes.

Spatial development in climate change – core theses

In the context of climate change, climate change adaptation presents an important and relatively new challenge for spatial planning. Adaptation strategies, where spatial planning can play a significant role, have to consider not only environmental impacts caused by climate change but also the vulnerability of societies with their spatial structures, functions and uses and the risks and opportunities that thus result. Aspects of climate change mitigation also need to be considered, as without climate change mitigation measures adaptation strategies are likely to reach their limits. Current climate change is measurably apparent, also in Germany, and the present status of research indicates that human greenhouse gas emissions are a decisive cause. Further intensification of the already evident temperature rise and shift of precipitation patterns from summer to winter and a continued increase in extreme weather events like heavy rainfall are expected. Of particular relevance for

spatial planning approaches are the effects of both extreme events (flooding, heat waves, storms, heavy rainfall, etc) and of gradual change (of the hydrological regime, of biodiversity, etc). Changes in climatic parameters and vulnerability should always be considered in the specific local context, taking the natural landscape and social characteristics of the region into account.

Climate change with its various actual and potential impacts becomes a problem of practical relevance for spatial planning activities when spatial structures, functions, uses and the actors affected are vulnerable to the climatic stress. Vulnerability has been conceptualised by a number of schools of thought, but common to the majority of approaches is that susceptibilities or sensitivities and coping and/or adaptation capacities are considered. Vulnerability is not static here, but is rather influenced by regionally specific, dynamic changes.

The causal linkages between climate change, the environment and the spatial structures, functions and uses are extremely complex and can only be described in part. It is also necessary to consider that societal change is occurring in parallel to medium- and long-term climate change.

An appropriate approach to confronting the uncertainties connected with these changes is the development of scenarios (climate and society). The different scenarios denote the bandwidths of possible future developments. Accordingly the uncertainties are not to be understood as errors. Different scenarios should also increasingly be taken into account as framework conditions for spatial planning.

To develop strategies for action it is necessary to distinguish between the risks and opportunities of climate change. According to the perspective taken, the very same climate change effect can be understood negatively as a risk or positively as an opportunity. For instance, for winter sports in low mountain ranges mild winters can be viewed as a risk, but the simultaneous extension of the growing season can be seen as an opportunity for agriculture in the same areas. The relevant spatial planning guiding principles and goals can be used as the basis for assessment.

The spatially relevant risks and opportunities of climate change that are expected in Germany affect all societal fields of activity to differing extents. They also display considerable regional variations.

Numerous direct measures for different fields of activity may be used for adaptation purposes; these are then managed using planning and other instruments. Local and regional adaptation requirements and risk reduction strategies are also to be evaluated against the background of global problems and the principles of intra- and intergenerational equity (guiding principle of sustainable spatial development).

With its coordinating function, spatial planning already has particular significance for climate change mitigation. This is the case in the design of areas for settlement and transport, the further development of renewable energy production, the safeguarding of natural greenhouse gas sinks and, if applicable, sites for CO_2 storage facilities. In all areas agreements between the various actors and sectoral planning units must be facilitated.

Spatial planning has also an important role in terms of adaptation activities. This involves recognising and assessing the far-reaching spatial impacts that will be caused by climate change and the societal change occurring in parallel, identifying appro-

priate adaptation options and providing a framework for their implementation. In addition, synergies and conflicts between climate change adaptation and climate change mitigation can be identified and promoted or resolved through planning activities.

Important spatial planning tasks and functions in the area of adaptation are found in the effective linking of formal and informal instruments, and in the coordinating and balancing of adaptation goals and measures of various levels (vertical) and sectors (horizontal). Furthermore, an extension of planning instruments and methods is required. It is, for instance, necessary to develop standards for scenario planning and dealing with uncertainties and bandwidths for the development and use of vulnerability and risk analyses. Moreover, there is a need to supplement the arguments justifying targets, e. g. in relation to regional green belts, in order to take adaptation to climate change into account.

Successful adaptation to climate change requires regional strategies that enable flexible adaptation in the form of adaptive management by the actors concerned. Close cooperation between comprehensive spatial planning and sectoral planning is necessary. Strategic planning processes are furthermore characterised by their long-term perspective, necessary when dealing with climate change, and a new quality of participation that allows existing uncertainties to be handled in the spirit of shared learning.

In the context of climate change, a strategic regional planning approach that focuses especially on processes and implementation can help to achieve a more active role and greater acceptance for regional planning.

1 Klimawandel und räumliche Planung – eine Einführung

Jörn Birkmann, Hans Reiner Böhm, Dirk Büscher, Achim Daschkeit, Mark Fleischhauer, Enke Franck, Birte Frommer, Gerold Janssen, Walter Kufeld, Gerhard Overbeck, Jochen Schanze, Sonja Schlipf, Petra Sommerfeldt, Manfred Stock, Maike Vollmer

1.1 Einführung

Seit der Veröffentlichung des 4. Berichts des Weltklimarates (IPCC) im Jahr 2007 ist auch in Deutschland das Thema „Umgang mit dem Klimawandel" in breitere Kreise der Wissenschaft und Politik vorgestoßen. In diesem Kontext werden die zwei zentralen Strategien: a) Klimaschutz (Mitigation) und b) Klimaanpassung (Adaptation) eingehend thematisiert.

Durch weitere politische Prozesse, wie beispielsweise die Entwicklung der Deutschen Anpassungsstrategie (DAS) und des Aktionsplans Anpassung (APA) durch die Bundesregierung sowie die Initiierung wichtiger Forschungsvorhaben, die sich mit Fragen der Anpassung an den Klimawandel von Städten und Regionen befassen, hat das Thema auch zunehmend in der Praxis der Raum- und Umweltplanung Einzug gehalten.

Während die Raumplanung und Stadtentwicklung bereits seit den 1980er Jahren die Frage des Klimaschutzes und CO_2-mindernder Raum- und Siedlungsstrukturen thematisiert, ist die Frage der Anpassung an den Klimawandel relativ neu. Vom IPCC wurde in den ersten Jahren deutlich vermieden, intensiver auf das Thema „Anpassung an die Folgen des Klimawandels" einzugehen, da man davon ausging, dass diese Diskussion strengere Klimaschutzziele untergraben könnte.

Die aktuelle internationale wissenschaftliche und politische Diskussion weist allerdings darauf hin, dass es dringender denn je ist, sich intensiv mit den Optionen der Anpassung an den Klimawandel zu befassen. Denn durch die weiterhin zunehmenden Emissionen von Treibhausgasen in die Atmosphäre sind ganz erhebliche Klimaänderungen mit möglichen signifikanten Folgen für Gesellschaft und Natur zu befürchten. Allerdings ist weitgehend anerkannt, dass die Anpassung an den Klimawandel nur dann gelingen kann, wenn gleichzeitig entsprechende Klimaschutzziele definiert und eingehalten werden. Die globale Dimension des Klimawandels erfordert ein hohes Maß an Verantwortung, das sich überwiegend am Gemeinwohl und nicht nur an den lokalen Bedürfnissen orientieren darf. Je stärker der Klimawandel ausfällt, desto gravierender werden auch die Wirkungen auf Mensch und Natur sein. Eine Anpassung wird aus physischer, ökonomischer, sozialer und kultureller Perspektive nur bis zu einer gewissen Grenze möglich sein. Auch die Geschwindigkeit der eintretenden Veränderung wird darüber entscheiden, ob sich Gesellschaften, Ökonomien und ökologische Systeme überhaupt an den Klimawandel anpassen können. Eine x-beliebige Erhöhung z. B. von Deichen oder Küstenschutzmaßnahmen ist weder ökonomisch machbar noch sozial akzeptiert. In dieser Hinsicht rücken zunehmend Konflikte zwischen Klimaanpassung und anderen Raumentwicklungszielen in den Mittelpunkt der Betrachtung. Teilweise können sie sich auch auf gegenläufige Anforderungen von Klimaanpassung und Klimaschutz beziehen. Gerade die Raumordnung als querschnittsorientierte und überfachliche Disziplin muss hier als zentraler Akteur ihrer Koordinationsrolle gerecht werden.

So hat zunächst die Bauministerkonferenz den Klimaschutz, die Klimaanpassung und auch den demographischen Wandel als untrennbare Elemente einer integrierten Stadt- und damit auch der Raumentwicklung angesehen (ARGEBAU 2008). Auch die Ministerkonferenz für Raumordnung sieht in den gravierenden Folgen des Klimawandels, wie steigenden Hochwasserrisiken und Trockenheits- und Hitzeproblemen, eine zentrale Herausforderung für die Raumordnung in Deutschland (MKRO 2009).

Als der ARL-Arbeitskreis „Klimawandel und Raumplanung" ins Leben gerufen wurde, waren die Forschungen und Forschungsberichte zum Thema Klimaanpassung noch sehr übersichtlich und nicht sehr weit verbreitet. In der Laufzeit des Arbeitskreises wurden jedoch zahlreiche neue Forschungsinitiativen und -programme aufgelegt, die den Erkenntnisstand insbesondere über die regionalen und lokalen Auswirkungen des Klimawandels und die Erarbeitung von Maßnahmen zur Klimaanpassung in Wissenschaft, Planungspraxis und interessierter Öffentlichkeit deutlich vorangetrieben haben. Wichtige Programme, die sich v. a. mit Forschung und Entwicklung in Bezug auf die Anpassung an den Klimawandel in der Stadt- und Regionalplanung befassen, sind insbesondere die vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) und dem Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) zum Thema Anpassung an den Klimawandel durchgeführten Modellvorhaben der Raumordnung (MORO) und des Experimentellen Wohnungs- und Städtebaus (ExWoSt) sowie mehrere Programme des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF), wie „klimazwei" und „KLIMZUG", bei denen ebenfalls regionale Anpassungsstrategien für verschiedene Regionen entwickelt und erprobt werden. Auch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) und das Umweltbundesamt (UBA) fördern einzelne Vorhaben, die Aspekte der Raumentwicklung berühren, wie beispielsweise das Projekt „Raum- und Fachplanerische Handlungsoptionen zur Anpassung der Siedlungs- und Infrastrukturen an den Klimawandel". Diese Programme und Projekte, die z. T. noch nicht abgeschlossen sind, werden in den nächsten Jahren vielfältige neue Erkenntnisse und Impulse bieten.

Ziel des vorliegenden Forschungsberichts ist es, die wesentlichen aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnisse und Erfahrungen aus der Planungspraxis unter den Bedingungen des Klimawandels so aufzubereiten, dass sie für die Raum- und Umweltplanung insgesamt zur Verfügung stehen. In Anbetracht der zahlreichen Untersuchungen zum Klimaschutz aus der Sicht der Raumplanung und der langjährigen Umsetzung von Klimaschutzzielen in der Praxis stellt der Bericht die Folgen des Klimawandels und die Anpassung in den Mittelpunkt der Betrachtung. Zugleich wird auf die Synergien und Konflikte von Klimaanpassung und Klimaschutz eingegangen.

Bevor die Struktur und die einzelnen Abschnitte des Bandes näher dargestellt werden, erfolgt zunächst eine kurze Erläuterung von Klimaanpassung und Klimaschutz aus der Perspektive der Raumplanung bzw. Raumentwicklung.

1.2 Klimaanpassung und Klimaschutz aus Sicht der Raumplanung/ Raumentwicklung

Klimaanpassung

Raumstrukturen, -funktionen und -nutzungen sowie Menschen, die in den verschiedenen Räumen leben und arbeiten, werden unterschiedlich stark von den Folgen des Klimawandels berührt. Obwohl beispielsweise der generelle Temperaturanstieg sowohl ländliche und urbane als auch wirtschaftlich prosperierende und wirtschaftlich eher stagnierende Räume gleichermaßen treffen kann, werden die damit verbundenen Auswirkungen raumspezifisch differenziert ausfallen. Auch werden in bestimmten Regionen spezifische

Phänomene wie Hitzewellen oder Meeresspiegelanstieg als Klimawirkungen und Klimafolgen zu beobachten sein, die raumspezifische Anpassungsstrategien und -maßnahmen erfordern. Unbeschadet dessen zeigen die im Rahmen der Klimafolgenforschung identifizierten Klimaveränderungen, dass abgestimmte Anpassungsstrategien und -maßnahmen auf allen administrativen Ebenen notwendig sind. Aber reichen die bisherigen Konzepte und Maßnahmen aus, um eine klimagerechte Raumentwicklung zu gewährleisten? Lässt sich nicht bereits heute erkennen, dass einerseits die Notwendigkeit besteht, die raumrelevanten Folgen der Anpassungsmaßnahmen zu erfassen und negative Effekte zu mindern und dass andererseits auch unterschiedliche Anpassungsstrategien für verschiedene Gefahren, die mit dem Klimawandel verbunden sind, sinnvoll räumlich koordiniert werden müssen?

Darüber hinaus zeigen aktuelle Beispiele, dass die Raumentwicklung einen wichtigen Einfluss auf die mit den Folgen des Klimawandels verbundenen raumbezogenen Risiken hat. Beispielsweise sind die in einzelnen Gebieten zunehmenden Risiken gegenüber Hochwasserereignissen vermeidbar, wenn die Raumplanung zur Steuerung einer nachhaltigen Siedlungs- und Raumentwicklung entsprechende Ziele und Maßnahmen zur planerischen Vorsorge gegenüber Hochwassergefahren vornimmt und z. B. keine weitere Siedlungsentwicklung in entsprechend exponierten Lagen erlaubt. Auch die Minderung des urbanen Hitzeinseleffekts, der in Kombination mit der erwarteten Zunahme von Hitzetagen neue Herausforderungen für die Sicherung von Kaltluft- und Freiflächen in Städten und Stadtregionen birgt, ist durch planerische Strategien sowie durch formelle (z. B. die Darstellung von regionalen Grünzügen in Regionalplänen) und im Bestand insbesondere durch informelle Instrumente umzusetzen. Dabei treten auch potenzielle Konflikte mit bisherigen Leitbildern der Raum- und Stadtentwicklung zutage, wie beispielsweise dem Ziel der verdichteten Stadt vs. der aufgelockerten Stadt. Diese Konflikte sind nicht prinzipiell, sondern nur in konkreten Räumen aufzulösen. Hierbei kommt der räumlichen Planung die zentrale Rolle der Konfliktermittlung und der Entwicklung von Lösungsvorschlägen zu.

Die Ausführungen zeigen bereits, dass nicht allein der Klimawandel an sich, sondern auch die Frage der Vulnerabilität (Verwundbarkeit) von bestimmten Räumen und spezifischen Raumnutzern in den Mittelpunkt der Betrachtung gerückt werden muss, wenn man die Handlungserfordernisse für die räumliche Planung durch den Klimawandel identifizieren möchte. Vulnerabilität beschreibt in erster Linie die Anfälligkeit einer Gesellschaft oder eines Systems gegenüber dem Klimawandel, umfasst aber auch dessen Ausgesetztheit (Exposition) sowie dessen Reaktionskapazitäten hinsichtlich des Umgangs mit Gefahren. In diesem Kontext nimmt der Arbeitskreis also eine Risikoperspektive ein, indem die direkten Folgen des Klimawandels mit der Vulnerabilität von Räumen, Raumnutzungen und Raumnutzern in einen Zusammenhang gestellt werden.

Darüber hinaus ist die Anpassung an den Klimawandel jedoch nicht allein eine Frage der Vulnerabilität von Räumen und von Anpassungsnotwendigkeiten aufgrund von physischen Veränderungen des Klimas, vielmehr verlangt eine Anpassung an den Klimawandel auch die Anpassung des planerischen Instrumentariums sowie seiner Ziele und Grundsätze. Im Gegensatz zu bisherigen Umweltproblemen, die in ihren Wirkungsbeziehungen in der Realität untersucht werden können, zeichnet sich das Phänomen des Klimawandels auch dadurch aus, dass bestimmte Auswirkungen – z. B. im Zusammenhang mit dem Meeresspiegelanstieg – erst in der Zukunft eintreten werden, jedoch bereits heute Änderungen in der räumlichen Planung und den Instrumenten erfordern. Daneben besteht eine besondere Herausforderung darin, dass mit dem Klimawandel verschiedene Zukunftsperspektiven verbunden sind. Welches Szenario des Klimawandels am weitesten dem zu-

künftig realen Entwicklungsverlauf entspricht, wird sich erst in der Zukunft zeigen. Dies impliziert, dass die räumliche Planung im Kontext der Anpassung an den Klimawandel mit verschiedenen Szenarien umgehen muss, die die bisherigen Abwägungsprozesse vor weitere Herausforderungen stellt. In dieser Hinsicht sind auch die bisherigen Leitbilder der Raumplanung und auch der Raumentwicklung auf den Prüfstand zu stellen, ebenso wie deren Instrumente, die sich für diese Fragen verschiedener Zukünfte öffnen müssten.

Klimaschutz

Der Zusammenhang zwischen Raumplanung/Raumentwicklung und Klimaschutz ist bereits seit Längerem Gegenstand der Forschung. Auch unter dem Gesichtspunkt der Klimaanpassung ist der Klimaschutz von großer Bedeutung. Fragen der Klimaanpassung werden oftmals nach wie vor im Zusammenhang mit dem Klimaschutz diskutiert, z. B. sind – wie oben bereits angesprochen – im Rahmen von Klimaanpassungsmaßnahmen auch Klimaschutzziele zu berücksichtigen. Zudem sind in der Praxis oftmals Akteure des Klimaschutzes auch diejenigen, die Aktivitäten zur Anpassung an den Klimawandel verfolgen.

Aber wie kann es gelingen, dass die Akteure und politischen Entscheidungsträger auf kommunaler, regionaler und landesweiter Ebene ihre klimagerechte Verantwortung stärker erkennen und entsprechend handeln?

Obwohl die Umsetzung energiesparender und verkehrsvermeidender und somit CO_2-emissionsmindernder Siedlungsstrukturen weiterhin eine große Herausforderung sein wird, sind bereits zahlreiche Ansätze zu einer nachhaltigen Raumstruktur sowie insbesondere zu den Zusammenhängen zwischen der Siedlungs- und Verkehrsstruktur und den CO_2-Emissionen pro Kopf ermittelt worden (z. B. Stadt der kurzen Wege; Siedlungsentwicklung an ÖPNV-Haltpunkten). Die Raumplanung und insbesondere die Raumordnung muss in diesem Sinne als fachübergreifender Koordinator Maßnahmen bündeln und eine räumliche Gesamtstrategie gestalten. Aber braucht die Raumplanung nicht zudem modifizierte oder neue Instrumente? Muss sie nicht auch neue Handlungsfelder erschließen?

Im Bereich der Energieerzeugung liegen die Einflussmöglichkeiten in der räumlichen Vorsorge für den raumverträglichen Ausbau der erneuerbaren Energieerzeugung. Dabei entstehen Konflikte mit anderen Nutzungsansprüchen, sodass der Raumplanung hier eine Schlüsselrolle zukommt. Weitere Einflussmöglichkeiten der Raumplanung auf den Klimaschutz liegen z. B. im Bereich der CO_2-Speicherung, in erster Linie durch die Sicherung natürlicher Kohlenstoffsenken, aber auch ggf. durch die vorsorgende Standortsicherung für Anlagen zur technischen CO_2-Speicherung. Die Raumplanung muss sich jedenfalls der Herausforderung stellen, Lösungsstrategien für mögliche Konflikte zwischen Klimaschutz- und Klimaanpassungsmaßnahmen zu entwickeln, etwa bzgl. einer hohen baulichen Dichte im Sinne der Energieeinsparung, die aber ggf. in Konflikt mit einer aufgelockerten Siedlungsweise im Sinne einer Wärmeinselvermeidung stehen kann.

1.3 Struktur und Inhalt des Bandes

Die inhaltliche Darstellung der einzelnen Aspekte von Klimawandel und Raumplanung folgt dem Verständnis des Zusammenhangs zwischen dem physischen Klimawandel mit seinen naturräumlichen Auswirkungen, der Vulnerabilität von Räumen und Raumnutzungen, den daraus entstehenden Risiken und Chancen sowie den raumplanerischen Ansätzen zum Klimaschutz und zur Klimaanpassung. Dabei veranschaulichen die in den Text integrierten Praxisbeispiele (abgesetzt als Textboxen) die theoretisch dargelegten Ansätze und Konzepte.

Kapitel 2 gibt einen Überblick über den globalen Klimawandel und seine Ursachen im Lichte langjähriger Forschungsergebnisse, bevor näher auf die regionalen Veränderungen in Europa und Deutschland eingegangen wird. Was Klima ist, wird anfangs anhand der Unterschiede zwischen dem uns vertrauten Wetter und den langjährigen Beobachtungsdaten zum Klima erläutert. Der derzeitige globale Klimawandel wird im Vergleich zu früheren Veränderungen des Klimas in der Erdgeschichte dargestellt. Neben den bekannten Treibhausgasen in der Atmosphäre gibt es weitere Ursachen für Klimaänderungen, wie Änderungen der Orbital- und Erdachsparameter oder der Sonnenaktivität sowie interne Reaktionen des Erdsystems darauf. Bei der Beschreibung der regionalen Veränderungen des Klimas werden die Ergebnisse verschiedener Regionalmodelle miteinander verglichen. Es wird darauf hingewiesen, dass für die Abschätzung lokaler Auswirkungen die räumliche Auflösung nichtklimatischer Wirkungsfaktoren (z. B. Topographie, Bewuchs) entscheidend ist, während es bei der Klimaänderung auf möglichst viele unterschiedliche Modellergebnisse zur statistischen Absicherung ankommt. Kurz wird auch auf einige Skeptikerargumente eingegangen.

Kapitel 3 verdeutlicht die Bedeutung der Vulnerabilität für die Erfassung von Risiken, die sich aus dem Klimawandel sowie dem sozio-ökonomischen und räumlichen Wandel ergeben. Die Diskussion des Begriffes sowie einzelner ausgewählter Konzepte von Vulnerabilität macht deutlich, dass der Klimawandel mit seinen verschiedenen aktuellen und potenziellen Auswirkungen für die Raumentwicklung und räumliche Planung dann ein handlungsrelevantes Phänomen bzw. Problem darstellt, wenn Raumstrukturen, -funktionen und -nutzungen gegenüber diesen Einwirkungen und Veränderungen vulnerabel sind. Das Kapitel zeigt zudem, dass die Entwicklung des Vulnerabilitätsbegriffes und entsprechender Konzepte durch verschiedene Entwicklungslinien und Denkschulen charakterisiert ist. Die Autorinnen und Autoren skizzieren, dass trotz zahlreicher Unterschiede im Detail sich in den verschiedenen Denkschulen ein Grundkonsens dahingehend feststellen lässt, dass die Differenzierung und Erfassung von Vulnerabilität zumindest die Berücksichtigung von zwei Kernkomponenten umfasst: a) die Anfälligkeit bzw. Sensitivität des Systems und seiner Prozesse sowie b) die Bewältigungs- und Anpassungskapazitäten von anfälligen Systemen und Prozessen. Ausgewählte Beispiele zur Vulnerabilitätserfassung, wie z. B. gegenüber Starkniederschlägen in Dortmund, verdeutlichen auch die Notwendigkeit der raumspezifischen Konkretisierung des Vulnerabilitätskonzepts. Zudem zeigen die Beispiele die Bedeutung des Konzepts für räumliche Planungsprozesse und Risikominderungsstrategien. Abschließend wird unterstrichen, dass Fragen der Vulnerabilität umso stärker an Bedeutung gewinnen, je weniger sichere und räumlich präzise Aussagen zur Gefährdung durch Klimafolgen möglich sind, wie z. B. bei Hitzewellen oder Starkniederschlägen. Zudem können Vulnerabilitätsanalysen gerade für den Bestand wichtige Handlungspotenziale aufzeigen.

Aus dem Zusammenwirken von regionalen Klimaänderungen und gebietsspezifischer Vulnerabilität entstehen die Risiken und Chancen des Klimawandels. Kapitel 4 stellt dazu relevante Konzepte zur Analyse und Bewertung von Risiken und Chancen vor und erläutert deren Bedeutung für den Umgang mit dem Klimawandel in der räumlichen Planung. Neben verschiedenen Formen von Wirkungszusammenhängen wird auch auf die Unsicherheiten von Klimaprojektionen und Folgenabschätzungen eingegangen. Danach werden Rahmenkonzepte für die Analyse von raumbedeutsamen Risiken und Chancen vorgestellt. Diesen grundlegenden Betrachtungen folgt eine Zusammenstellung der wesentlichen bisher bekannten Risiken und Chancen für Deutschland, zunächst nach thematischen, dann nach räumlichen Schwerpunkten. Abschließend werden prinzipielle Optionen abgeleitet, mit denen die Risiken reduziert bzw. die Chancen erhöht werden können.

Aus den Darstellungen wird deutlich, dass für den Umgang mit den Risiken und Chancen des Klimawandels die Planungsgrundlagen zu erweitern sowie die Ziele und Grundsätze fortzuschreiben sind. Dazu bedarf es in Anbetracht der vielschichtigen Wirkungszusammenhänge und erheblichen Unsicherheiten neuer methodischer Ansätze für die Analyse und Bewertung. Hierzu gehört beispielsweise auch die Operationalisierung „neuer" Bewertungskriterien, wie Robustheit, Flexibilität, No-Regret etc. Für den Entscheidungs- und Abwägungsprozess zur räumlichen Koordination von Anpassungsmaßnahmen verfügt die Raumplanung bereits über umfangreiche Handlungsmöglichkeiten.

Kapitel 5 gibt einen Überblick zum Thema Klimaschutz in der Raumplanung. Die Grenze zwischen Klimaschutz und Klimaanpassung ist in der Planungspraxis, aber auch in der Öffentlichkeit weniger trennscharf als im wissenschaftlichen und übergeordneten politisch-strategischen Zusammenhang. Darüber hinaus bestehen Synergien und Konflikte zwischen Klimaschutz und Klimaanpassung. Ein großer Teil der Klimaschutzmaßnahmen hat einen räumlichen Bezug. Bei der energiesparenden und verkehrsvermeidenden Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung geht es um die Orientierung an Achsensystemen, die Förderung des ÖPNV, Funktionsmischung und die Schaffung von kompakten Siedlungsstrukturen, wobei im Bestand bei den gegebenen Siedlungsstrukturen Grenzen der Gestaltbarkeit bestehen. Die räumliche Vorsorge für den Ausbau erneuerbarer Energien besteht in der Standortwahl von Anlagen zur Energieerzeugung sowie in der Anpassung der Infrastruktur an die Anforderungen einer dezentralen Energieversorgung. Hier hat die Raumordnung im Rahmen ihrer Kompetenzen insbesondere die räumliche Steuerung von erneuerbaren Energien übernommen. Die vorsorgende Standortsicherung für Anlagen zur CO_2-Speicherung und für die zugehörigen Leitungsnetze ist ebenso eine Aufgabe der Raumordnung wie die entsprechende Sicherung der Senkenfunktion von Ökosystemen. Darüber hinaus liegt die Rolle der Regionen bzw. der Regionalplanung insbesondere in der Erstellung bzw. Unterstützung regionaler Energiekonzepte. Zusammenfassend kann geschlossen werden, dass die Koordinationsfunktion insbesondere der Regionalplanung an Bedeutung gewinnt – eine These, die sich in der praktischen Umsetzung zunächst aber noch bestätigen muss.

Auf den unterschiedlichen planerischen Ebenen, von der übergeordneten Raumordnung bis zur kommunalen Bauleitplanung sowie im Rahmen der engen Abstimmung mit den raumrelevanten Fachplanungen, verfügt die Raumplanung über zahlreiche Einflussmöglichkeiten zur Anpassung an den Klimawandel. Darauf wird in Kap. 6 eingegangen. Die Raumplanung kann dabei ein umfangreiches formelles Instrumentarium einsetzen. Der ergänzende Einsatz informeller Ansätze der Raumplanung kann dazu beitragen, außerhalb formeller Planungsroutinen vielfältige Zusammenhänge zu erkennen und zu bewerten, weitere Akteure einzubinden und notwendige Handlungen zu initiieren. Die kreative und rigorose Anwendung des bestehenden raumplanerischen Instrumentariums in Kopplung mit anderen Steuerungsinstrumenten ist ebenso wichtig wie die Weiterentwicklung der planerischen Instrumente und deren Umsetzungspotenziale. Aufgrund ihrer übersektoralen Sichtweise und ihres konkreten räumlichen Bezugs ist gerade die Raumplanung dafür prädestiniert, zum Promotor regionaler und lokaler Klimaschutz- und Klimaanpassungskonzepte zu werden. Allerdings müssen die Institutionen der Raumplanung über die entsprechenden Ressourcen und Kapazitäten verfügen, um diese Aufgaben leisten zu können.

Die Anpassung der Raumstrukturen, -funktionen und -nutzungen an den Klimawandel sollte möglichst ganzheitlich gelingen (Kap. 7). Der strategischen Regionalplanung kann dabei zunehmend eine tragende Rolle für eine aktive Regionalentwicklung durch die Formulierung von Szenarien, Leitbildern, Zielen sowie Konzepten und Maßnahmen

zukommen. Regional angepasste und integrierte Strategien mit langfristiger Perspektive, die als gemeinsamer Lernprozess mit den betroffenen Akteuren entwickelt und umgesetzt werden, verbessern die Wahrnehmung für die Klimafolgen und -risiken und schaffen eine größere Akzeptanz für notwendige Maßnahmen. Szenarien eignen sich für Regionen im Klimawandel besonders, um sich mit der Bandbreite möglicher Veränderungsprozesse auseinanderzusetzen und dabei auch schwierige Themen ansprechen zu können, wie z. B. die mögliche erhebliche Auswirkung des Meeresspiegelanstiegs auf die Küstengebiete. Um der Umsetzungsebene von Regionen und Kommunen Hilfestellungen zu bieten, wurden in den vergangenen Jahren von verschiedenen Seiten Prozessmodelle für Anpassungsstrategien erarbeitet. Allen Ansätzen ist dabei gemein, dass sie Strategieentwicklung, Umsetzung und Anwendung als einen zyklischen Prozess beschreiben. Bislang erfolgt allerdings eine intensive Auseinandersetzung mit einem strategischen Umgang mit dem Klimawandel fast ausschließlich in den Regionen, die im Rahmen von Bundes- und EU-Programmen gefördert werden. Die großen regionalen Unterschiede hinsichtlich der Anpassungserfordernisse machen daher in absehbarer Zeit noch eine besondere Hilfestellung durch Fördermittel auf regionaler Ebene und intensive Beratung durch entsprechende Serviceeinheiten der übergeordneten Ebenen notwendig.

In Kap. 8 werden abschließend wichtige Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen des Forschungsbandes zusammengestellt. Die Autorinnen und Autoren geben einen Ausblick auf neue Aufgaben und Herausforderungen für die räumliche Planung. Des Weiteren wird auf konkrete Handlungsempfehlungen für die räumliche Planung und die Raumentwicklung eingegangen.

2 Der Klimawandel: global und regional in Europa und Deutschland

Manfred Stock

2.1 Einführung

Befasst man sich eingehender mit dem Klimawandel und seinen möglichen Auswirkungen, dann zeichnen sich für unterschiedlichste Regionen und Infrastrukturen vielfältige Konsequenzen ab. Diese ergeben sich beispielsweise aus schleichenden Veränderungen regionaler klimatischer Bedingungen für Flora und Fauna oder ausgeprägteren sommerlichen Hitzewellen, die mit erhöhten Gesundheitsgefahren, Wasserknappheit und Waldbrandrisiken einhergehen sowie aus häufiger bzw. heftiger auftretenden einzelnen Extremwetterereignissen, die z. B. mit Flut-, Hochwasser- und Sturmschäden verbunden sind. Ging die räumliche Planung beim Umgang mit diesen Gefahren bislang davon aus, sich dabei auf Erfahrungen aus der Vergangenheit stützen zu können, so steht sie nun vor der Herausforderung ob, wo und wie zukünftige Veränderungen dieser Gefahrensituationen infolge des Klimawandels berücksichtigt werden müssen. Der ARL-Arbeitskreis „Klimawandel und Raumplanung" hat daher die Aufgabe übernommen, die aktuelle Forschung zu Verlauf und Ausmaß des Klimawandels und der damit verbundenen Veränderungen hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Praxis der räumlichen Planung in Deutschland darzustellen. Das beginnt mit dem Unterschied zwischen dem beobachteten und wahrgenommenen Wetter einerseits und dem mess- und berechenbaren Klima andererseits.

2.2 Vom wahrgenommenen Wetter zum beobachteten Klima

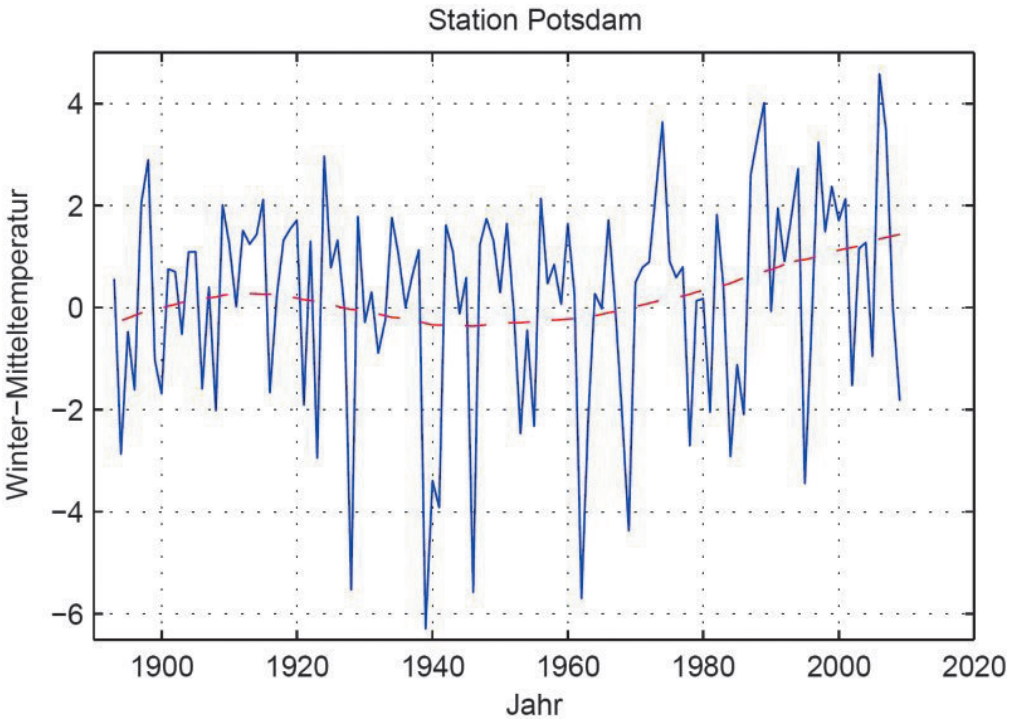
Die Winter 2009/10 und 2010/11 wurden in Deutschland hinsichtlich Temperatur und Schneefall wieder als „richtige Winter" wahrgenommen. „Wo bleibt die globale Erwärmung?" war eine oft gestellte Frage. Was sagen dazu die Daten an Klimastationen, wie z. B. in Potsdam? Abbildung 2.1 zeigt die mittlere Wintertemperatur, d. h. die Tagesmitteltemperatur, gemittelt über die Monate Dezember, Januar und Februar.

Wie man in Abb. 2.1 sieht, schwanken die Werte von Jahr zu Jahr stark, um etwa 10 Grad zwischen dem kältesten und dem wärmsten Winter. Im Gegensatz zu regionalen oder globalen Mitteltemperaturen ist dies typisch für einzelne Orte, wo die Temperatur stark von den vorherrschenden Luftströmungen, wie kalter Polar- oder warmer Atlantik-luft, abhängt. Es könnte sogar sein, dass die globale Erwärmung öfter kalte Winter in Europa bringt, weil sich die Luftströmungen bei zurückgehender Eisbedeckung in der Arktis verschieben können (Petoukhov, Semenov 2010). Man sieht aber auch, dass die „kalten" Winter ebenfalls wärmer geworden sind. So war der Winter 2010/11 zwar einer der kälteren, aber vergleichsweise moderat. In den 1980ern gab es alleine drei kältere Winter, ebenso 1995/96 und 1962/63, mit sogar -5,7 °C. Demgegenüber war der Winter 2006/07 der wärmste überhaupt in der Zeitreihe mit +4,6 °C. In den letzten Jahren gab es also keine rekordkalten Winter, wohl aber den rekordwärmsten.

Blickt man auf das gesamte Jahr 2010 zurück, so lag es nach Angaben des Deutschen Wetterdienstes (DWD 2010) in Deutschland mit 7,9 °C unter dem langjährigen Mittelwert von 8,2 °C. Auch in Potsdam war 2010 im Mittel kühler als die Jahre davor, wie Abb. 2.2 zu

entnehmen ist, die die langjährige Entwicklung der Jahresmitteltemperatur am Ort Potsdam zeigt. Deutlich zu sehen ist der ansteigende Trend der Temperatur über mehr als ein Jahrhundert.

Abb. 2.1: Beobachtete Wintertemperaturen in °C in Potsdam seit 1893

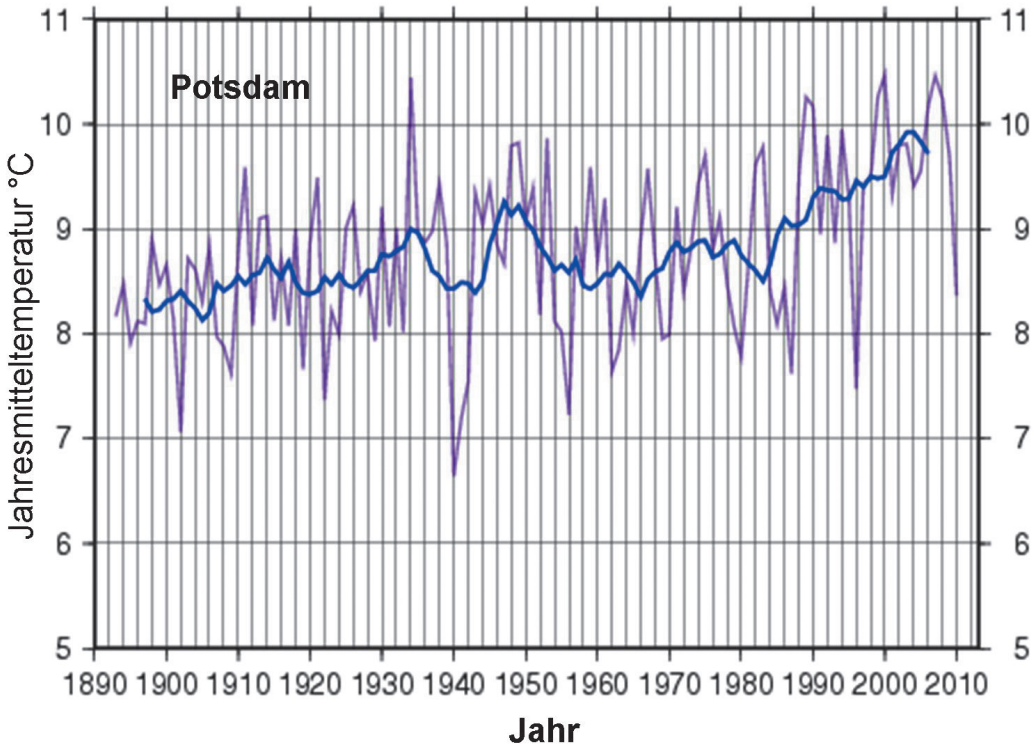


Die rote Linie zeigt den nichtlinearen Klimatrend, geglättet über 30 Jahre.

Quelle: Rahmstorf 2010

Nach Angaben der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) war 2010, abweichend von Deutschland oder Potsdam, das weltweit wärmste Jahr seit Beginn der Wetteraufzeichnungen im Jahr 1850. Außergewöhnlich warm war es 2010 in weiten Teilen Afrikas, in Süd- und Westasien und in Grönland sowie im arktischen Kanada. Signifikant kühler als im Referenzzeitraum war es auf dem Land nur in wenigen Regionen, insbesondere in Teilen Nordeuropas sowie in Zentral- und Ostasien (WMO 2011). Diese Angaben basieren auf den Datensätzen des englischen Wetterdienstes (UK Meteorological Office), englischer Institutionen der Klimaforschung (Hadley Centre/Climatic Research Unit, HadCRU) sowie der offiziellen US-amerikanischen Klima- und Weltraumforschungsinstitutionen (U.S. National Climatic Data Center, NCDC, U.S. National Aeronautics and Space Administration, NASA 2011). Die zuletzt genannte Quelle liefert auf ihrer Webseite laufend aktualisierte Beobachtungsdaten zur globalen Temperatur- und Klimaentwicklung. Die Beobachtungsdaten bestätigen den Trend einer langfristigen Erderwärmung. Die zehn wärmsten Jahre seit Beginn der Aufzeichnungen traten alle seit 1998 auf, und die Dekade von 2001 bis 2010 war so warm wie noch keine andere Dekade davor. Die Entwicklung an einem Ort allein oder auch die Aufeinanderfolge mehrerer Einzeljahre belegen noch keinen Trend der globalen Erwärmung. Die in den verschiedenen Erdregionen und Klimazonen sehr unterschiedlich verlaufende Entwicklung bedarf einer Zusammenfassung zu einem im globalen Maßstab gemittelten Temperaturwert in der bodennahen Atmosphäre. Dies zeigt Abb. 2.3 im Vergleich zur regionalen Temperaturentwicklung in Deutschland jeweils seit 1856 (Gerstengarbe, Werner 2007).

Abb. 2.2: Entwicklung der Jahresmitteltemperaturen in °C in Potsdam seit 1893

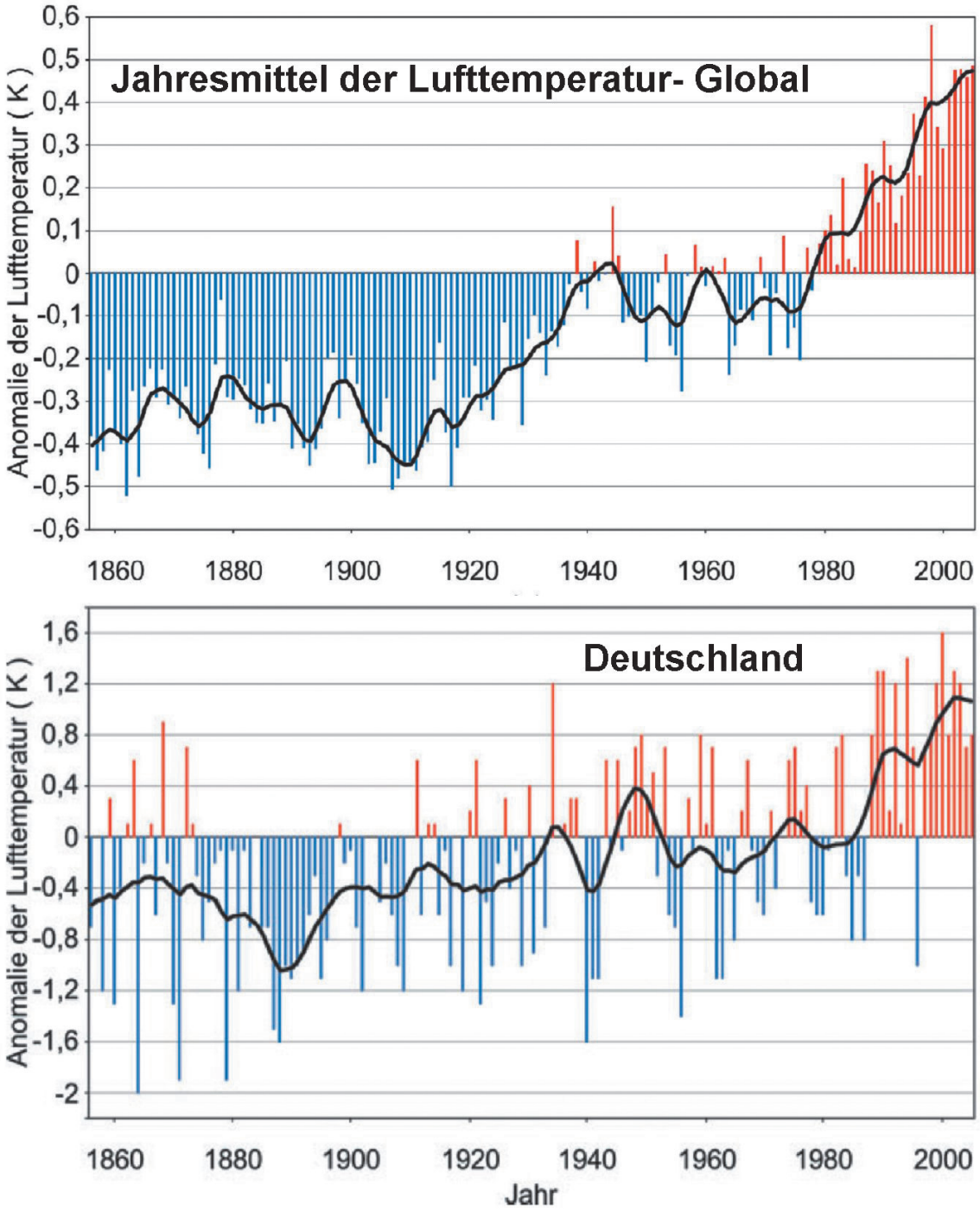


Die fette blaue Linie zeigt das laufende 9-jährige Mittel.

Quelle: Rahmstorf 2010

Abb. 2.2 und 2.3 zeigen drei unterschiedliche zeitliche Entwicklungen der Jahresmitteltemperatur der bodennahen Atmosphäre über mehr als ein Jahrhundert, die die unterschiedlichen Raumdimensionen von lokal (Temperaturreihe Potsdam), über regional (Entwicklung in Deutschland) bis global repräsentieren. Aus dem bisher Dargelegten wird außerdem ein wichtiger Unterschied zwischen Wetter und Klima deutlich: Ein Mensch kann zwar an seinem lokalen Standort das saisonale Wettergeschehen beurteilen, daraus aber nicht auf globale und langjährige Entwicklungen des Klimas schließen. Dies wird aber gerne und wiederholt von sog. Klimaskeptikern als scheinbar anschauliche Widerlegung der globalen Erwärmung angeführt. Einige der Argumente gegen den Klimawandel sind in einem gesonderten Kasten den Argumenten der Klimaforschung gegenübergestellt (s. Kap. 2.7). Zuvor wird im folgenden Abschnitt auf die Entwicklung der Erkenntnisse der Klimaforschung zum Klimawandel näher eingegangen.

Abb. 2.3: Entwicklung der globalen Jahresmitteltemperatur (oben) und im Vergleich dazu in Deutschland (unten) im Zeitraum von 1856 bis 2005



Die Abweichungen der Temperatur sind hier relativ zum Bezugszeitraum 1961 bis 1990 aufgetragen.

Quelle: Gerstengarbe, Werner 2007: 34 (oben), 39 (unten)

2.3 Historische Entwicklung von Wissenschaft und Forschung zum Klimawandel

Die öffentliche Wahrnehmung von Klima und Klimaänderungen hat sich in den letzten Jahrzehnten deutlich gewandelt. Von großem Einfluss dabei war die gestiegene Aufmerksamkeit für die schon lange bekannten Zusammenhänge zwischen veränderter Zusammensetzung der Atmosphäre, Verbrennung fossiler Rohstoffe und Anstieg der Lufttemperatur am Boden (Haber 1965). Vor einigen Jahren gelang der statistisch geführte Nachweis über eine Verknüpfung von aktuellem Temperaturanstieg und zunehmender Konzentration von Kohlendioxid und anderen Treibhausgasen in der Atmosphäre (Hasselmann et al. 1995). Insgesamt blickt die Klimaforschung auf mehr als ein Jahrhundert zurück, die öffentliche Wahrnehmung ihrer Ergebnisse auf mehr als drei Jahrzehnte. Die folgende Liste enthält wichtige Schritte der Entwicklung in der Klimaforschung und -politik, ohne jedoch einen Anspruch auf Vollständigkeit zu erheben (s. auch ZUM Internet e.V. 2012):

1827 Fourier: Erste Erklärung des natürlichen Treibhauseffektes (CO_2)

1896 Arrhenius: Theoretische Überlegungen zum anthropogenen Zusatztreibhauseffekt (Arrhenius 1896)
(2,4- bis 3-fach CO2 Þ 8–9 °C höhere Temperatur)

1938 Callendar: CO_2-Messungen und Erkennung des Zusammenhangs mit beobachtetem Temperaturanstieg in verschiedenen Regionen

1957 Keeling: Beginn der CO_2-Messungen auf dem Mauna Loa

1972 Erklärung von Stockholm über eine zeitgemäße Umweltpolitik

1979 1. UN-Weltklimakonferenz: Klimawandel wird als ernst zu nehmendes Problem erkannt (Klimadeklaration)

1987 Deutschland: Enquête-Kommission des Bundestages „Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre“

1988 Gründung des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) durch UNEP und WMO zur Bestandsaufnahme des vorhandenen Wissens über das Klimasystem und den Klimawandel

1990 2. Weltklimakonferenz und 1. Sachstandsbericht des IPCC als Verhandlungsgrundlage für eine Klimarahmenkonvention

1992 Klimarahmenkonvention der UN über den Schutz des Klimas unterzeichnet auf der Weltumweltkonferenz in Rio de Janeiro (zusammen mit Agenda 21)

1994 Klimarahmenkonvention tritt in Kraft

1995 2. IPCC-Sachstandsbericht

1997 Kyoto-Protokoll verabschiedet

2001 3. IPCC-Sachstandsbericht

2005 Kyoto-Protokoll tritt in Kraft

2007 4. IPCC-Sachstandsbericht

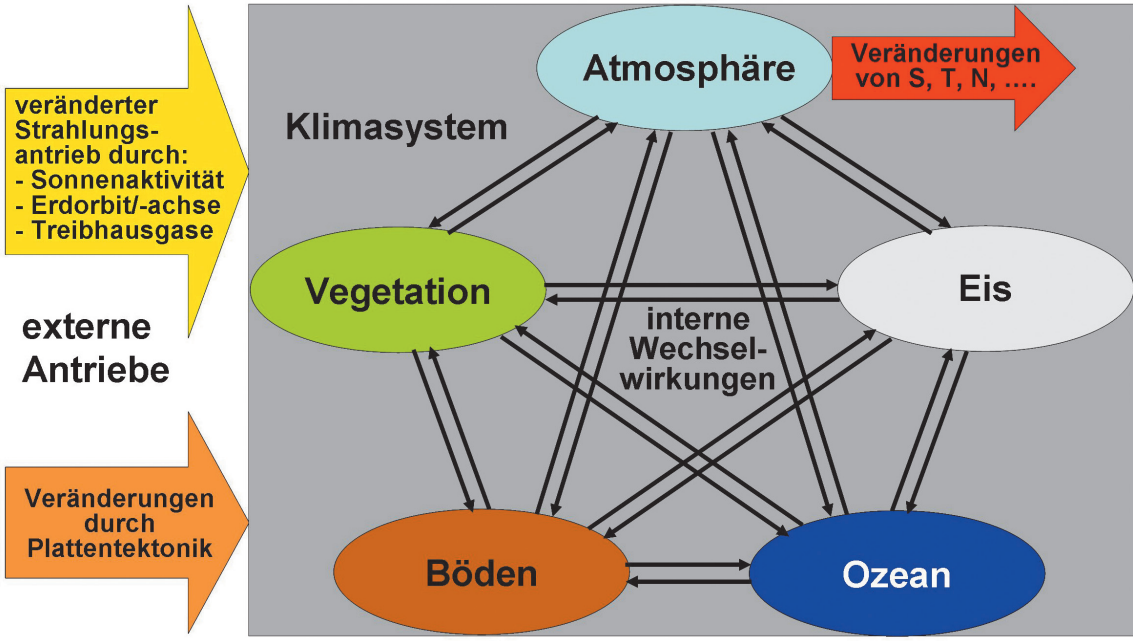
Erste Aussagen zum allgemeinen Zusammenhang von Lufttemperatur am Boden und atmosphärischer Zusammensetzung wurden also bereits vor über 180 Jahren gefunden. Seitdem haben sowohl die verfügbaren Daten und Informationen zur atmosphärischen Zirkulation und zu den sie beeinflussenden Faktoren als auch die Erkenntnisse zur Variabilität von Klima und Wetter enorme Fortschritte erfahren, insbesondere durch die Ar-

beiten des Weltklimarates (IPCC), an dem tausende von Wissenschaftlern verschiedener Fachrichtungen beteiligt sind. Diese Erkenntnisse haben unsere Vorstellung von Klima und Klimaveränderungen in der Erdgeschichte und in der durch den Menschen geprägten Gegenwart wesentlich beeinflusst.

2.4 Das Klimasystem der Erde

Die ursprüngliche Vorstellung von Klima als statistischer Gesamtheit der Wettererscheinungen in der Atmosphäre wurde erweitert durch ein Verständnis des Klimasystems, in dem neben den Prozessen in der Atmosphäre noch viele weitere Prozesse vom Erdinneren bis zum Sonnensystem, die miteinander in Wechselwirkung stehen, eine Rolle spielen. Dieses neue wissenschaftliche Verständnis vom Klima der Erde ermöglicht es in Verbindung mit einer Vielzahl geologischer Daten auch, die Variabilität des Klimas im Verlauf der Erdgeschichte besser zu verstehen. Das Zusammenwirken externer Antriebe und interner Wechselwirkungen im Klimasystem und die Veränderungen in der Atmosphäre als Reaktion darauf sind in Abb. 2.4 schematisch dargestellt.

Abb. 2.4: Externe Prozesse, Elemente des Klimasystems und Wechselwirkungen, die das Klima der Erde beeinflussen



Quelle: Eigene Darstellung

Treibhausgase sind im Klimasystem nur ein Faktor neben anderen, die die Strahlungsbilanz der Atmosphäre beeinflussen. Eine große Rolle bei den Klimaänderungen der Vergangenheit spielen quasiperiodische Schwankungen der Sonneneinstrahlung infolge von Veränderungen der Erdbahn um die Sonne, der Erdachse sowie der Sonnenaktivität selbst. Ein weiterer wichtiger Faktor ist das Verhältnis von Reflexion und Absorption des Sonnenlichts in der Atmosphäre und an der Erdoberfläche, die Albedo. Die Albedo von Eis, Schnee, Wasser und Landoberfläche mit verschiedenen Böden, Vegetationen und Wolken ist sehr unterschiedlich bzgl. der Strahlungsbilanz. Dies spielt eine große Rolle für den Einfluss der internen Wechselwirkungen im Klimasystem auf die Erdtemperatur. In

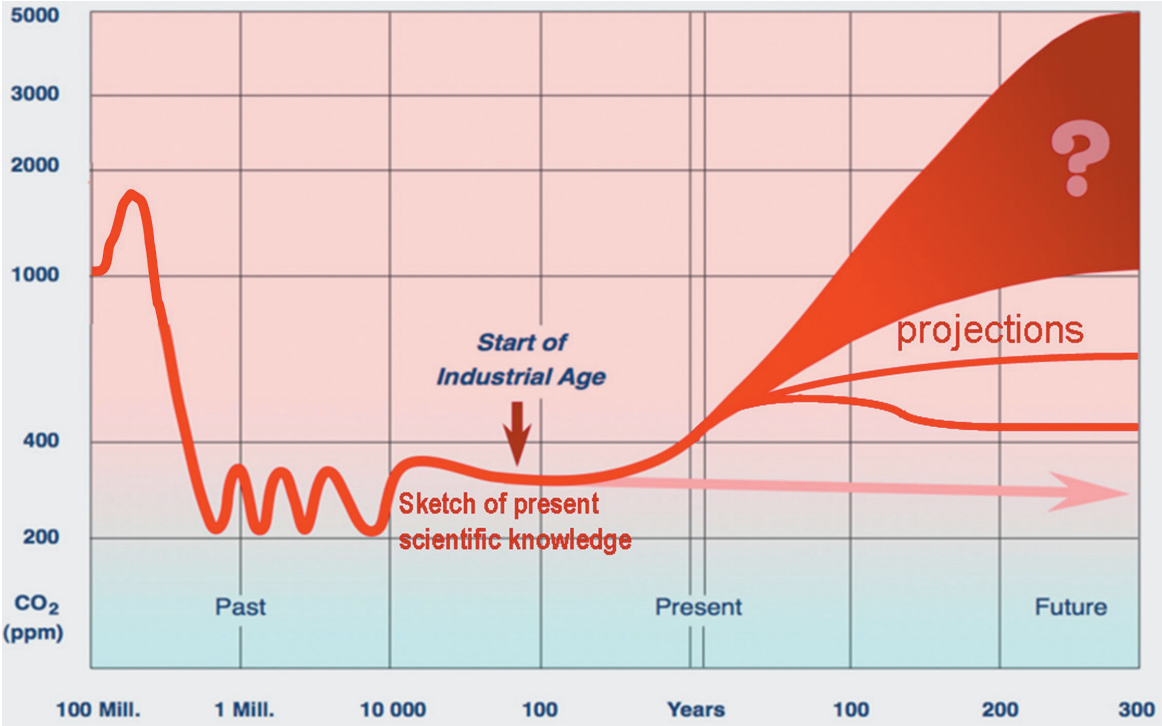
Abb. 2.4 symbolisieren 20 Pfeile die komplexen internen Wechselwirkungen im Klimasystem, die Strahlung (S), mittlere globale Temperatur (T) und Niederschlagsverteilung (N) an der Erdoberfläche beeinflussen. Neben extern bewirkten Veränderungen der Sonneneinstrahlung oder infolge geologischer Veränderungen spielen interne Wechselwirkungen zwischen Atmosphäre, Eisflächen, Ozeanen, Böden und Vegetation auf unterschiedlichen Zeitskalen eine große Rolle. Eine Temperaturänderung lässt sich wegen dieser Komplexität i. d. R. nicht monokausal auf die Änderung eines Einflussfaktors, wie der Konzentration von Treibhausgasen in der Atmosphäre oder der Oberflächeneigenschaften größerer Landgebiete, zurückführen. Die damit einhergehenden anderen Veränderungen in den Wechselwirkungen können beispielsweise dämpfend oder verstärkend sein und die nichtlineare Veränderung der Temperatur kann so entweder vernachlässigbar klein oder sprunghaft und stark ausfallen. So gab es während der letzten Eiszeiten sprunghafte Wechsel zwischen Kalt- und Warmzeiten. Ausgelöst wurden sie durch relativ kleine Änderungen der Sonneneinstrahlung, die für sich allein genommen nur geringe Temperaturänderungen bewirkt hätten, aber durch interne Rückkopplungsprozesse verstärkt wurden. Eine umfassendere Darstellung dieser Zusammenhänge, der Ursachen und Auswirkungen vergangener Klimaveränderungen wie der letzten Eiszeiten sowie des derzeitigen anthropogenen Klimawandels enthält das Buch von Rahmstorf und Schellnhuber (2006).

2.5 Die wechselnde Rolle der Treibhausgase in der Atmosphäre

Neben den großräumigen ozeanischen und atmosphärischen Strömungssystemen, die auch die Variabilität des Wettergeschehens bestimmen, haben Treibhausgase, v. a. Wasserdampf, Kohlendioxid und Methan, eine Schlüsselrolle bei Temperaturveränderungen, entweder als auslösende Ursache oder als sekundärer Verstärkungseffekt. Die Veränderungen von Kohlendioxid und Methan sowie der Temperatur während der letzten Jahrhunderttausende wurden aus Eisbohrkernen rekonstruiert und mit der Variabilität der Sonneneinstrahlung verglichen (Petit et al. 1999). Zusammen mit der Auswertung einer Vielzahl anderer Quellen erhält man eine Vorstellung der großen Variabilität der Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre über längere Zeiträume, für Kohlendioxid skizziert in Abb. 2.5.

Der linke Teil des Diagramms zeigt auf einer logarithmischen Skala die letzten 100 Millionen Jahre. Auch die Ordinate hat eine nichtlineare Skala mit einem CO_2-Wertebereich von 0 bis 5000 ppm (parts per million). Die heutige CO_2-Konzentration ist mit etwa 390 ppm (2010) bereits höher als während der letzten 2 Millionen Jahre. Die CO_2-Konzentrationen während der Kreide (> 60 Million Jahre) waren deutlich höher als heute. Parallel mit den Temperaturen nahmen sie im Tertiär ab (60 bis 2 Millionen Jahre), während das Klima sich bis zum letzten Eiszeitalter im Quartär abkühlte, das durch starke Klimavariationen während der letzten 2 Millionen Jahre charakterisiert ist. Im Vergleich dazu sind CO_2-Konzentration und globale mittlere Temperatur während der letzten zehntausend Jahre im Holozän vergleichsweise stabil. Ein wesentlicher Grund dafür dürfte die Stabilisierung des nordatlantischen Strömungssystems im Holozän sein (Rahmstorf 2002). Es wird aber auch diskutiert, ob anthropogene Einflüsse wie beispielsweise großflächige Entwaldungen schon sehr viel früher als mit der Industrialisierung zur globalen Erwärmung beigetragen haben könnten und so eine erneute Kaltphase verhinderten (Ruddiman 2003).

Abb. 2.5: Vereinfachte Darstellung von Vergangenheit und mögliche zukünftige Entwicklungen der Kohlendioxid-Konzentration in der Erdatmosphäre über etwa 100 Millionen Jahre



Quelle: Stock 2010: 17 (verändert nach Grobe 2007)

2.6 Mögliche Kippelemente und Instabilitäten im Klimasystem

Die hohe CO_2-Konzentration während der Kreide und die damals herrschenden, gegenüber heute erhöhten Temperaturen werden von Klimaskeptikern als Beleg für die vermeintliche Ungefährlichkeit einer globalen Erwärmung angeführt. Dabei wird außer Acht gelassen, dass das Kritische weniger in erhöhten Temperaturen zu sehen ist, sondern vielmehr in der Geschwindigkeit, mit der die Veränderung erfolgt. Der Zustand des heutigen Erdsystems unterscheidet sich signifikant von dem der Kreide, u. a. in den andersartigen Vegetationsformen. Die verschiedenartigen Ökosysteme haben sich in evolutionären Prozessen dem jeweiligen Zustand optimal angepasst. Je rascher eine Veränderung erfolgt, desto größer der Evolutionsdruck. Das gilt übrigens auch für Wirtschaftssysteme, die gerade auf die relativ stabilen klimatischen Verhältnisse des Holozäns optimiert sind. Wie unsere Weltwirtschaft auf sich rasch ändernde Klimaverhältnisse reagieren würde, wie sie in der Erdgeschichte nach Stand der Erkenntnisse wohl der Normalfall waren, ist eine spannende aber noch offene Frage. Zu mehr Informationen über Klimaänderungen in der Erdgeschichte wird auf den Artikel von Bubenzer und Radtke (2007) verwiesen. Der derzeitige relativ stabile Klimazustand könnte möglicherweise durch sog. Kipppunkte im Klimasystem ein Ende finden (Lenton et al. 2008). Dabei handelt es sich um unumkehrbare Folgen (Umlegen von „Kippschaltern“) für das Erdsystem bei Erreichen eines bestimmten globalen Temperaturniveaus über das vorindustrielle Niveau, z. B.:

- + ca. 1,8 °C: Rückschmelzen des arktischen Sommereises
- + 2 °C: Abschmelzen der Hochasien-Gletscher
- + 2,2 °C: Abschmelzen des Eisschildes von Grönland
- + 3 °C: möglicher Zusammenbruch des Regenwalds Amazoniens
- + 3,5 °C: permanentes El Niño-Phänomen
- + 4 °C: Zustandsänderung der thermo-halinen Zirkulation
- + 4,5 °C: Abschmelzen des Eisschildes der Westantarktis

Die angegebenen Temperaturschwellen sind noch ungefähre Schätzungen, aber die Kipppunkte an sich sind keine Phantasieprodukte, sondern stützen sich auf Erkenntnisse über tatsächlich erfolgte rasche Klimaveränderungen in der Erdgeschichte.

2.7 Der aktuelle globale Klimawandel

Im Weiteren geht es um die beobachteten und zu erwartenden Veränderungen im aktuellen, seit mehr als einem Jahrhundert zu verzeichnenden Klimawandel, die auf den globalen Jahresmittelwert der Temperatur an der Erdoberfläche als Leitparameter bezogen wird. Auf der rechten Seite des Diagramms in Abb. 2.5 sind auf einer linearen Skala mögliche zukünftige Entwicklungen der Treibhausgase in den nächsten 300 Jahren aufgetragen. Der in die Zukunft weisende Pfeil zeigt eine mögliche weitere natürliche Entwicklung ohne anthropogene Treibhausgase. Der schnelle Anstieg von CO_2, wie er für die nächsten 300 Jahre für verschiedene Varianten erwartet wird, wäre die Folge der ständig steigenden Verbrennung fossiler Kohlenwasserstoffe durch die Menschheit. Diese Verbrennung erfuhr mit dem Industriezeitalter einen starken Schub. Die Projektionskurven bis zur Unterkante der Fläche mit dem Fragezeichen kennzeichnen den Bereich möglicher zukünftiger Entwicklungen in der CO_2-Konzentration gemäß dem Szenarienbericht des IPCC (IPCC 2000). Die in diesem Bericht dargestellten Szenarien erfassen mögliche zukünftige Freisetzungen der Treibhausgase wie CO_2, CH_4 (Methan) und andere auf der Basis unterschiedlicher Entwicklungen von Bevölkerung, Landnutzung und Wirtschaft. Die Bezeichnungen A1, B1, A2 und B2 unterscheiden verschiedene Typen der wirtschaftlichen Entwicklung, Priorität der Ökonomie (A) oder der Ökologie (B) sowie mehr globale (1) oder eher mehr regionale (2) Abhängigkeiten.

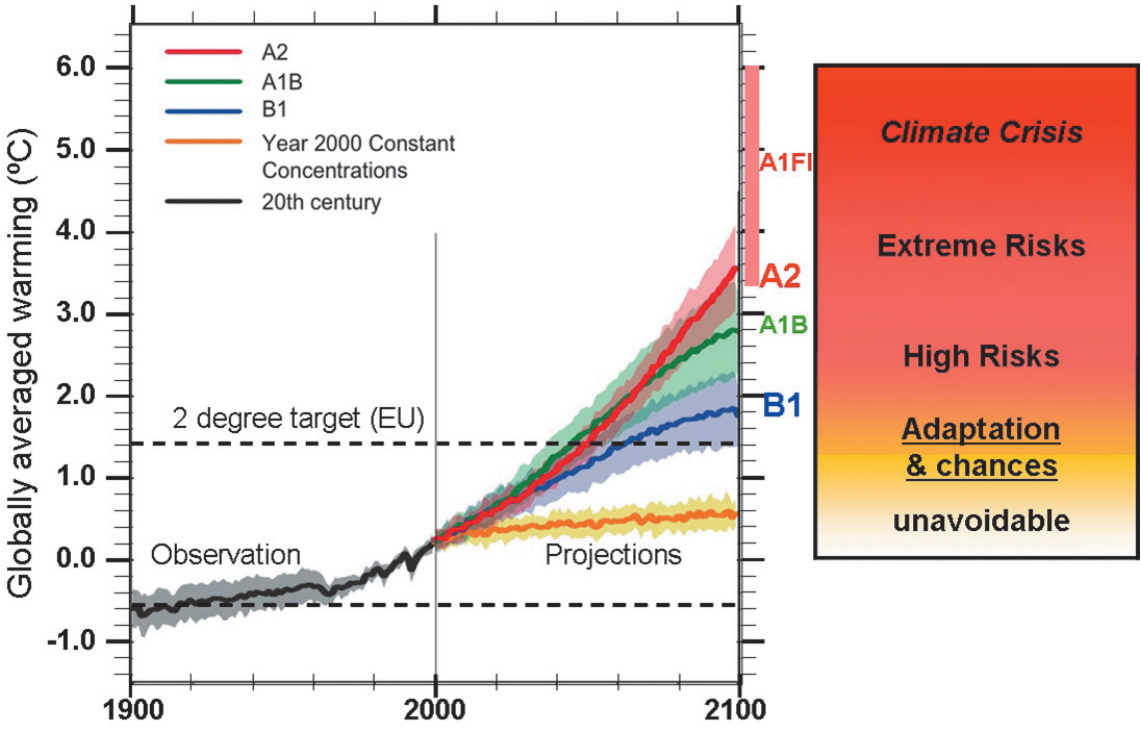
Derzeit werden neue Szenarien vom IPCC erarbeitet, da die aktuell festgestellten Emissionen von Treibhausgasen über den bisherigen Maximalszenarien liegen (Meinshausen et al. 2011). Die Ausweitung der Fläche mit dem Fragezeichen im Diagramm kann man bis etwa 2000 ppm CO_2-Konzentration auf diese neuen Abschätzungen anthropogener Emissionen stützen. Alle diese Zukunftsprojektionen berücksichtigen bisher aber nur die anthropogene Freisetzung von strahlungsrelevanten atmosphärischen Spurengasen wie die Treibhausgase Kohlendioxid, Methan, Stickoxide und FCKWs sowie Staub- und Aerosolpartikel. Deren Veränderung ergibt sich aus unterschiedlichen Szenarien auf der Grundlage plausibler Annahmen über die Entwicklung von Bevölkerung, Landnutzung, Energiegewinnung und Energieverbrauch sowie aus den damit verbundenen Emissionen. Darüber hinaus könnten bisher noch nicht berücksichtigte natürliche Freisetzungen von Treibhausgasen aus Kohlenstoffsenken in Ozeanen, Böden und Sedimenten durch den Temperaturanstieg hinzukommen. Bisher nehmen diese Senken noch etwa die Hälfte der anthropogenen Emissionen auf.

Die inzwischen mehr als 20 global rechnenden Klimamodelle zeigen unterschiedliche Ergebnisse für das Klima der Zukunft, wobei der am häufigsten verwendete Indikator die

globale Jahresmitteltemperatur an der Erdoberfläche ist. Die Rechnungen zeigen übereinstimmend für das laufende Jahrhundert einen globalen Temperaturanstieg um etwa 0,5 bis 8 °C, je nach angenommener Veränderung der relevanten atmosphärischen Spurenstoffe auf der Basis der Emissionsszenarien. Dazu berechnen die Klimamodelle auch die zukünftige Entwicklung weiterer Klimaparameter, sog. Projektionen z. B. von Temperatur- und Niederschlagsverteilung und Extremwerten.

Abbildung 2.6 zeigt links ein häufig verwendetes Diagramm der mittleren globalen Erwärmung, wie sie zwischen 1900 und 2000 beobachtet wurde und wie sie sich nach den Emissionsszenarien B1, A1B und A2 bis 2100 weiterentwickeln könnte (IPCC 2007d). Beim Vergleich des Klimas im Jahre 2100 mit demjenigen von 2000 ist tatsächlich der Vergleich des Klimas der Zeitintervalle 2070–2100 und 1970–2000 gemeint. Nimmt man das Extremszenario A1FI mit seinen Unsicherheiten hinzu, könnte der Temperaturanstieg 6 °C bis 2100 (relativ zu 1990) bzw. über 8 °C nach neueren Berechnungen (Meinshausen et al. 2011) betragen. Ergänzt ist das Diagramm um das mittlerweile allgemein akzeptierte Zwei-Grad-Ziel der EU, das an der Untergrenze der Temperaturprojektionen liegt, sowie um eine kompilierende Bewertung der sich nach IPCC (2007a) und Smith et al. (2009) ergebenden Risikobereiche für mögliche Auswirkungen der globalen Erwärmung (Stock 2010) (Kasten).

Abb. 2.6: Diagramm der mittleren globalen Erwärmung, beobachtet 1900–2000 und Projektionen bis 2100 nach den Emissionsszenarien B1, A1B, A2 und (ergänzt) A1FI



Quellen: Stock 2010: 18 (auf Basis von IPCC 2007d: 14; IPCC 2007a: 16); Smith et al. 2009: 4134

Das Zwei-Grad-Ziel ist ein Kompromiss zwischen dem, was nach Expertenabschätzungen noch erreichbar ist, und dem, was wegen zu hoher Risiken inakzeptabel erscheint (Rahmstorf, Schellnhuber 2006). In diesem Bereich ergeben sich für Deutschland und Europa gute Möglichkeiten der Anpassung, d. h. Vermeidung erhöhter Risiken, aber auch

Einige Argumente von Klimaskeptikern im Licht der Klimaforschung

Als „Klimaskeptiker" werden Personen bezeichnet, die entweder den Klimawandel infrage stellen (solche findet man inzwischen kaum noch) oder den menschlichen Einfluss darauf bestreiten oder für irrelevant halten oder aber die Folgen im Vergleich zu Nachteilen des Klimaschutzes für nicht relevant halten. Viele Argumente weisen auf vermeintliche Unstimmigkeiten zwischen verschiedenen gemessenen und berechneten Daten hin, wie gegenläufige lokale und globale Trendaussagen, die sich ohne umfassende Detail- und Sachkenntnis kaum widerlegen lassen. Vor diesem Hintergrund werden im Folgenden Beispiele für einige grundsätzliche Argumente der Klimaskeptiker gegeben (kursiv) und diesen die aktuellen Kenntnisse der Klimaforschung gegenübergestellt:

1. *Das Klima hat sich in der Erdgeschichte auch ohne menschliches Zutun ständig geändert.*

   Das stimmt, ist aber kein Beleg dafür, dass es sich auch heute ohne den Menschen ändert. Außerdem fällt auf, dass es sich heute etwa zehnmal schneller ändert, als dies zumindest während der letzten zehntausend Jahre der Fall war, ein Hinweis auf nicht natürliche Ursachen in dieser Periode relativ stabilen Klimas (IPCC 2007b: WG1, Chapter 6).

2. *In früheren Zeiten, wie dem Klimaoptimum im Mittelalter, war es bereits wärmer als heute*

   Das ist falsch und Grafiken, die dies belegen sollen, sind entsprechend manipuliert. Mittlerweile gibt es eine große Zahl unabhängiger Rekonstruktionen historischer Temperaturen z. B. aus Sedimenten, Baumringen oder Eisbohrkernen. Diese zeigen zwar auch historische Wärmeoptima an einigen Orten, belegen aber in ihrer Gesamtheit die herausragende überregionale Temperaturerhöhung, die gegenwärtig zu beobachten ist (Näheres s. Rahmstorf 2007).

3. *Für eine dominierende Rolle des Kohlendioxids im aktuellen Klimageschehen gibt es keinen direkten Beweis, sondern nur eine indirekte Herleitung: Man glaubt, alle anderen Ursachen für die in den vergangenen 30 Jahren beobachtete Erderwärmung ausschließen zu können.*

   Das ist so nicht richtig. Die Wärme absorbierenden Strahlungseigenschaften von Kohlendioxid, bekannt als Treibhauseffekt, sind lange bekannt und experimentell nachgewiesen (s. Kap. 2.2). Der berechnete Einfluss von CO_2 und anderen Treibhausgasen auf die globale Erwärmung ergibt die beste Erklärung für die beobachteten Daten der Erwärmung unter Berücksichtigung der anderen beteiligten Einflüsse, wie dem verstärkenden Effekt von Wasserdampf (Näheres s. UBA 2010a).

4. *Die Sonne ist die Ursache für Klimaänderungen.*

   Es stimmt, dass die Sonne die wichtigste Ursache für Klimaänderungen ist, aber ihr Einfluss auf die Temperatur an der Erdoberfläche hängt von einer Reihe anderer Einflussfaktoren ab. Insbesondere für die außergewöhnlich starke Temperaturzunahme in den letzten drei Jahrzehnten kann man die Sonne kaum verantwortlich machen, da die Sonnenaktivität im Mittel etwa gleich geblieben ist (Näheres s. z. B. NASA 2004).

5. *Warmzeiten waren für Menschen und alle Lebensformen vorteilhaft, und auch jetzt bedeutet der Temperaturanstieg zusammen mit mehr CO_2 Vorteile, z. B. für das Pflanzenwachstum.*

   Temperaturänderungen beeinflussen u. a. die Verbreitungen von Arten, da diese an bestimmte Klimate optimal angepasst sind. Bei zu raschen oder zu starken Klimaänderungen stößt diese Anpassung bzw. eine Artenwanderung an Grenzen. Beispielsweise beobachtet man bei Getreide und Mais in tropischen Breiten Ertragseinbußen, in den gemäßigten Breiten hingegen noch Ertragssteigerungen. Bei weiterer Erwärmung werden aber auch hier Einbußen erwartet. Für Landpflanzen ist mehr CO_2 in der Luft eher vorteilhaft, im Wasser bildet es allerdings eine Säure, die sich beispielsweise schon heute schädlich auf Korallen auswirkt.

   Eine noch ausführlichere Auseinandersetzung mit Argumenten der Klimaskeptiker findet sich unter Rahmstorf 2009.

Nutzung von Chancen. Einige Regionen auf der Welt, wie die kleinen Inselstaaten, sehen das Risiko auch beim Zwei-Grad-Ziel noch als zu hoch für sie an, da sie bereits unter zunehmenden Überschwemmungen infolge von Meeresspiegelanstieg und Sturmfluten zu leiden haben.

Die derzeitig erreichte globale Erwärmung von nahezu 0,9 °C gegenüber dem vorindustriellen Niveau ist nach dem Stand der Forschung zum überwiegenden Teil auf die Erhöhung des Treibhauseffekts infolge anthropogener Emissionen von Treibhausgasen zurückzuführen. Bereits bei diesem Zwischenstand im Klimawandel gibt es eine Fülle von Beobachtungsdaten zu regionalen Veränderungen des Klimas weltweit mit daraus resultierenden physikalischen, geologischen und biologischen Folgewirkungen. Aus den beobachteten Änderungen von Temperatur und Niederschlag lassen sich Verschiebungen der Klimazonen der Erde aufzeigen. Die Änderungen der Klimazonen im Zeitraum 1986–2000 im Vergleich zu 1901–2000 entsprechen rund 5 % der Gesamtkontinentalfläche. Diese Änderungen sind bezogen auf den nur kurzen Teilzeitraum beträchtlich und für einzelne Klimatypen fallen sie sogar noch deutlicher aus. Zum Beispiel haben im Teilzeitraum 1986–2000 die Wüstengebiete um ca. 240 km² pro Tag zugenommen, die Tundrengebiete dagegen haben sich um 325 km² pro Tag verringert (Gerstengarbe, Werner 2007). Der letzte Bericht des IPCC (IPCC 2007a) enthält auch eine Fülle von Daten zu bereits dokumentierten Folgen der Erwärmung im Zeitraum 1970–2004. Neben Meeresspiegelanstieg, Schmelze bei Gletschern, Meer- und Inlandeis, auftauenden Permafrostböden und vielen Veränderungen in Flora und Fauna sind auch bei extremen Wetterphänomenen Trends zu verzeichnen, die mit der beobachteten Erwärmung konsistent sind. Es betrifft zunehmende Temperaturextreme, Hitze- und Dürreperioden, zunehmende Starkniederschläge in vielen Regionen der Erde sowie Stürme. Hierzu gibt es auch einen Spezialbericht zu Extremereignissen (IPCC 2012a). Die Münchener Rückversicherung berichtet in ihren Jahresrückblicken zu Naturkatastrophen über den Anstieg der Anzahl und Auswirkungen von Extremereignissen mit meteorologischen, hydrologischen und schleichenden klimatologischen Ursachen (beispielhaft: MunichRe 2010). Auch wenn nichtklimatische Faktoren gerade beim Schadensausmaß eine wichtige Rolle spielen und sich einzelne Katastrophen kaum direkt auf klimatische Veränderungen zurückführen lassen, gibt es im Gesamtbild viele Indizien für die zunehmende Rolle des Klimawandels. Es wird daher erwartet, dass sich die meisten Trends entsprechend der weiter zunehmenden Erwärmung zukünftig fortsetzen werden.

2.8 Vom globalen Klimawandel zu regionalen Klimaänderungen

Nur durch sorgfältige Datenerhebungen und Datenanalysen mithilfe von Computermodellen hat man eine Möglichkeit, die nichtlineare Dynamik komplexer Systeme wie des Klimasystems zu verstehen und auf dieser Basis zukünftig zu erwartende Entwicklungen abzuschätzen. Neben den aus verschiedenen Quellen wie Eisbohrkernen, Sedimenten, Fossilien, Baumringen etc. rekonstruierten Temperaturdaten der Vergangenheit haben Computermodelle des Klimasystems wesentliche Erkenntnisgewinne gebracht. Mit den Fortschritten bei der Modellierung der atmosphärischen Zirkulation und der Menge und Qualität von Beobachtungen wurden seit den 1960er Jahren auch die Auswirkungen der aktuell sich verändernden atmosphärischen Zusammensetzung auf die Zirkulation und das Klima mit zunehmender Genauigkeit bis in regionale Raumdimensionen berechenbar. Die damit auch zunehmenden Erkenntnisse über mögliche schädliche Auswirkungen des Klimawandels erzeugten einen starken Druck zur Weiterentwicklung von Klima- und Klimawirkungsmodellen. Aktuell werden mehr als 20 verschiedene global rechnende Klimamodelle betrieben.

Für die Frage möglicher Auswirkungen sind neben schleichenden vor allem Veränderungen des lokalen und regionalen Extremwetters von Interesse. Solche kleinräumigen Effekte können angenähert besser mithilfe von mit höherer regionaler Auflösung rechnenden Klimamodellen ermittelt werden, von denen es mittlerweile ebenfalls eine größere Anzahl gibt. Diese sog. Regionalmodelle benötigen i. d. R. als Grundlage die Rechenergebnisse eines global rechnenden Modells. Deren Ergebnisse sind daher grundsätzlich auch ähnlich wie diejenigen des „antreibenden" Globalmodells. Diese Modelle weisen eigene Bandbreiten in den Ergebnissen auf, sodass sich die Bandbreiten der Szenarien und der Globalmodelle zu denen der Regionalmodelle nach den Fehlerfortpflanzungsgesetzen addieren (s. Kap. 4). Man versucht, die Unsicherheiten der Modellrechnungen, global sowie regional, für zurückliegende Zeitabschnitte durch eine Validierung mit Beobachtungsdaten und eine darauf basierende sog. Aneichung zu reduzieren. Dies hat aber enge Grenzen insbesondere für Ereignisse mit geringer Wahrscheinlichkeit. Langfristprojektionen der Klimaentwicklung über mehrere Dekaden hinweg weisen aus den o. a. Gründen eine gewisse Bandbreite auf. Um Praktikern ein Vertrauen in die Berechnungen der Zukunft zu vermitteln, ist es zum einen erforderlich, die Bandbreiten zu den Klimaprojektionen quantitativ einschätzbar zu machen und mit den Bandbreiten anderer Größen abzugleichen. Zum anderen ist der Bezug zu vorhandenen praktischen Erfahrungen aus der Vergangenheit zu ziehen, wo die Statistik ebenfalls Bandbreiten liefert. Eine beschreibende Übersicht der in Deutschland eingesetzten Regionalmodelle und ihrer Ergebnisse vermittelt eine „Leseanleitung" (Walkenhorst, Stock 2009).

Die Frage, wie der Klimawandel sich in einer Region entwickeln und auswirken wird, zielt hauptsächlich darauf, wie und wo man sich bei fachübergreifender oder fachlicher Planung auf mögliche Auswirkungen einstellen kann, z. B. welche Maßnahmen der Anpassung an möglicherweise veränderte Klimakenngrößen sinnvoll und machbar sind. Bisher gründen derartige Planungen auf Erfahrungen aus der Vergangenheit, d. h. beispielsweise auf die aus Beobachtungsdaten statistisch ermittelte Häufigkeit bestimmter Einzelereignisse. Implizit beruht dieses Vorgehen auf der Annahme, dass das Klima sich nicht verändert bzw. eine Veränderung keinen signifikanten Einfluss auf Extremereignisse hat. Mittlerweile häufen sich jedoch die Indizien und wissenschaftlichen Hinweise auf den Einfluss des Klimawandels auf wetterbedingte Extremereignisse und Naturgefahren. Will man dies in Planungen berücksichtigen, braucht es neben dem weiterhin wichtigen Blick zurück in die Vergangenheit den ergänzenden Blick in die Zukunft. Dazu dienen die Regionalmodel-

le, um den Einfluss von Strahlungsänderungen auf das Klima einer Region zu berechnen. Bei Aussagen zu schleichenden Veränderungen der Mittelwerte von Temperatur, Niederschlag und einigen anderen Klima-(nicht Wetter-!)Kenngrößen ist dies noch verhältnismäßig einfach. Schwieriger, d. h. unsicherer wird es bei der Klimavariabilität oder den Extremen, bei diesen umso mehr, je seltener sie auftreten. Man versucht dieses Problem in den letzten Jahren mit steigender Computerleistung anzugehen, indem anstelle eines einzelnen Rechenlaufes, einer sog. Realisierung als Repräsentation der Zukunft, ansatzweise eine Statistik für die Zukunft aus einer Vielzahl von verschiedenen Rechenläufen (Realisierungen) hergeleitet wird.

2.9 Der Klimawandel in Europa

Die zukünftige regionale Klimaentwicklung in Europa und deren Bandbreite wurde im Projekt PRUDENCE untersucht (Christensen et al. 2007; IPCC 2007b: WG1, Kap. 11). Dabei kamen 21 verschiedene Regionale Klimamodelle zum Einsatz, deren Unterschiede in der numerischen Umsetzung der das Klimasystem beschreibenden Gleichungen etwas unterschiedliche Ergebnisse zur Folge haben. Die Unsicherheit bzw. Bandbreite in den Randbedingungen der antreibenden globalen Klimaentwicklung wurde durch verschiedene Globale Klimamodelle vorgegeben. Dieser Multi-Modell-Ansatz erlaubt, die Unsicherheit der berechneten Ergebnisse besser abzuschätzen. Folgende Arten der Unsicherheit werden betrachtet:

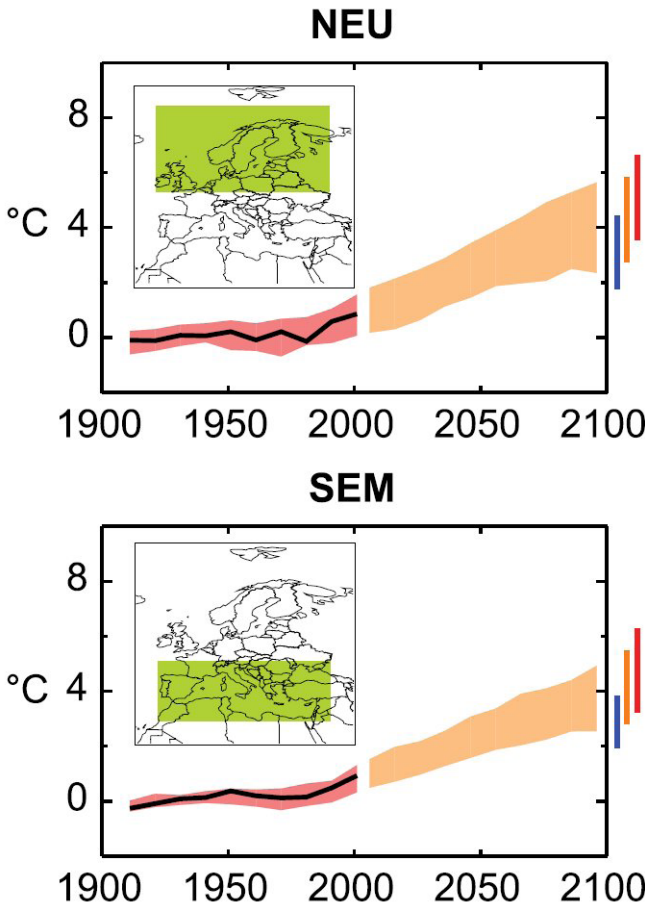
1. Szenarien-Unsicherheit durch verschiedene Pfade möglicher Emissionen von strahlungsaktiven Substanzen (Treibhausgase, Staub, Ruß und Aerosole). Die Spanne der globalen kumulativen CO_2-Emisionen im Zeitraum 1990–2100 beispielsweise erstreckt sich von minimal 750 GtC beim B1-Szenario bis zu über 2500 GtC beim A1FI-Szenario (IPCC 2000).
2. Bandbreiten-Unsicherheit der verschiedenen Globalen Klimamodelle und der in ihnen implementierten Randbedingungen mit unterschiedlich empfindlichen Reaktionen auf die Emissionen der strahlungsaktiven Substanzen.
3. Bandbreiten-Unsicherheit regionaler Umsetzung durch verschiedene Regionale Klimamodelle und verschiedene Rechenläufe (Realisierungen).
4. Stichproben-Unsicherheit durch die willkürliche Auswahl einer Klimaperiode (30–Jahre) als Modellklima sowohl bei der Kontrollrechnung der Vergangenheit (1961–1990) als auch bei der Simulationsrechnung des zukünftigen Klimas.

Abbildung 2.7 zeigt die Entwicklung der Jahresmitteltemperatur an der Erdoberfläche in Europa gegenüber 1901 bis 1950 für Nord- und Südeuropa im Zeitraum 1906 bis 2005 beobachtet (schwarze Linie) und mit Multi-Modell-Simulationen berechnet, für die Vergangenheit (rotes Band) und die Zukunftsszenarien im Zeitraum 2006 bis 2100: B1 (blauer Balken), A1B (orangefarbenes Band) und A2 (roter Balken). Die beobachtete Temperaturentwicklung im 20. Jahrhundert wurde von den Modellsimulationen gut wiedergegeben.

Im jetzigen Jahrhundert ergeben die Simulationsrechnungen für Nordeuropa (NEU) und Südeuropa/Mediterran (SEM) folgende Entwicklungen der Jahresmitteltemperatur für das A1B-Szenario:

- NEU-A1B (2080–2099): +2,3 °C bis +5,3 °C gegenüber (1989–1999)
- SEM-A1B (2080–2099): +2,2 °C bis +5,1 °C gegenüber (1989–1999)

Abb. 2.7: Abweichungen der Jahresmitteltemperatur gegenüber 1901 bis 1950 für Nordeuropa (NEU) und Südeuropa/Mediterran (SEM)



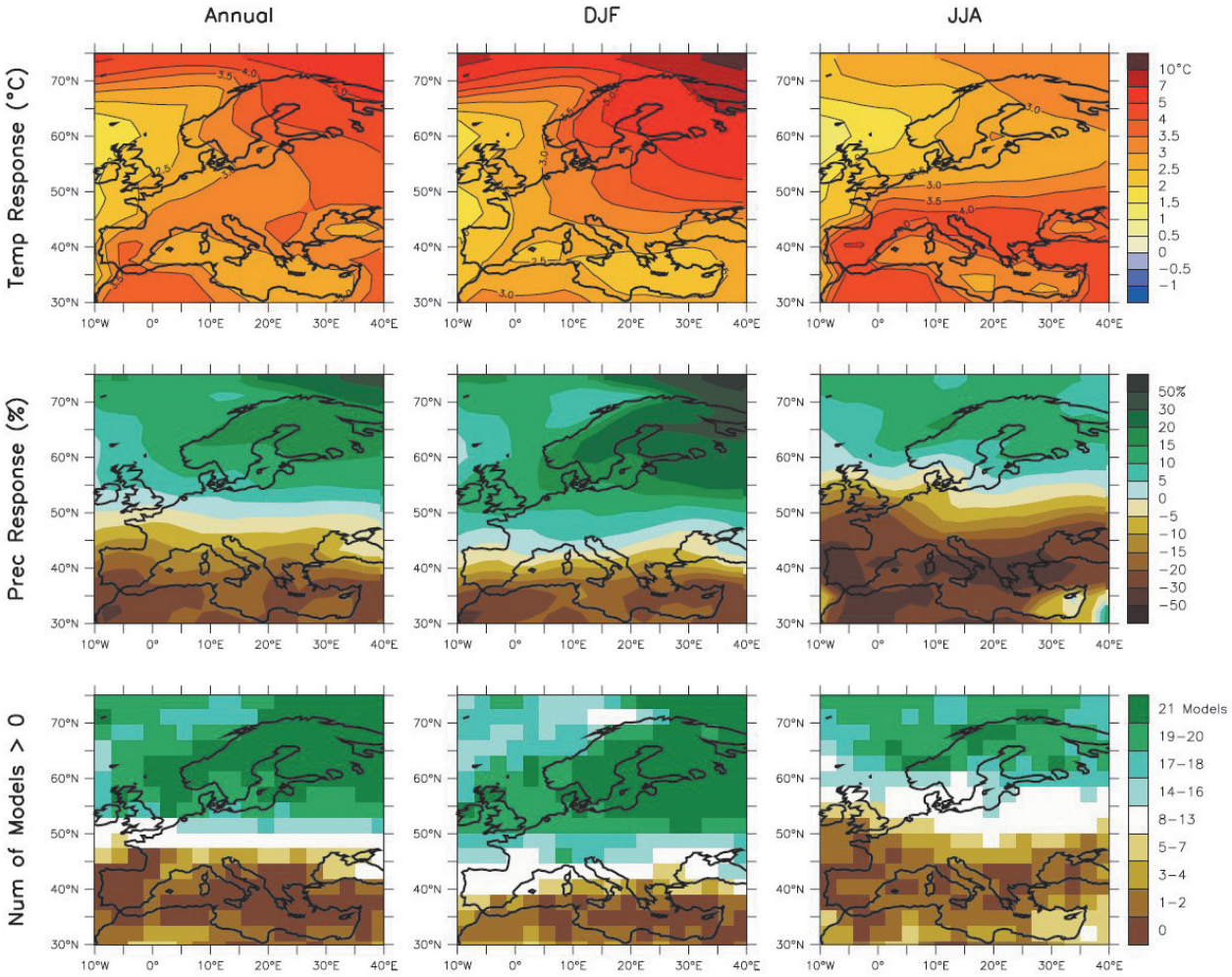
Quelle: IPCC 2007b: 874

Der Temperaturanstieg in Europa liegt damit voraussichtlich über dem globalen Mittel. In Nordeuropa ist die Erwärmung im Winter etwas stärker und im Mittelmeerraum im Sommer, wie Abb. 2.8 zeigt. Die Veränderungen im Zeitraum 2080–2099 stehen in Relation zum Zeitraum 1980–1999. In der oberen Reihe ist die Verteilung der Temperaturdifferenz in °C dargestellt, links im Jahr, in der Mitte in den Winter- (DJF) und rechts in den Sommermonaten (JJA). In der mittleren Reihe desgleichen für die Niederschlagsabweichung in % und darunter die Anzahl der Regionalmodelle, die regional eine Niederschlagszunahme berechnen. Die Unterschiede zwischen Nord- und Südeuropa sind bei den Niederschlägen noch ausgeprägter. Deutschland liegt mit seiner klimatischen Entwicklung dazwischen. Während die Jahresniederschläge im Mittel sehr wahrscheinlich in Nordeuropa zunehmen werden, ist in Südeuropa und im Mediterranen Raum eine deutliche Abnahme zu erwarten. In Mitteleuropa, d. h. auch für Deutschland, sind im Winter voraussichtlich zunehmende und im Sommer abnehmende Niederschläge zu erwarten. Die Simulationsrechnungen zeigen ferner, dass die Extreme des täglichen Niederschlags sehr voraussichtlich im nördlichen Europa zunehmen werden, während die Anzahl der jährlichen Tage mit Niederschlag im Mittelmeerraum nach den vorliegenden Projektionen abnehmen wird.

In Mitteleuropa und dem Mittelmeerraum steigt die Wahrscheinlichkeit von Dürreperioden im Sommer. Für Europa insgesamt ist voraussichtlich eine Verkürzung der Schneesaison zu erwarten, meist verbunden mit abnehmenden Schneehöhen.

Bei diesen Wahrscheinlichkeitsaussagen ist zu beachten, dass die Unterschiede zwischen verschiedenen Jahren und den jeweiligen Extremen sehr groß sind und i. d. R. deutlich über den Veränderungen der Mittelwerte liegen können. Für Mitteleuropa und Deutschland kann dies heißen, dass die Variabilität des Klimas und seiner Dynamik zwischen dem Typ Nordeuropa und dem Typ Mediterran pendeln kann. Diese Unsicherheit zeigt sich auch in Abb. 2.8 (untere Reihe) in den Unterschieden, mit denen die verschiedenen Regionalmodelle eine Zu- oder Abnahme des Niederschlags simulieren.

Abb. 2.8: Veränderungen von Temperatur und Niederschlag in Europa im Multi-Modell-Mittel aus 21 Regionalen Klimamodellen für das A1B-Szenario des IPCC



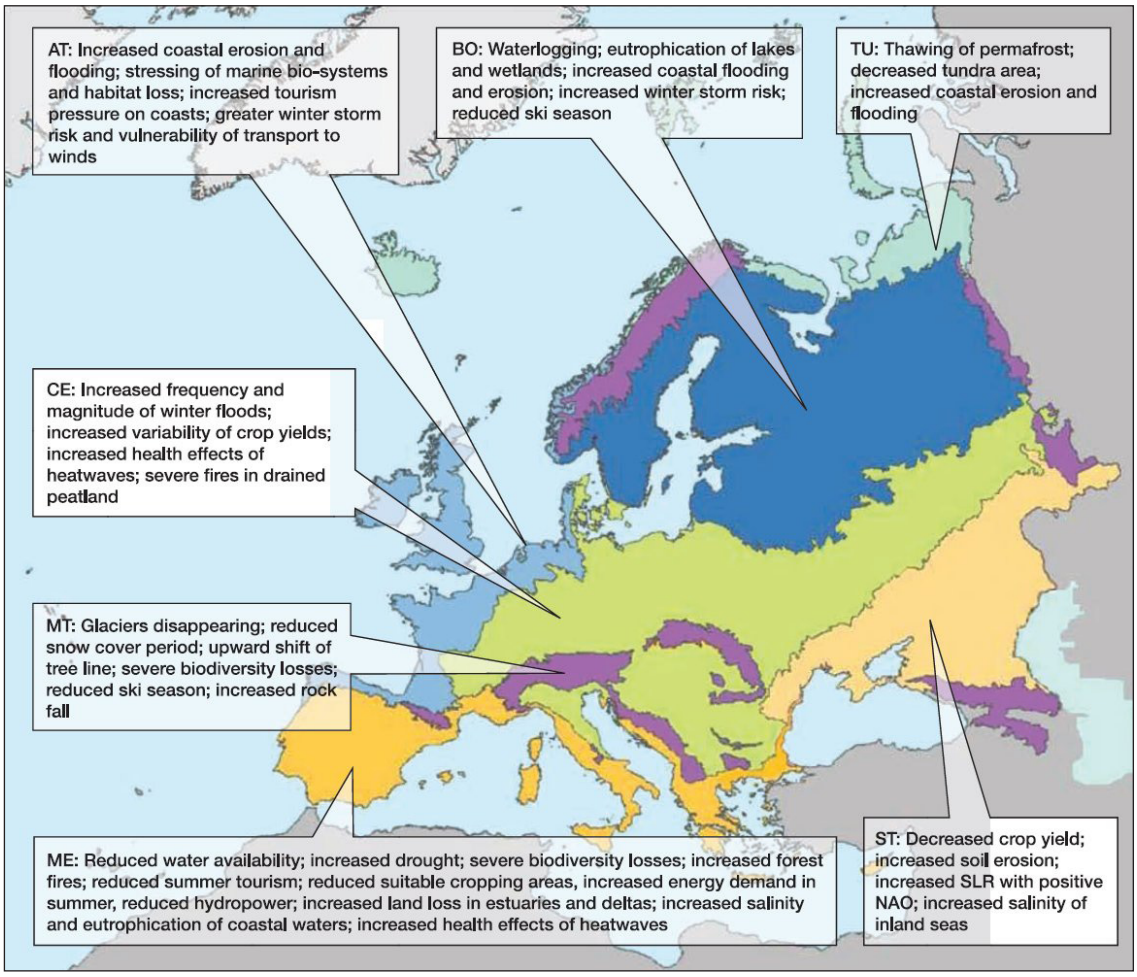
Quelle: IPCC 2007b: 875

Die zukünftig zu erwartenden Veränderungen anderer Klimaparameter wie z. B. Windgeschwindigkeit sind mit noch größerer Unsicherheit behaftet als beim Niederschlag. Einige Studien erwarten zu-, andere abnehmende Windgeschwindigkeiten, die außerdem geographisch und jahreszeitlich sehr stark variieren. Ohne zusätzliche Erkenntnisse können insofern allein auf der Basis von Klimamodellen noch keine belastbaren Einschätzungen vorgenommen werden.

2.10 Mögliche Auswirkungen des Klimawandels in Europa

Über die Auswirkungen des Klimawandels in Europa gibt es ein große Zahl und eine gewisse Bandbreite an Forschungsergebnissen, die die Arbeitsgruppe 2 des IPCC ausgewertet und in Kap. 12 ihres Berichtes zusammengefasst hat (IPCC 2007a). Eine geographisch zugeordnete Übersicht der wichtigsten erwarteten Auswirkungen zeigt Abb. 2.9.

Abb. 2.9: Erwartete Auswirkungen des Klimawandels auf Systeme und Sektoren in Europa im 21. Jahrhundert



Unterschiede ergeben sich für verschiedene biogeographische Regionen: AT = Atlantik, BO = Boreal, CE = Central, ME = Mediterran (mit Schwarzmeerküste), MT = Montan, Gebirgsregionen, ST = Steppe, TU = Tundra.

Quelle: IPCC 2007a: 558 (nach Daten der European Environmental Agency 2004)

Nach der Analyse des IPCC kann man mit großer Sicherheit von einer Zunahme der meisten Naturgefahren und erheblichen schleichenden Veränderungen im Natur- und Wasserhaushalt in Europa ausgehen, allerdings mit starken geographischen und regionalen Unterschieden:

- Winterhochwasser werden voraussichtlich in maritimen Regionen zunehmen.
- Bevorzugt im Sommer werden voraussichtlich europaweit lokale Starkniederschlagsfluten in Tieflagen und Sturzfluten in Hanglagen zunehmen. Eine deutliche Zunahme der Intensität täglicher Starkniederschlagsereignisse tritt auch in Regionen mit im Mittel abnehmendem Niederschlag auf (Christensen, Christensen 2003; Giorgi et al. 2004).
- An den Küsten werden Sturmfluten infolge steigenden Meeresspiegels und möglicherweise zunehmender Sturmstärke wahrscheinlich zusätzlich 1,6 Millionen Menschen pro Jahr gefährden.

- Wärmere und trockenere klimatische Bedingungen werden voraussichtlich zu längeren und extremeren Dürreperioden führen, verbunden mit längeren Zeiten erhöhter Brandgefahr.
- In Bergregionen ist mit einer Zunahme von Steinschlag und Hangrutschungen infolge von Destabilisierung von Felswänden und Auftauen von Permafrost zu rechnen.
- Ohne Anpassungsmaßnahmen ist zu erwarten, dass Gesundheitsgefahren zunehmen werden, beispielsweise durch häufigere Hitzeperioden, insbesondere in Zentral- und Südeuropa, durch Überschwemmungen und durch Infektionskrankheiten.
- Wasserprobleme und Wasserstress werden mit hoher Wahrscheinlichkeit in Zentral-, Ost- und Südeuropa zunehmend größere Flächen und mehr Menschen betreffen. Damit sind im Energiesektor auch abnehmende Potenziale für Wasserkraft und Wasserkühlung verbunden.

2.11 Der bisherige Klimawandel in Deutschland

Das Klima in Deutschland hat sich in der Vergangenheit bereits geändert und diese Daten werden zur Validierung der Klimamodelle verwendet, die die zukünftige Klimaentwicklung simulieren. Die zukünftigen Veränderungen beziehen sich, wenn nicht anders angegeben, auf die Klimanormalperiode 1961–1990. Während es im 19. Jahrhundert zu einer Abnahme der Durchschnittstemperatur um 0,9 °C kam, stieg die Durchschnittstemperatur im 20. Jahrhundert um knapp 0,9 °C, insbesondere im Südwesten Deutschlands. Die Dekade 1990–1999 war die wärmste im 20. Jahrhundert überhaupt und wurde noch übertroffen durch die folgende Dekade 2000–2009. Im vergangenen Jahrhundert wurde ein Anstieg der jährlichen Niederschlagsmenge um ca. 9 % (Gebietsmittel) beobachtet, wobei in 11 der letzten 15 Jahre überdurchschnittlich viel Niederschlag fiel. Diese Niederschlagszunahme ist im Frühjahr besonders deutlich, im Sommer ist hingegen kein wesentlicher Trend zu beobachten. Entscheidender ist die beobachtete Änderung der Verteilung der Sommerniederschläge: geringe Mengen im Juli und August werden ausgeglichen durch verstärkte Niederschläge im Juni. Die Winterniederschläge nahmen im 20. Jahrhundert um etwa 20 % zu, allerdings statistisch nicht signifikant. Die Niederschlagsänderung ist regional sehr unterschiedlich: In Westdeutschland ist eine Zunahme über das gesamte Jahr zu beobachten, während in den östlichen Bundesländern die Zunahme im Winterhalbjahr durch eine Abnahme im Sommerhalbjahr in etwa ausgeglichen wird. In Bezug auf die Windgeschwindigkeit ist kein Trend zu beobachten.

2.12 Entwicklung regionaler Klimaszenarien für Deutschland

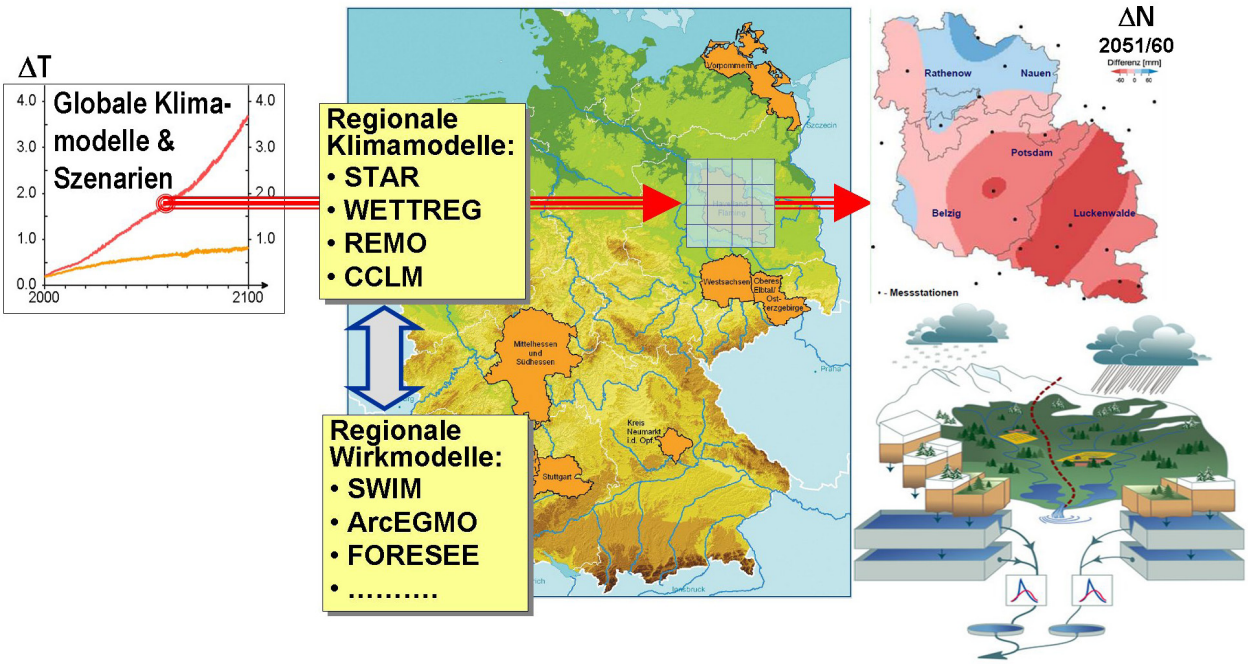
Bei der Entwicklung regionaler Klimaszenarien für die zukünftige Entwicklung des Klimas in Deutschland wird verfahren wie zuvor für Europa vorgestellt. In Deutschland werden v. a. folgende vier Regionale Klimamodelle eingesetzt:

- CCLM: Climate Limited-area Modeling Community (CLM Community 2012)
- REMO: MPI Hamburg (Jacob et al. 2008)
- STAR: PIK Potsdam (Orlowsky et al. 2008)
- WETTREG: CEC Potsdam (Spekat et al. 2007)

Alle Regionalmodelle mit Ausnahme von STAR benötigen ein Globales Klimamodell (GCM) als externen Antrieb für die Klimaänderungsinformation. Bei den hier vorgestellten Ergebnissen wurde ein Lauf des Hamburger GCM ECHAM5 verwendet. Demgegenüber

wäre ein Multimodellantrieb wie bei den Analysen für Europa besser geeignet, um die Übertragung möglicher Fehler von einem Modelllauf auf die Regionalmodelle zu korrigieren. STAR vermeidet dies, indem ein Temperaturtrend vorgegeben wird, wie er sich beispielsweise aus einer Multimodellrechnung mit Globalmodellen für Deutschland ergibt. Abbildung 2.10 zeigt das Vorgehen einer Regionalisierung der Klimaänderung schematisch für die westlich an Berlin angrenzende Region Havelland-Fläming, Modellregion für Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel („KlimaMORO", BMVBS 2010a). Aus der vorgegebenen Temperaturänderung ΔT, berechnet mit einem Globalen Klimamodell für ein ausgewähltes Szenario, wird mithilfe eines regionalen Klimamodells wie z. B. STAR die Veränderung der Klimagrößen, wie hier der mittleren regionalen Jahresniederschläge in den Jahren 2051–2060, berechnet. Die regionalen und lokalen Auswirkungen ergeben sich erst aus der Kopplung der Klimamodelle mit Wirkmodellen, wie z. B. SWIM für Abflüsse, die eine räumlich höher auflösende Eingrenzung der Wirkungen ermöglichen.

Abb. 2.10: Schema der Regionalisierung globaler zu regionalen Klimaszenarien am Beispiel der Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel in der Modellregion Havelland-Fläming



Quelle: Eigene Darstellung (in Anlehnung an Stock 2011: 18)

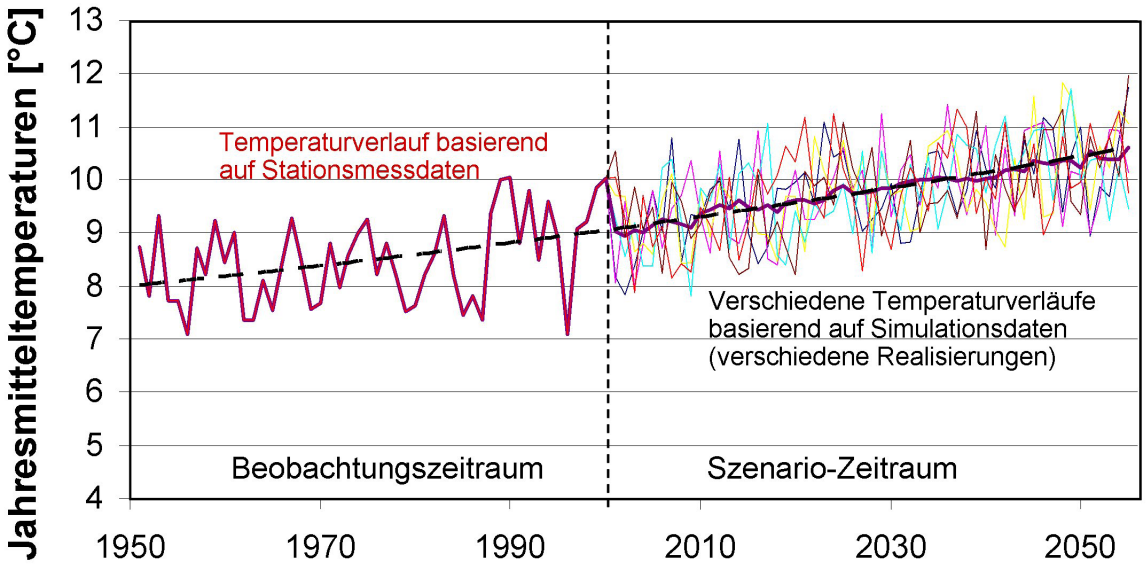
CCLM und REMO sind numerische Regionale Klimamodelle, d. h. s. heißt, sie berechnen wie die Globalen Klimamodelle in Zeitschritten die dynamischen Veränderungen verschiedener Größen für zahlreiche Punkte eines dreidimensionalen Gitters, aber mit höherer Auflösung. STAR und WETTREG sind dagegen statistische Regionale Klimamodelle. Diese analysieren mittels statistischer Verfahren die Beziehungen zwischen den Klimaparametern aus Daten von Klimastationen für vergangene Zeitabschnitte. Das Klima einer Region wird aus den Stationsdaten interpoliert, deren Abstand die räumliche Auflösung bestimmt. Zukünftige Klimaszenarien der Region werden dann auf der Basis dieser statistischen Beziehungen simuliert, wobei die zukünftige Trendentwicklung z. B. der Temperatur aus globalen Modellrechnungen vorgegeben wird (Näheres s. unter Walkenhorst, Stock 2009).

Mit der Regionalisierung der zu erwartenden Klimaänderung beim Übergang von globalen zu regionalen Klimamodellen und Klimaszenarien verbinden sich folgende Vorteile:

1. Höhere räumliche Auflösung der Klimaszenarien zumindest bei den Mittelwerten der Klimagrößen; bei den Extremwerten ist dies aber schwieriger.
2. Bezug zu lokal auftretenden Auswirkungen durch Kopplung mit Geodaten, beobachteten Schäden und Wirkmodellen. Dies liefert i. d. R. erst die wesentlichen Randbedingungen hinsichtlich einer größeren räumlichen Auflösung.
3. Validierung der Simulationsergebnisse von Klimagrößen und Auswirkungen für zurückliegende Zeiträume durch Vergleich mit Beobachtungsdaten.
4. Entwicklung statistischer Aussagen auch für die zukünftige Entwicklung von Klimagrößen und Auswirkungen, insbesondere hinsichtlich der Extremwerte, durch eine große Zahl von verschiedenen Simulationsläufen (Realisierungen) mit statistischen oder dynamischen Regionalmodellen.

Verschiedene Realisierungen zukünftiger Klimaentwicklungen erhält man mit verschiedenen Regionalmodellen oder auch durch leicht unterschiedliche Startbedingungen bei einem Klimamodell. Die sich so beispielsweise beim Modell STAR ergebenden unterschiedlichen Verläufe der Jahresmitteltemperatur zeigt Abb. 2.11.

Abb. 2.11: Verlauf der Jahresmitteltemperatur von 1950 bis 2055 in Brandenburg



Links im Beobachtungszeitraum 1950–2000, rechts verschiedene Realisierungen von Temperaturverläufen für das Szenario A1B im Zeitraum 2001–2055, berechnet mit dem statistischen Regionalmodell STAR.

Quelle: Walkenhorst, Stock 2009: 9 (modifiziert)

Verschiedene Realisierungen für dasselbe Klimaszenario wie A1B, die zu unterschiedlichen Temperaturverläufen führen, lassen sich als Bandbreite zukünftiger Entwicklung der Temperatur interpretieren. Simuliert man mit den Klimamodellen die Entwicklung im Beobachtungszeitraum, so ermöglicht der Vergleich mit den Beobachtungsdaten eine Modellvalidierung. Man ermittelt so die Bandbreiten-Unsicherheit der Modelle.

Für die Projektion der Jahresmitteltemperatur ist die Unsicherheit verhältnismäßig gering, aber für die Entwicklung der Niederschläge und anderer Klimagrößen ist eine deutlich höhere Bandbreite zu erwarten, die hinsichtlich der Extreme noch größer ist als bei der Projektion der Mittelwerte. Beim Modell STAR ist die Validierung bei vielen Klimaparametern gut (Orlowsky et al. 2008). STAR bietet außerdem die Möglichkeit, mit einer großen Zahl von Realisierungen Aussagen statistisch abzusichern. Bei den dynamischen Modellen CCLM und REMO ist dies aufgrund der längeren Rechenzeiten sehr viel aufwendiger. Im Hinblick auf die Simulation von Extremereignissen wird daran gearbeitet, statistische und dynamische Klimamodelle zu kombinieren.

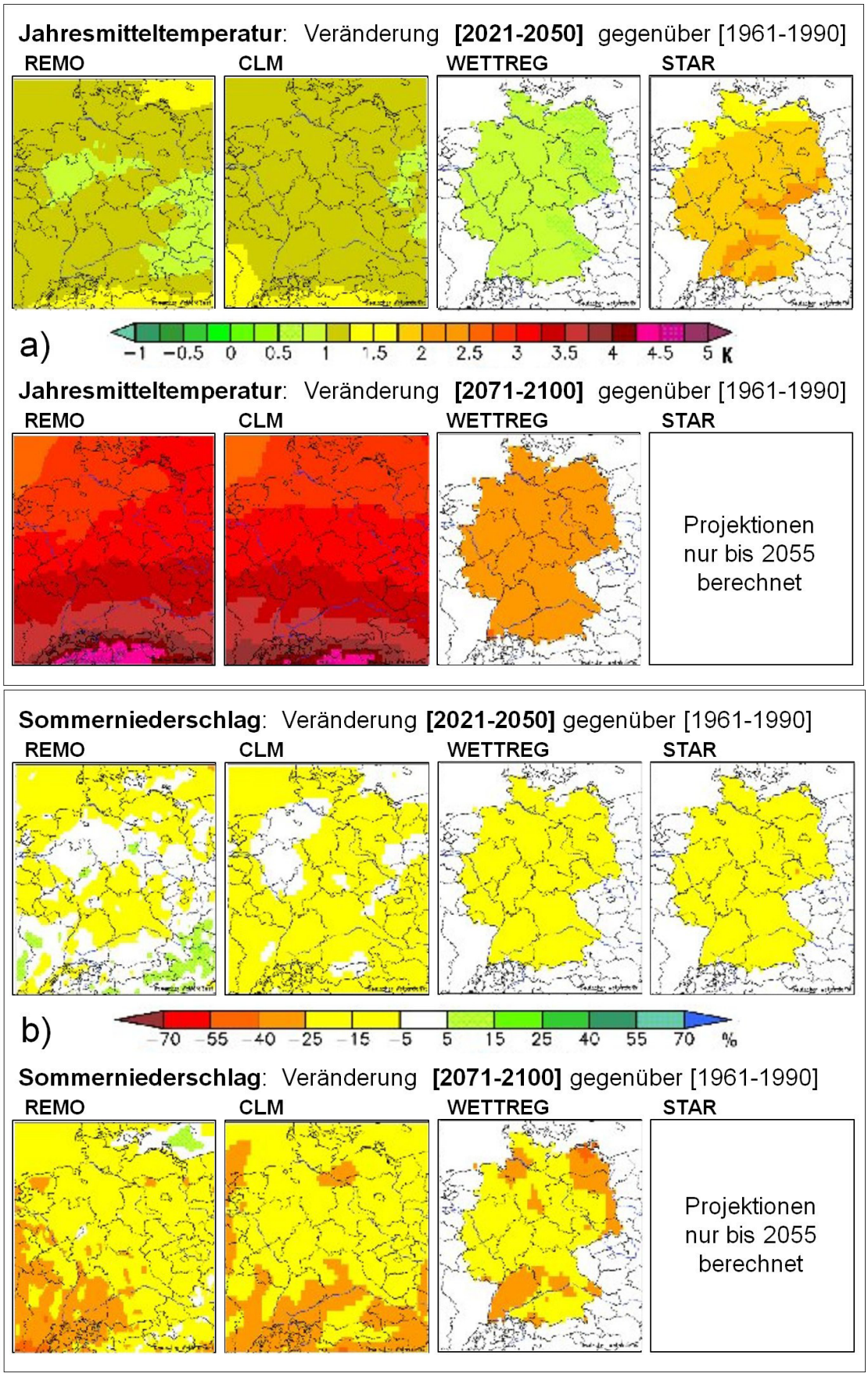
2.13 Szenarien des Klimawandels in Deutschland

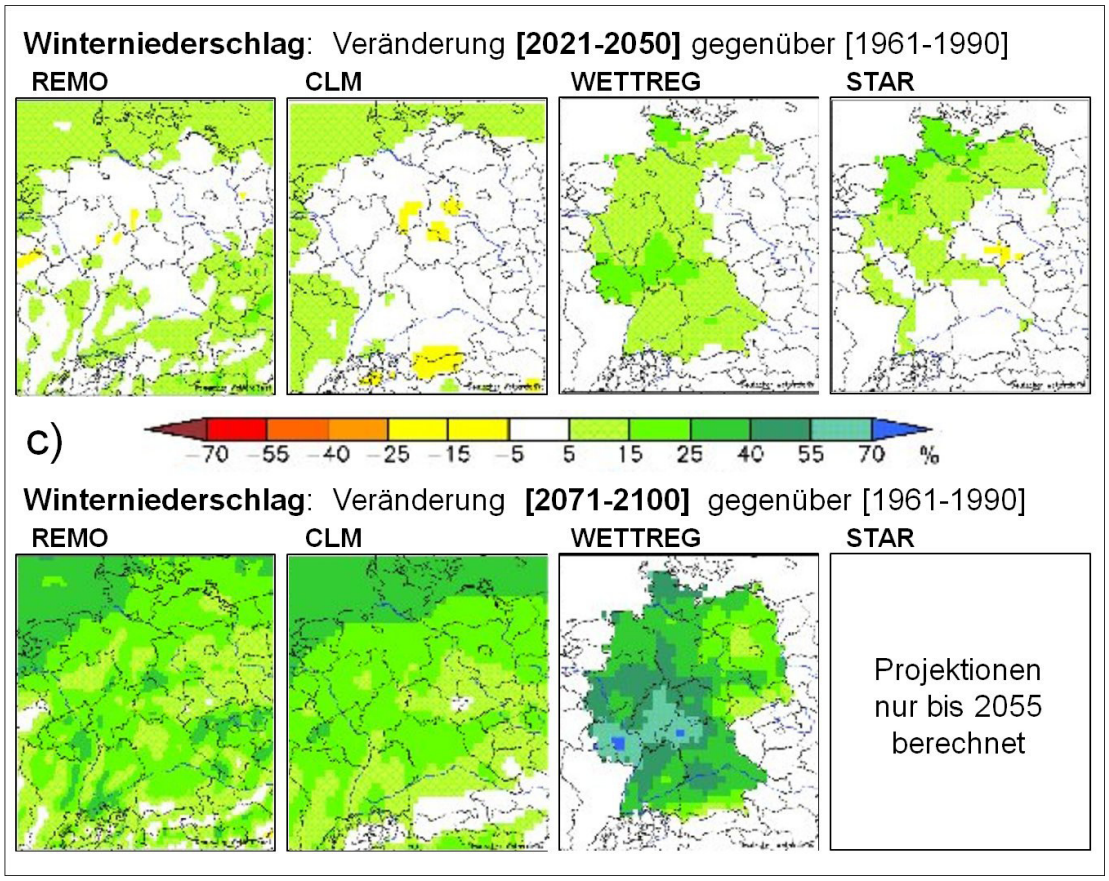
Die Aussagen zu künftigen Klimaänderungen in Deutschland beruhen u. a. auf Projektionen mithilfe der genannten regionalen Klimamodelle REMO, CLM, STAR und WettReg. Abb. 2.12 zeigt einen Vergleich einiger Ergebnisse nach einer Auswertung des Deutschen Wetterdienstes (Bundesregierung 2008) und Abb. 2.13 und 2.14 Ergebnisse des Modells STAR. Aus den Berechnungen der Modelle ergibt sich eine durchschnittliche Erhöhung der Jahresmitteltemperatur zwischen 0,5 und 1,5 °C (2021–2050) bzw. 1,5 bis 3,5 °C (2071–2100) gegenüber 1961–1990 (Szenario A1B). Die Bandbreite dieser Angaben beruht auf der Verwendung unterschiedlicher Emissionsszenarien und der Unterschiede der regionalen Klimamodelle. Die Modelle zeigen z. T. eine nach Süden zunehmende Erwärmung, besonders in den Wintermonaten. Die Niederschlagsmengen bleiben übers Jahr sehr voraussichtlich gleich, allerdings mit einer Verschiebung des Niederschlagszyklus: eine Niederschlagsabnahme im Sommer um bis zu 40 %, im Südwesten Deutschlands evtl. sogar noch mehr, und eine Zunahme im Winter zwischen 0 und 40 %, regional evtl. sogar noch mehr (so das Modell WettReg gegen Ende des Jahrhunderts). Extremereignisse könnten künftig häufiger und intensiver werden, u. a. könnte sich die Anzahl von Sommertagen (T > 25 °C) bis Ende des Jahrhunderts verdoppeln, die Anzahl heißer Tage (T > 30 °C) sogar verdreifachen (vgl. auch Becker 2011; Tomassini, Jacob 2009; Stock et al. 2009).

Auf der Grundlage der Ergebnisse der Klimamodelle können Klimafolgen berechnet werden. In der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (Bundesregierung 2008) wird unterschieden in „Folgen, die durch kontinuierliche Veränderungen hervorgerufen werden (z. B. jahreszeitlich verlagerte Vegetationsperioden, früherer Brutbeginn von Vogelarten in einer Region, langfristige Veränderungen der Grundwasserneubildung oder geringerer Heizaufwand im Winter)“ sowie „Folgen, die durch ein häufigeres und/oder verstärktes Auftreten von extremen Ereignissen bestimmt werden, wie Starkregen, Stürme und Sturmfluten, Hitze- oder lange Trockenperioden. Hierzu gehören auch Waldbrände, Hoch- und Niedrigwasser und Hitzestress“. Außerdem können Klimafolgen aufgrund einer zunehmenden Klimavariabilität auftreten: „Schwankungen des Klimas könnten auch bereits kurzfristig Bedeutung erlangen, z. B. könnten Dürren in kurzer zeitlicher Folge auftreten und die Bewältigungskapazität der Land- und Forstwirtschaft überfordern. Dadurch würde die Anpassungsaufgabe noch komplexer“ (Bundesregierung 2008: 15).

Die dargestellten Ergebnisse verschiedener Modelle beruhen lediglich auf einzelnen Rechenläufen (Realisierungen). Für die Ermittlung insbesondere von niederschlagsbedingten Auswirkungen des Klimawandels erscheint es aber sinnvoll, Rechnungen mit einem Ensemble von Modell- und Rechenläufen zu verwenden, um eine statistische Verteilung der zu erwartenden Niederschläge mit einer möglichst großen Zahl von Rechenläufen bzw. Realisierungen zu erhalten.

Abb. 2.12: Vergleich von Projektionen verschiedener Klimaszenarien und Klimamodelle für Deutschland nach einer Auswertung des DWD

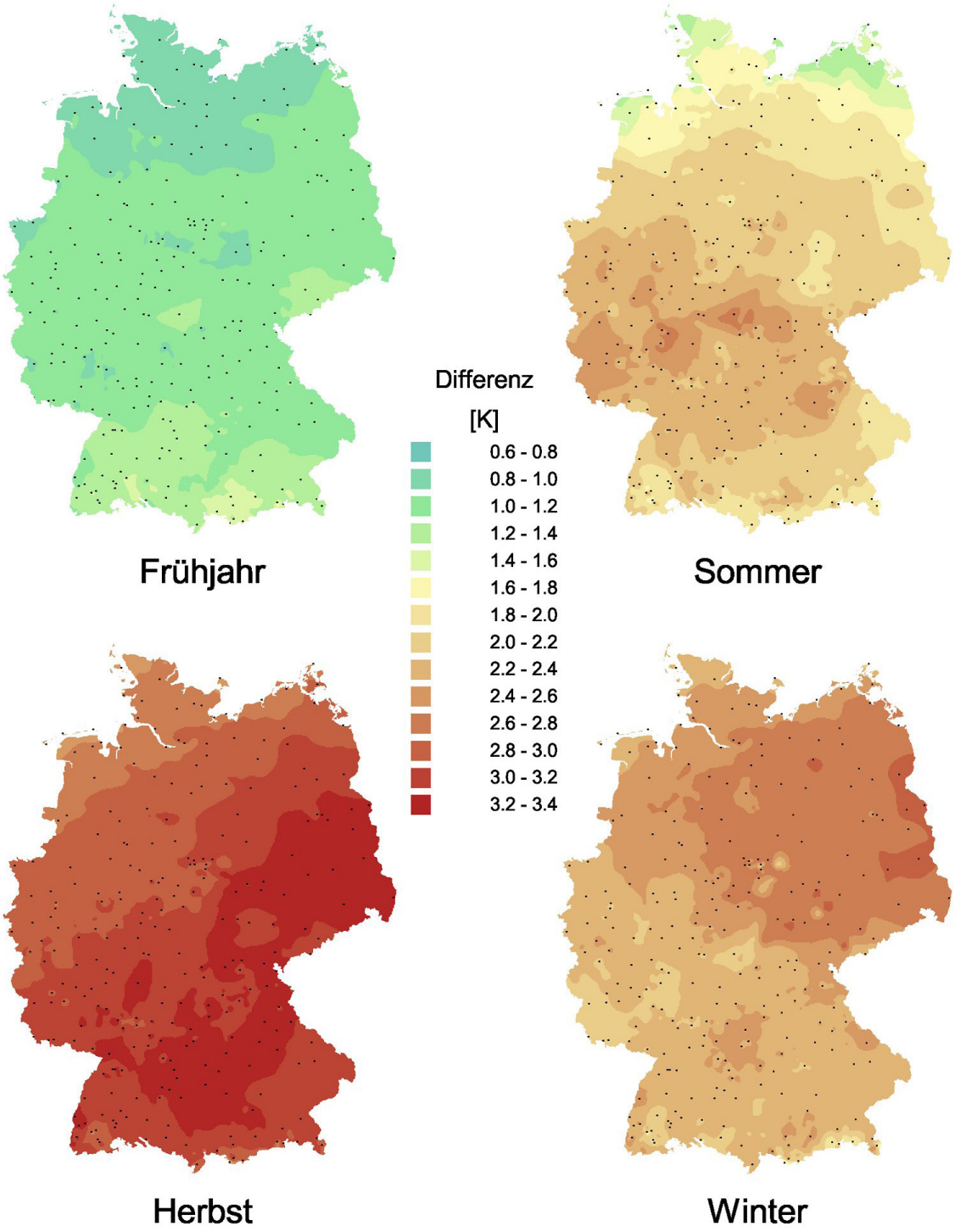




Quelle: Bundesregierung 2008: 11, 12, 13 (verändert)

Hier hat das statistische regionale Klimamodell STAR den Vorteil, dass 100 oder auch bis zu 1000 Realisierungen gerechnet werden können. Damit erhält man für ein Klimaänderungsszenario (A1B) regionale Verteilungswahrscheinlichkeiten für Niederschläge von trockenen bis zu feuchten Realisierungen. Das statistische Regionalmodell STAR liefert regionale Klimaprojektionen für den Zeitraum 1951 bis 2055, mit guter Validierung der Klimaentwicklung im Beobachtungszeitraum und einer Bandbreite von Realisierungen für den Szenario-Zeitraum. Die Abb. 2.13 und 2.14 zeigen Ergebnisse für die saisonale Entwicklung der Mittelwerte von Temperatur und Niederschlag in Deutschland auf der Basis eines A1B-Szenarios (Werner, Gerstengarbe 2007). Die Mittelwerte zeigen eine abgesicherte Projektion, erlauben aber kaum Aussagen zu den Extremwerten und zu Extremereignissen. Die im Jahresmittel regional differenzierte Erwärmung von 1,7 bis 2,4 °C ist im Herbst und Winter stärker als im Frühjahr und Sommer. Das bedeutet beispielsweise eine Ausweitung der Vegetationsperiode sowie eine Veränderung des winterlichen Schnee- und Frostregimes. Ferner ist zu erwarten, dass sich die schon in den letzten Jahrzehnten beobachtete regionale und zeitliche Ungleichverteilung des Niederschlags weiter verstärken wird. Das bringt mehr Niederschlag im Winter und weniger im Sommer bei einer negativen klimatischen Wasserbilanz während der Vegetationsperiode v. a. im Osten Deutschlands. Es deutet sich außerdem an, dass der Trend zu mehr Starkregenereignissen bei abnehmendem Dauer- bzw. Landregen sich weiter fortsetzt. Dies verstärkt Erosionsrisiken und Wasserdefizite.

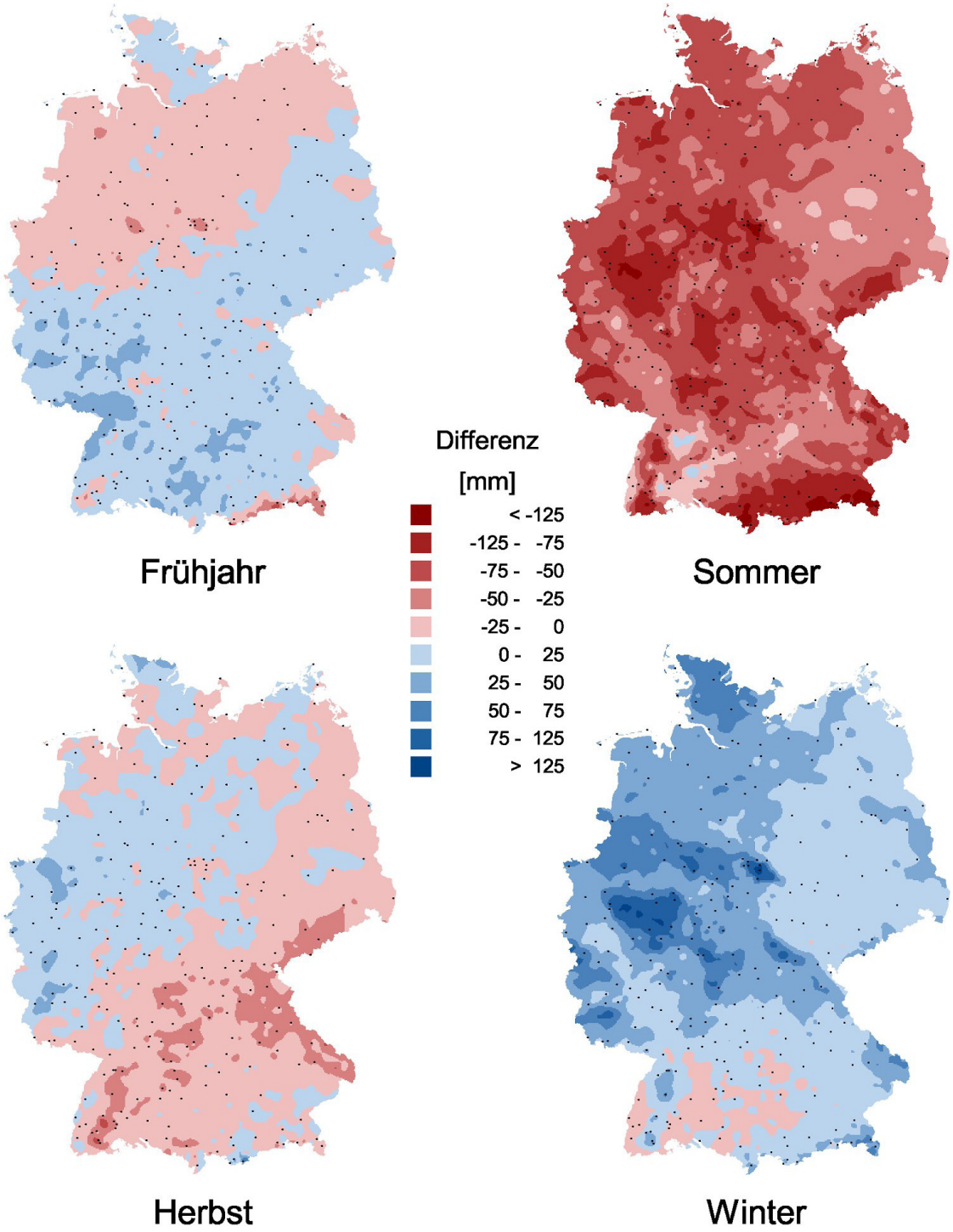
Abb. 2.13: Projizierte Temperaturänderung in Deutschland für die vier Jahreszeiten als Differenz im Jahrzehnt 2046–2055 gegenüber dem Zeitraum 1951–2003



Berechnung mit dem statistischen Regionalmodell STAR, Szenario A1B; Datengrundlage: 2342 Stationen des DWD (schwarze Punkte).

Quelle: Eigene Darstellung (nach Gerstengarbe, Werner 2005; Werner, Gerstengarbe 2007; Stock 2008)

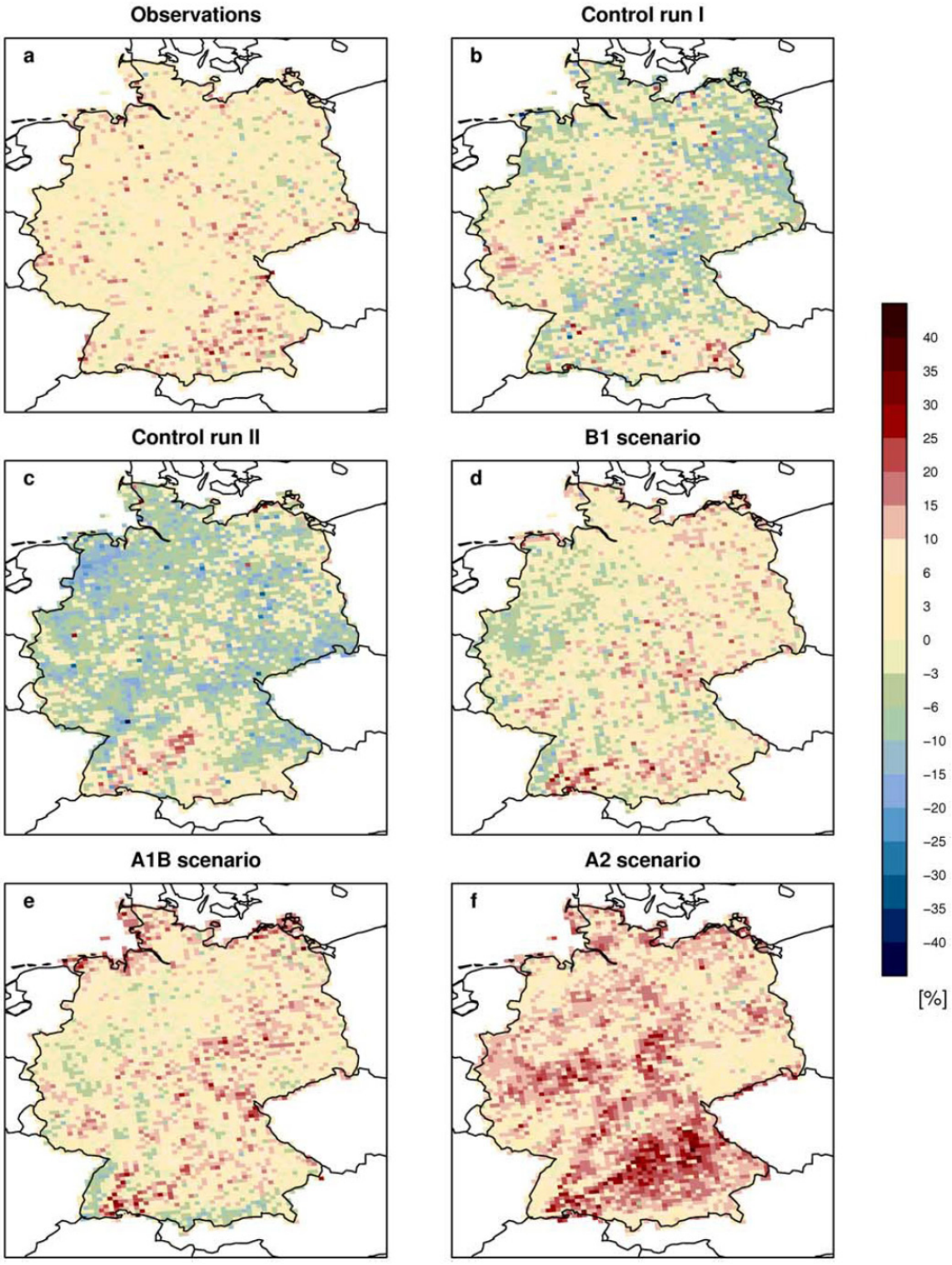
Abb. 2.14: Niederschlagsänderung in Deutschland für die vier Jahreszeiten als Differenz im Jahrzehnt 2046–2055 gegenüber dem Zeitraum 1951–2003



Berechnung mit dem statistischen Regionalmodell STAR, Szenario A1B; Datengrundlage: 2342 Stationen des DWD (schwarze Punkte).

Quelle: Eigene Darstellung (nach Gerstengarbe, Werner 2005; Werner, Gerstengarbe 2007; Stock 2008)

Abb. 2.15: Trends bei Starkniederschlägen als Zunahme in % in extremen Quantilen



Betrachtete Zeiträume: (a) Beobachtung (1961–2004); (b) REMO erster Kontrolllauf (1961–2004); (c) REMO zweiter Kontrolllauf (1961–2004); (d) REMO B1 Szenario (2001–2100); (e) REMO A1B Szenario (2001–2100); (f) REMO A2 Szenario (2001–2100).

Quelle: Tomassini, Jacob 2009: 9

Die vom Modell REMO berechneten Projektionen von Starkniederschlägen zeigt Abb. 2.15. Gegenüber den Beobachtungsdaten für 1961–2004 zeigen beide Kontrollläufe geringere Zunahmen von Starkregenmengen; diese sind aber in beiden Realisierungen unterschiedlich in Menge und geografischer Verteilung. Für eine Statistik braucht man allerdings viele solcher Realisierungen. Bei den zukünftigen Szenarien (2001-2100) steigen die Starkniederschläge umso mehr, je höher die Temperaturzunahme im Szenario ist (B1 < A1B < A2). Dies ist im Einklang mit dem, was man physikalisch erwartet, da bei höherer Temperatur mehr Wasserdampf in der Atmosphäre für Kondensations- und Konvektionsprozesse zur Verfügung steht.

2.14 Von Klimaszenarien zu möglichen Auswirkungen

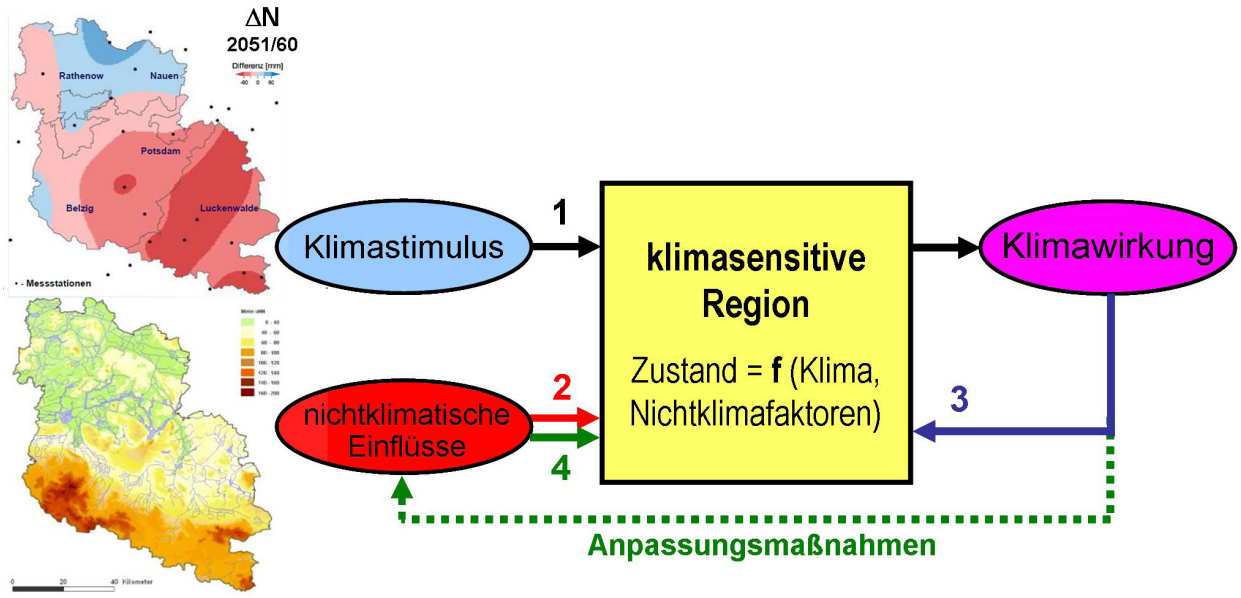
Regionale Klimaszenarien liefern unter Berücksichtigung ihrer Unsicherheiten die Grundlage zur Abschätzung möglicher Auswirkungen des Klimawandels auf regionaler Ebene. Bei dieser Abschätzung spielt auch das Konzept der Vulnerabilität eine herausragende Rolle, das in Kap. 3 näher behandelt wird. Unter Vulnerabilität gegenüber dem Klimawandel wird die Verwundbarkeit eines Systems – z. B. die sozioökonomische Struktur einer Region – gegenüber klimatischen Veränderungen verstanden. Die Auswirkungen des Klimawandels auf ein solches System hängen von drei Faktorenbündeln ab: der Größenordnung und Rate des Klimawandels, der darauf bezogenen Vulnerabilität des betrachteten Systems und den Anpassungsmöglichkeiten an die zu erwartenden Auswirkungen.

Abbildung 2.16 stellt schematisch die Ursache-Wirkungs-Beziehung für regionale Auswirkungen des Klimawandels dar. Als Klimastimulus (1) bezeichnen wir eine regionale Klimaänderung (z. B. Zunahme von Starkniederschlägen), die bestimmte – oftmals nachteilige – Klimawirkungen zur Folge hat (z.B. Gebäudeschäden infolge von Überschwemmung). Die Lokalisierung und Ausprägung der Klimawirkung hängt dabei i. d. R. weniger vom Klimastimulus als von lokalen nichtklimatischen Faktoren (2) ab, z. B. Topographie, Gebäude- und Infrastrukturen sowie Landnutzungsunterschiede. In einem Projekt für die Versicherungswirtschaft erfolgte die Lokalisierung von Klimawirkungen durch Kopplung der Regionalmodelle mit realen Schadensdaten, die eingetretene Hochwasser-, Sturm- und Hagelschäden mit Zeit und Ort verbinden (Gerstengarbe 2011).

Neben den direkten Wirkungen können Rückwirkungen von Klimawirkungen (3) auf das klimasensitive System veränderte sekundäre Klimawirkungen ergeben, z. B. erhöhte Erosionsschäden durch Starkregen nach Trockenperioden. Schließlich sind Anpassungsmaßnahmen (4) an zukünftig erwartete Klimawirkungen ebenfalls nichtklimatische Einflüsse (z. B. durch Umsetzung räumlicher Planung), die die Klimawirkungen ebenfalls beeinflussen.

Wie in den vorherigen Ausführungen dargestellt, zeigen die Simulationen verschiedener Klimamodelle oder verschiedene Realisierungen (Rechenläufe) eines einzigen Klimamodells große Unterschiede in den Ergebnissen, z. B. der Niederschlagsverteilung. Diese Unsicherheit setzt sich aus der Modellunsicherheit und der Stichprobenunsicherheit zusammen, die in Abschnitt 2.9 erläutert wurde. Zur Ermittlung der Modellunsicherheit mit dem Ziel der Modellverbesserung dient die Validierung der Simulationsergebnisse für die Vergangenheit durch Vergleich mit Beobachtungsdaten (Gerstengarbe 2011). Die Stichprobenunsicherheit erfordert es, möglichst viele Modellrechnungen und Realisierungen zu berücksichtigen, um damit eine statistische Verteilung zu erhalten.

Abb. 2.16: Ursache-Wirkungs-Beziehung für die regionalen Auswirkungen des Klimawandels auf ein klimasensitives System am Beispiel der Region Havelland



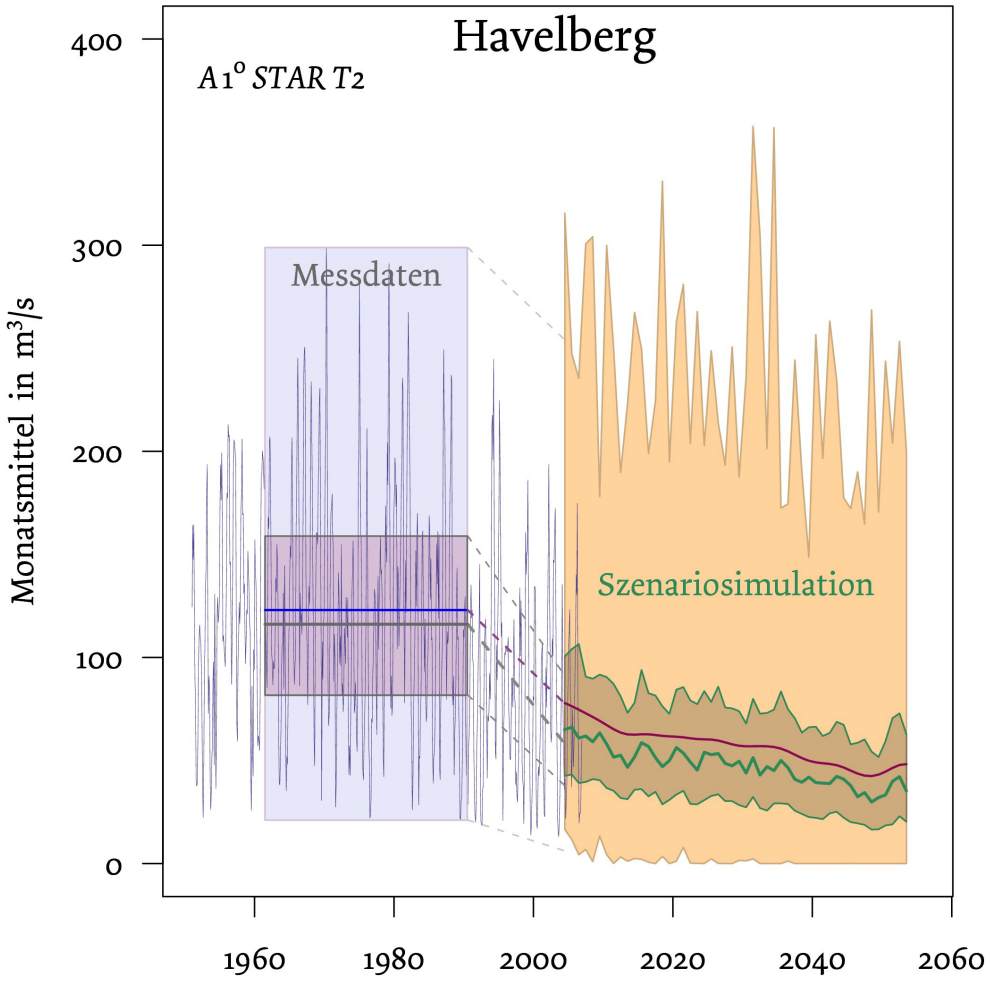
Quelle: Eigene Darstellung (modifiziert nach Stock et al. 2009: 98)

Am Beispiel der simulierten Abflüsse im Flusseinzugsgebiet der Elbe soll erläutert werden, wie die durch Regionalmodelle projizierten Veränderungen der Niederschläge und die damit verbundenen Unsicherheiten hinsichtlich der Wirkungen auf Abflüsse zu interpretieren sind. Dies wird in Abb. 2.17 am Beispiel des Elbe-Pegels Havelberg deutlich in der Entwicklung der Monatsmittel der Abflüsse (Conradt et al. 2011). Links dargestellt sind die Messdaten am Pegel im Zeitraum 1951–2003 und rechts die Simulationsergebnisse für den Zeitraum 2004–2053 für ein Szenario ähnlich dem A1B-Szenario. Die Simulationen wurden mit 100 Realisierungen des regionalen Klimamodells STAR und dem damit gekoppelten Hydrologiemodell SWIM durchgeführt, sodass die Stichprobenunsicherheit zu einer Verteilungsstatistik für Hoch- und Niedrigwasser am Pegel wird. Die Genauigkeit der Modelle wurde durch Vergleich der Beobachtungsdaten mit Simulationsergebnissen der Vergangenheit überprüft und die Übereinstimmung als sehr gut erachtet.

Die starke Abnahme der Abflüsse in der Vergangenheit etwa seit 1990 hat wesentliche zivilisatorische Ursachen, z. B. Veränderungen beim Braunkohletagebau in Ostdeutschland. Zukünftig sind durch den Klimawandel weiter zurückgehende mittlere Abflüsse sowie v. a. im Sommer sehr niedrige und weiter abnehmende Niedrigwerte der Abflüsse zu erwarten. Dennoch können in Zukunft immer wieder sehr hohe Abflussspitzen auftreten, hauptsächlich im Winter, gelegentlich aber auch im Sommer.

Mögliche Auswirkungen des Klimawandels in Deutschland, Vulnerabilität und Anpassungsmöglichkeiten in verschiedenen Sektoren, Bereichen und Regionen sind z. B. bei Zebisch et al. (2005) und Bundesregierung (2008) übersichtsartig dargestellt. Dies wird im Folgenden in Kap. 3 zur Vulnerabilität und Kap. 4 zu Risiken und Chancen aufgegriffen und unter den Gesichtspunkten der Raumplanung behandelt.

Abb. 2.17: Entwicklung der Monatsmittel der Abflüsse am Elbe-Pegel Havelberg



Links: Messdaten im Zeitraum 1951–2003; rechts: Simulation für den Zeitraum 2004–2053 für ein Szenario ähnlich dem A1B-Szenario für 100 Realisierungen mit dem Klimamodell STAR und dem Hydrologiemodell SWIM.

Quelle: Conradt et al. 2011: 642

2.15 Fazit

Die Klimaforschung konnte in den letzten zwei Jahrzehnten wesentliche Fortschritte erzielen beim Verständnis des Klimasystems, von Klimaänderungen generell in Geschichte und Erdgeschichte sowie beim derzeitigen anthropogenen Klimawandel. Auch in Europa und Deutschland sind erste Auswirkungen des Klimawandels bereits deutlich erkennbar. In der Klimaforschung besteht weitgehend Einigkeit darüber, dass die wichtigste Ursache in den menschlichen Emissionen von Treibhausgasen in die Atmosphäre zu sehen ist und natürliche Ursachen derzeit eine geringe Rolle spielen. Wie sich der Klimawandel zukünftig global und regional weiterentwickeln und auswirken wird, hängt v. a. vom Ausmaß der zukünftigen Emissionen von Treibhausgasen ab. Dafür gibt es keine Vorhersagen, aber auf plausiblen Annahmen beruhende alternative Szenarien. Im günstigsten Fall, dem Szenario mit effektivem Klimaschutz weltweit, gibt es eine gute Chance, dass die globale Erwärmung nicht über 2 Grad über das vorindustrielle Niveau ansteigt. Hier bestehen zumin-

dest für Deutschland auch gute Aussichten der Anpassung an die Auswirkungen des Klimawandels. Im ungünstigsten Fall weiter zunehmender Emission von Treibhausgasen ist damit zu rechnen, dass die Auswirkungen auch für Deutschland nicht mehr beherrschbar sein können.

Zur Ermittlung der zu erwartenden Auswirkungen des Klimawandels wird meist ein mittleres, zwischen den beiden Grenzfällen liegendes Szenario (A1B) verwendet. Mithilfe von globalen und regionalen Klimamodellen werden die zeitlichen Entwicklungen und die räumlichen Verteilungen von Temperaturen, Niederschlägen und anderen Klimagrößen berechnet. Der Vergleich der für die Vergangenheit simulierten mit den beobachteten Größen dient der Modellvalidierung sowie der Eingrenzung bestehender Unsicherheiten. Für die zukünftige Entwicklung der Klimagrößen in einer Region ergeben die Simulationen mit verschiedenen Klimamodellen und Rechenläufen unterschiedliche Projektionen, die als mögliche Realisierungen der Zukunft im Rahmen einer statistischen Bandbreite interpretiert werden können. Für die räumliche Lokalisierung der Auswirkungen ist weniger die räumliche Auflösung der Klimaprojektionen von Bedeutung als vielmehr nichtklimatische Einflussfaktoren, wie Topographie, Bebauung oder Bewuchs. Dies lässt sich mithilfe von Wirkmodellen berücksichtigen, die mit den Klimamodellen gekoppelt werden. So erhält man beispielsweise aus der Bandbreite verschiedener Realisierungen der zukünftigen Niederschläge in einem Flusseinzugsgebiet eine Bandbreite möglicher zukünftiger Abflüsse und Pegelstände. Bei einer genügend großen Zahl von Realisierungen mit Modellen, die für die Vergangenheit an Beobachtungsdaten validiert wurden, lässt sich so beispielsweise eine statistische Verteilung der Abflüsse zwischen Hoch- und Niedrigwasser ermitteln.

3 Vulnerabilität von Raumnutzungen, Raumfunktionen und Raumstrukturen

Jörn Birkmann, Mark Fleischhauer

3.1 Einführung

Der Klimawandel mit seinen verschiedenen aktuellen und potenziellen Einwirkungen auf Räume und Gesellschaften stellt für die räumliche Planung nur dann ein handlungsrelevantes Phänomen dar, wenn Raumnutzungen, -funktionen und -strukturen gegenüber diesen Einwirkungen vulnerabel sind. Die Vulnerabilität (Verwundbarkeit) ist damit ein Schlüsselfaktor zur Bestimmung der Risiken und Chancen, die mit dem Klimawandel verbunden sind.

Vulnerabilität wird in verschiedenen Denkschulen unterschiedlich definiert. Der ARL-Arbeitskreis „Klimawandel und Raumplanung" folgt in seiner Definition und Abgrenzung von Vulnerabilität und Risiken primär der Denkschule der Risikoforschung im Kontext von Naturgefahren. Danach beschreibt Vulnerabilität Zustände und Prozesse, die die Ausgesetztheit (Exposition) und Anfälligkeit einer Gesellschaft oder eines Systems gegenüber Gefahren und Umweltwandel (z. B. Klimawandel) sowie ihre diesbezügliche Bewältigungskapazität determinieren. Dabei spielen physische, soziale und ökonomische, ökologische, institutionelle und kulturelle Faktoren eine wichtige Rolle (vgl. Birkmann 2008; Bohle 2001, UN/ISDR 2005; Cardona et al. 2005; Bohle, Glade 2008; IPCC 2012b).

Das Konzept der Vulnerabilität kann als ein zentraler Ansatzpunkt gelten, wenn es darum geht, Raumnutzungen, -funktionen und -strukturen gegenüber den Einwirkungen des Klimawandels resilienter und anpassungsfähiger zu machen. Während die Handlungsmöglichkeiten bei der Vermeidung von Naturphänomenen, wie Stürmen, Hochwassern oder Starkniederschlägen, deutlich begrenzt sind, können die Risiken für Gesellschaften und Räume durch die Reduzierung der Vulnerabilität deutlich gesenkt werden. Demzufolge kann auch die Minderung der Vulnerabilität durch räumliche Planung als eine zentrale Herausforderung im Umgang mit dem globalen Umweltwandel und im Bereich der Förderung einer resilienten Gesellschaft angesehen werden (vgl. Birkmann 2008). Dabei darf jedoch nicht der Eindruck entstehen, dass Raumstrukturen konserviert oder allein robust gemacht werden. Vielmehr geht es bei der Reduzierung der gesellschaftlichen und raumbezogenen Vulnerabilität sowie bei der Förderung von Anpassung darum, wichtige Raumfunktionen (z. B. Standortfunktion für Wohnen und Arbeiten, Produktionsfunktion des Bodens, Lebensraumfunktion, Puffer- und Filterfunktion etc.) auch bei sich verändernden Umweltbedingungen (z. B. schleichende und abrupte Klimaänderungen und Naturgefahren) zu sichern.

Bisher wurden Fragen der Vulnerabilität in der Raumplanung und in entsprechenden räumlichen Strategien zum Klimawandel kaum berücksichtigt. Aktuelle Forschungen im Bereich von Modellvorhaben der Raumordnung sind jedoch ein ermutigendes Zeichen, dass sich in Zukunft auch die Raumplanung zunehmend mit dem Konzept der Vulnerabilität als Ansatzpunkt für Handlungsmaßnahmen befasst (vgl. BMVBS, BBSR 2011). Allerdings sind zahlreiche Darstellungen und Übersetzungen von Vulnerabilität gegenüber dem Klimawandel immer noch sehr stark auf Fragen der Exposition der Region gegenüber biophysischen Einwirkungen des Klimawandels gerichtet.

Fragen der Bewältigungskapazität (Kapazitäten zum unmittelbaren Umgang mit Extremereignissen) und Anpassungskapazität (Kapazitäten für langfristige Änderungen), die im Kontext der Vulnerabilität entscheidende Teilelemente sind, werden oftmals vernachlässigt.

Vor diesem Hintergrund wird in Kap. 3 das Ziel verfolgt, eine Eingrenzung des Begriffs „Vulnerabilität" vorzunehmen und für die Handlungsbereiche der Raumplanung und Raumentwicklung zu konkretisieren. In diesem Zusammenhang wird auf unterschiedliche Denkschulen der Vulnerabilität eingegangen, um dann ein Rahmenkonzept für die Operationalisierung der Vulnerabilität zu skizzieren. In diesem Zusammenhang werden Kernfragen formuliert, die verdeutlichen, wie das abstrakte Konzept der Vulnerabilität für Fragen der räumlichen Planung operationalisiert werden kann. Zudem werden ausgewählte Beispiele, die sich mit der Konkretisierung und Evaluierung von Vulnerabilität befassen, aus Praxis und Forschung skizziert. Das Kapitel bietet damit eine zentrale Grundlage für weitere regionale Ansätze, die das Konzept der Vulnerabilität für in der räumlichen Planung im Kontext des Klimawandels ausformulieren und konkretisieren möchten.

Insgesamt zeigt das Kapitel auf, dass ein zentraler Ausgangspunkt für die Definition von Handlungsoptionen und -prioritäten im Zusammenhang mit der Anpassung an den Klimawandel die systematische Erfassung und Bewertung der Vulnerabilität und ihrer verschiedenen Facetten und Dynamiken ist.

3.2 Begriff der Vulnerabilität

Die Genese des Begriffs der Vulnerabilität kann auf eine längere Diskussion in verschiedenen Denkschulen zurückgeführt werden, die an dieser Stelle kurz skizziert wird.

Im Gegensatz zu Naturgefahren, die eher als die „externe Seite" von Risiken definiert und verstanden werden können, wird Vulnerabilität als die „interne Seite" des Risikos angesehen, die eng mit gesellschaftlichen Strukturen und Organisationsformen wie z. B. der räumlichen Organisation einer Gesellschaft verknüpft ist. Vulnerabilität stellt sich dabei als mehrdimensionales Phänomen dar, welches durch ökonomische, soziale, physische, ökologische oder auch institutionelle Faktoren charakterisiert werden kann. Vulnerabilität bezieht sich in dieser Hinsicht auf Eigenschaften und Prozesse eines den Umweltveränderungen ausgesetzten Subjekts oder Objekts, wobei auch die Kontextbedingungen, in die das Subjekt oder Objekt eingebettet ist, die Vulnerabilität beeinflussen (z. B. politische Rahmenbedingungen).

Vulnerabilität konstituiert sich nach der Denkschule der Risikoforschung zu Naturgefahren über drei zentrale Elemente: a) Exposition, b) Anfälligkeit und c) Bewältigungskapazität (vgl. Birkmann 2008; Bohle 2001; Cardona et al. 2005; Bohle, Glade 2008). Dabei wird in der Literatur und in der aktuellen Diskussion die Exposition meist als Schnittstelle zwischen Naturgefahr und Vulnerabilität angesehen und demzufolge z. T. der Vulnerabilität oder auch der Naturgefahr (Hazard) zugeordnet. In dem neusten Spezialbericht des IPCC, „Managing the Risk of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation (SREX)", der sich intensiv mit dem Umgang mit Extremereignissen befasst, wird Exposition als eine dritte eigene Kategorie neben der Vulnerabiliät und der Naturgefahr bzw. den Extremereignissen definiert, die in ihrer Gesamtheit das Katastrophenrisiko ausmachen (vgl. IPCC 2012b) (s. Kap. 3.3.1). Besonders wichtig erscheint uns, dass die physische Exposition einer Gesellschaft oder eines Raumes gegenüber einer Gefahr allein keine hinreichende Aussage zur Vulnerabilität erlaubt, und zudem Vulnerabilität wesentlich über verschiedene Entwicklungsprozesse und nicht allein oder primär durch den Klimawandel beeinflusst wird.

Der ursprüngliche englische Begriff „vulnerability" wird häufig mit Anfälligkeit übersetzt. Diese Interpretation greift jedoch zu kurz, da Vulnerabilität nicht nur die Beschreibung möglicher Schäden und „Verletzungen" umfasst, sondern auch zu berücksichtigen ist, dass Räume, Menschen oder sozial-ökologische Systeme Kapazitäten aufweisen, um mit diesen Anfälligkeiten umgehen zu können. Demzufolge müssen auch Bewältigungs- und Anpassungskapazitäten, die bei der Betrachtung der Vulnerabilität von Raumnutzungen, -funktionen und -strukturen eine wichtige Rolle spielen, Berücksichtigung finden (vgl. ausführlich Birkmann 2008; Fleischhauer 2004: 218). Zahlreiche Gruppen oder Systeme, die als anfällig gegenüber den Einwirkungen des Klimawandels gelten können, wie z. B. ältere Menschen gegenüber Hitzestress, haben auch Bewältigungs- und Anpassungskapazitäten (z. B. Wissen über das richtige Verhalten), die in die Betrachtung der Gesamtvulnerabilität einbezogen werden sollten (vgl. Birkmann 2008).

Im Vergleich zu der Definition von Vulnerabilität in der Naturrisikoforschung wird Vulnerabilität in der Klimafolgenforschung stärker auf Teilaspekte der Naturgefahr bzw. der Klimastimuli bezogen (vgl. IPCC 2007d). In diesem Zusammenhang ist die Vulnerabilitätsperspektive der Klimafolgenforschung insbesondere auf die potenziell besonders vom Klimawandel betroffenen Regionen bezogen, die zudem eine Häufung anfälliger gesellschaftlicher Gruppen, Landnutzungsformen oder Wirtschaftsbereiche aufweisen (vgl. Kropp 2007). Diese Sichtweise legt einen gewissen Schwerpunkt auf die direkten Wirkungen des Klimawandels (impacts), wohingegen Ansätze der Vulnerabilität von Menschen (human vulnerability) oder Gesellschaften (social vulnerability), die in der humangeographischen und eher sozialwissenschaftlichen Risikoforschung verwendet werden, die Bedeutung der Kontextbedingungen und Triebkräfte der Vulnerabilität in den Blickpunkt nehmen (vgl. Brklacich, Bohle 2006). In dem neusten IPCC Spezialbericht SREX werden die Denkschulen der Naturrisikoforschung und der Klimafolgenforschung teilweise zusammengeführt, das Konzept der Vulnerabilität wird hier schwerpunktmäßig auf die Eigenschaften eines exponierten Systems (z. B. Gesellschaft oder sozial-ökologisches System, Infrastruktur etc.) gerichtet und nicht auf die Betrachtung des Klimastimuli, des Extremereignisses oder der Naturgefahr (s. Kap. 3.3.1).

Trotz der jeweiligen Unterschiede im Detail, die die verschiedenen Denkschulen – insbesondere die Naturrisikoforschung und die Klimafolgenforschung – beinhalten, und trotz der damit verbundenen divergierenden Definitionen und Operationalisierungsansätze lässt sich ein Grundkonsens dahingehend feststellen, dass die Differenzierung und Erfassung von Vulnerabilität zumindest die Berücksichtigung von zwei Kernkomponenten umfasst (vgl. u. a. Zebisch et al. 2005; Birkmann 2006; IPCC 2007c):

- der Anfälligkeit bzw. Sensitivität des Systems oder der Gesellschaft, die von sozio-ökonomischen und kulturellen Einflussfaktoren sowie Umweltveränderungen abhängt, und
- des Bewältigungs- und Anpassungspotenzials an sich verändernde Bedingungen, die ebenfalls von sozio-ökonomischen, kulturellen und umweltbedingten Einflussfaktoren abhängen.

Thematische Dimensionen der Vulnerabilität

Bei der Betrachtung der Vulnerabilität von beispielsweise unterschiedlichen Bevölkerungsgruppen, Siedlungsräumen oder kritischen Infrastrukturen wie Energienetzen sind auch die verschiedenen Dimensionen der Vulnerabilität zu beachten. Neben dem Schutz von Menschen (soziale Dimension) und der Reduzierung ökonomischer Schäden (ökonomische Dimension) werden zunehmend auch ökologische Aspekte, wie z. B. die Anfäl-

ligkeit von Ökosystemdienstleistungen (z. B. die Produktions- oder Filterfunktion des Bodens), in Vulnerabilitätsanalysen mit aufgegriffen. Darüber hinaus sind auch kulturelle und institutionelle Aspekte der Vulnerabilität gerade für räumliche Planungs- und Kooperationsprozesse von Bedeutung, beispielsweise bezogen auf die Frage, inwieweit bestimmte staatliche Planungsinstitutionen und Prozesse als vertrauenswürdig und gerecht eingestuft werden. Kulturelle Aspekte können z. B. eng mit Fragen der Risikowahrnehmung und Interpretation des Klimawandels zusammenhängen. Konkrete Beispiele, die die Bedeutung sog. institutioneller und kultureller Dimensionen der Vulnerabilität veranschaulichen, sind die während des Hurrikans Katrina in New Orleans aufgetretenen Probleme sowie der Verlust der Vertrauenswürdigkeit von bestimmten staatlichen Institutionen in Japan durch die Katastrophe im Atomkraftwerk Fukushima im März 2011, das von erheblichen Informations- und Planungspannen gekennzeichnet war.

Insgesamt setzt sich insbesondere in der internationalen Forschung und Diskussion zunehmend die Erkenntnis durch, dass nicht allein harte Kriterien, wie Verlust von Menschenleben oder ökonomische Schäden, Hinweise auf Verwundbarkeit sind, sondern dass auch Aspekte von Governance eine wichtige Rolle innerhalb der Vulnerabilitätsbetrachtung spielen müssen, die z. T. über die institutionelle sowie kulturelle Dimension erfasst werden können (vgl. Cannon 2006; Birkmann 2006; IPCC 2012b).

Dynamische Vulnerabilität

Des Weiteren zeigen neuere Studien zur Vulnerabilität (vgl. IPCC 2012a; Birkmann 2011), dass sie nicht statisch, sondern prozesshaft und dynamisch ist. Beispielsweise verändern sich die Anfälligkeit und die Bewältigungskapazität von Räumen gegenüber Hitzewellen kontinuierlich, z. B. aufgrund des demographischen Wandels, sozialer Isolationsprozesse, neuer Informations- und Warnungssysteme sowie auch durch die kontinuierliche Veränderung von Siedlungsstrukturen (urbane Nachverdichtung oder Deindustrialisierung).

3.3 Konzepte der Vulnerabilität

Bereits die Auseinandersetzung mit den unterschiedlichen Definitionen und Denkschulen von Vulnerabilität hat darauf hingewiesen, dass es bei der Konzipierung und Operationalisierung unterschiedliche Zugänge und Ansätze gibt. Im Folgenden sollen zwei Ansätze stellvertretend für eine Reihe unterschiedlicher Konzepte skizziert werden: der Ansatz, der im IPCC-Spezialbericht SREX verfolgt wird, und der Vulnerabilitätsansatz in der Klimafolgenforschung.

3.3.1 Der Ansatz im IPCC Spezialbericht SREX (2012)

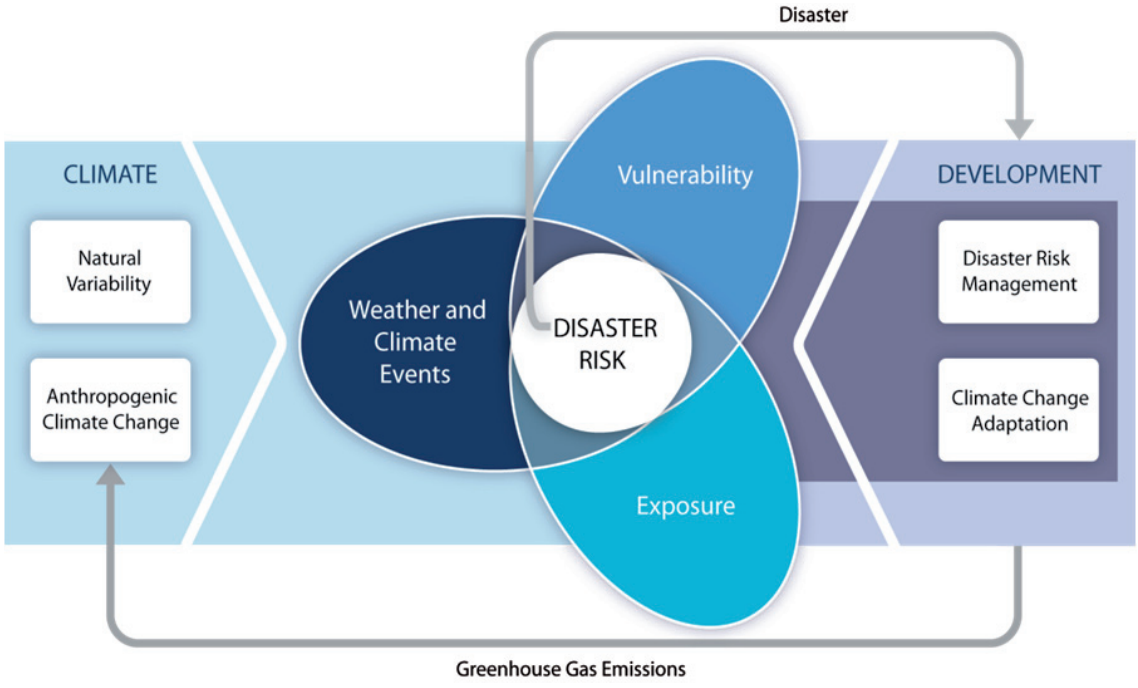
Der erste Ansatz stammt aus dem neusten IPCC Spezialbericht SREX (IPCC 2012a), der eine gewisse Zusammenführung der Konzepte der Naturrisikoforschung einerseits und der Konzepte der Klimafolgenforschung andererseits erzielt hat. Allerdings umfasst das Kernkonzept des IPCC SREX Berichtes primär die Sichtweise und Nutzung der Begriffe der Naturrisikoforschung. Das Vulnerabilitäts- und Risikokonzept des IPCC SREX Berichtes (s. Abb. 3.1) zeigt auf, dass die Entstehung von Risiken im Kontext des Klimawandels, z. B. durch Naturgefahren wie Hitzewellen oder Hochwasser, nicht allein das Resultat des Naturphänomens ist, sondern erst durch die Interaktion mit exponierten und verwundbaren Gesellschaften und Räumen zu einem Risiko wird. Das Konzept differenziert demzufolge die Naturgefahr bzw. die Extremereignisse deutlich von der Vulnerabilität und der Exposition, die in dem IPCC Spezialbericht als eigene Kategorie definiert wird (s. IPCC 2012b). Vulnerabilität und Exposition werden insbesondere durch gesellschaftliche und ökono-

mische Entwicklungsprozesse beeinflusst und weisen einen deutlichen Raumbezug auf. Demgegenüber sind Entwicklungen von extremen Wetter- und Klimaphänomenen primär durch die natürliche Variabilität des Klimas sowie den anthropogenen Klimawandel bedingt. Erst das Zusammenspiel beider Prozesse führt zu einem Risiko, das dann auch zu Katastrophen und größeren Schäden führen kann.

Insgesamt wird deutlich, dass Vulnerabilität nicht mit den Gefahren des Klimawandels oder entsprechenden extremen Wetterereignissen gleichgesetzt werden kann. Vielmehr ist die Vulnerabilität von Gesellschaften und Räumen als Resultat diverser historischer, sozialer, ökonomischer, politischer, kultureller, institutioneller, ökologischer und umweltbezogener Zustände und Prozesse zu bezeichnen (vgl. IPCC 2012b: 32). Damit wird die Möglichkeit der Einflussnahme des Menschen auf die Vulnerabilität deutlich.

Demgegenüber sind zahlreiche extreme Wetterereignisse nur teilweise und indirekt durch den Ausstoß von Treibhausgasemissionen beeinflusst. Diese Einflüsse nehmen zwar durch den stetigen und steigenden Ausstoß von Treibhausgasen deutlich zu, allerdings ist der Nachweis, dass ein einzelnes Extremereignis durch den Klimawandel bedingt ist, sehr schwierig. In dem IPCC Spezialbericht wird ein Zusammenhang zwischen dem globalen Klimawandel und dem Auftreten und Entstehen von warmen Perioden und Hitzewellen als sehr wahrscheinlich bzw. wahrscheinlich angesehen (vgl. IPCC 2012a: 6).

Abb. 3.1: Kernkomponenten des (Katastrophen-)Risikos und damit verknüpfte Prozesse



Quelle: IPCC 2012b: 31

Im Bereich der Entwicklungsprozesse, die die Vulnerabilität und Exposition beeinflussen, hebt der Spezialbericht auch die Bedeutung der Katastrophen- und Risikovorsorge einerseits und der Anpassung an die Folgen des Klimawandels andererseits hervor. Interessanterweise wird gerade der räumlichen Dimension des Klimawandels und der Einwirkungen von Extremereignissen, der raumspezifischen Entwicklung von Anpassungs- und Risikovorsorgestrategien eine besondere Aufmerksamkeit beigemessen und die Notwen-

digkeit der besseren Verknüpfung von Katastrophenvorsorge, Stadt- und räumlicher Planung sowie Anpassungskonzepten betont (vgl. IPCC 2012b: 89).

Im Vergleich zu dem Konzept des IPCC Spezialberichts SREX werden in der aktuellen Literatur zur Vulnerabilität gegenüber Naturgefahren und Klimawandel auch Unterkomponenten der Vulnerabilität weiter differenziert (vgl. Birkmann 2006). Dabei wird beispielsweise zwischen Faktoren der Anfälligkeit und Bewältigungs- bzw. Anpassungskapazitäten unterschieden. Während Anfälligkeiten primär Probleme und Schwächen eines Systems gegenüber den möglichen Einwirkungen einer Naturgefahr oder eines Klimastimulus aufzeigen, weisen die Begriffe Bewältigungs- und Anpassungskapazität auf Mechanismen und Ressourcen hin, die es selbst anfälligen Bevölkerungsgruppen oder Räumen trotz ihrer Anfälligkeit ermöglichen, den Schaden im Ereignisfall gering zu halten.

Während sich die Bewältigungskapazitäten in neueren Ansätzen in erster Linie auf die im Ereignisfall wichtigen Kapazitäten beziehen, um ein Extremereignis möglichst schadlos zu überstehen, werden mit Anpassungskapazitäten solche Ressourcen bezeichnet, die es dem System ermöglichen, sich zu verändern und so langfristig mit den Umweltveränderungen oder Extremereignissen leben zu können (vgl. u. a. Birkmann 2011; IPCC 2012b).

In dieser Hinsicht verdeutlicht das Konzept des IPCC SREX Berichts, dass die gesellschaftliche Vulnerabilität, die sich auch in Raumstrukturen, funktionalräumlichen Mustern der Arbeitsteilung sowie in sozial-ökologischen Systemen widerspiegelt, der zentrale Ausgangspunkt ist, der Naturgefahren (bzw. Einwirkungen durch den Klimawandel) zu einer Krise oder Katastrophe werden lässt.

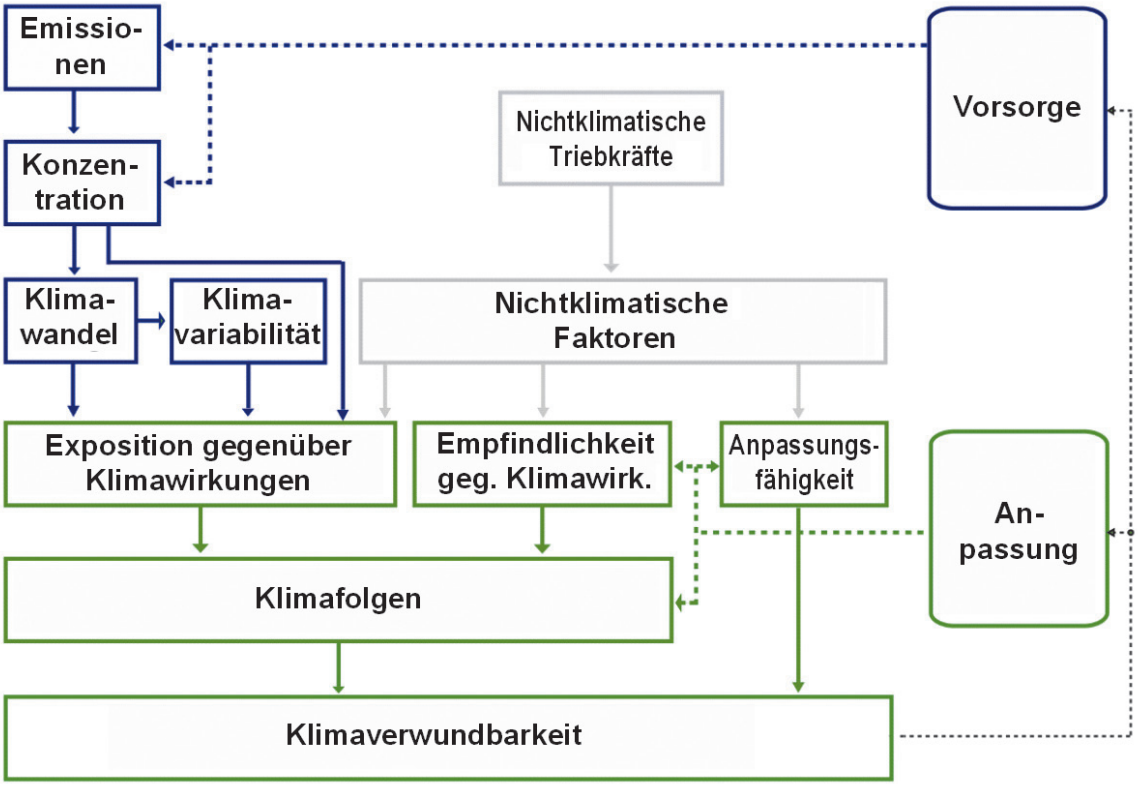
3.3.2 Vulnerabilität in der Klimafolgenforschung

Das zweite Vulnerabilitätskonzept, das im Rahmen der internationalen Diskussion sowie im ARL-Arbeitskreis „Klimawandel und Raumplanung“ auch eine wichtige Rolle gespielt hat, stammt ursprünglich aus der Forschung zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels und ist eng mit Arbeiten von Füssel und Klein (2007) im Rahmen des vierten Sachstandsberichtes des IPCC verknüpft.

Im Vergleich zur Naturrisikoforschung verknüpft die Klimafolgenforschung den Begriff der Vulnerabilität stärker mit Aspekten der Wirkung der Klimaänderungen (Impacts) auf bestimmte Nutzungen oder Sektoren. Der vierte Sachstandsbericht des IPCC formuliert, dass die Vulnerabilität abhängig ist von Art, Ausmaß und Geschwindigkeit der Klimaänderung sowie der Schwankung, der das System ausgesetzt ist, seiner Empfindlichkeit gegenüber diesen Veränderungen und seiner Anpassungskapazität (s. a. Abb. 3.2).

Ausgangspunkt dieser Überlegungen sind die Treibhausgasemissionen, die zu einer Erhöhung der atmosphärischen Konzentration von Treibhausgasen führen. Eine erhöhte Konzentration von Treibhausgasen erzeugt den anthropogenen – also durch den Menschen verursachten – Klimawandel, der zu der ohnehin bestehenden natürlichen Klimavariabilität hinzutritt. Die Klimawirkungen sind nicht gleichmäßig über die verschiedenen Erdteile und Räume verteilt. Das räumlich unterschiedliche Auftreten der verschiedenen Auswirkungen des Klimawandels wird nach dieser Denkschule als Exposition („exposure“) gegenüber diesen Auswirkungen bezeichnet. Allerdings ist das Auftreten bestimmter Wirkungen nicht allein von den Klimafolgen abhängig, sondern auch von der Empfindlichkeit („sensitivity“) exponierter Objekte oder Systeme gegenüber bestimmten Klimawirkungen. So können die Klimafolgen („impacts of climate change“) bereits bei geringer Exposition relativ hoch sein, wenn sie auf ein besonders empfindliches System treffen. Umgekehrt kann ein sehr robustes System starke Klimawirkungen ohne größere Folgen und Auswirkungen für sich überstehen.

Abb. 3.2: Konzept für die Vulnerabilität gegenüber den Folgen des Klimawandels



Quelle: Füssel, Klein 2007: 319 (übersetzt)

Die Exposition, die Empfindlichkeit und die Anpassungsfähigkeit (s. w. u.) werden von nichtklimatischen Faktoren (z. B. ökonomische Entscheidungen) und Triebkräften (z. B. dem demographischen Wandel) beeinflusst.

Die verschiedenen Räume, ihre Einwohner oder auch betroffene Sektoren (z. B. Landwirtschaft) sind den eintretenden oder potenziellen Klimafolgen jedoch nicht völlig ausgeliefert, da sie über ein mehr oder weniger starkes Anpassungspotenzial („adaptive capacity") verfügen, um sich den veränderten Bedingungen anzupassen. Insgesamt ist die Vulnerabilität nach der Denkschule der Klimafolgenforschung das Ergebnis der Stärke der zu erwartenden Klimafolgen in Abhängigkeit von den gesellschaftlichen Möglichkeiten, auf die Veränderungen zu reagieren.

3.3.3 Gemeinsamkeiten der Ansätze und ihre Bedeutung für die Raumentwicklung

Wenn man die zwei oben skizzierten Denkschulen miteinander vergleicht, wird deutlich, dass der Begriff der Vulnerabilität, wie er im vierten IPCC Sachstandsbericht verwendet wurde, stark mit dem Begriff des Risikos in der Risikoforschung zu Naturgefahren korrespondiert (s. a. Kap. 4 in diesem Band), da sich hier Vulnerabilität auch auf die physischen Veränderungen des Klimas bezieht, die in der Naturrisikoforschung deutlich der externen Seite des Risikos, also der Gefahrenkomponente, zugeordnet werden.

Trotz aller Unterschiede zwischen den beiden Denkschulen liegt jedoch bei beiden Begriffen ein deutlicher Schwerpunkt auf der Frage, wie sich Umweltveränderungen in

der Gesellschaft oder in sozial-ökologischen Systemen niederschlagen werden, wobei es nicht primär um die Stärke des Klimastressors oder der Klimastimuli geht, sondern insbesondere um die Frage, wie gut oder wie schlecht Gesellschaften bzw. Räume sich auf diese Veränderungen einstellen können bzw. in welchen Bereichen erhebliche Schwierigkeiten und Probleme zu erwarten sind. Gerade auch die erste Denkschule, die zwar primär die Sichtweise der Naturrisikoforschung wiedergibt, aber eben aus einem Bericht von Klimawissenschaftlern und Naturrisikoforschern resultiert, unterstreicht die Notwendigkeit, sich neben der Analyse von Extremereignissen sowie Prozessen des Klima(wandel)s auch besonders mit den gesellschaftlichen und ökonomischen Entwicklungsprozessen zu befassen, die erheblichen Einfluss auf die Vulnerabilität und Exposition von Gesellschaften und Räumen gegenüber diesen Extremereignissen haben.

3.3.4 Position und Empfehlungen des ARL-Arbeitskreises „Klimawandel und Raumplanung“

Der ARL-Arbeitskreis „Klimawandel und Raumplanung“ hat sich zwar in der Tiefe nicht einem der beiden Ansätze zugeordnet, allerdings wird in diesem Band deutlich, dass der Arbeitskreis eher der Perspektive der Naturrisikoforschung bzw. dem neusten IPCC Spezialbericht SREX folgt, da den Klimawirkungen (Kap. 2) die Vulnerabilität (Kap. 3) gegenübergestellt wird und anschließend die damit verbundenen Prozesse und Wirkungszusammenhänge durch das Risiko zusammengeführt werden (Kap. 4). Die eigentlichen physischen Veränderungen der Umwelt (z. B. klimawandelbeeinflusste Hitzewellen, generelle Temperaturerhöhung, verändertes Hochwasserregime), die z. B. in der Klimafolgenforschung teilweise dem Konzept der Vulnerabilität zugeordnet werden, sind aus Sicht des Arbeitskreises eher dem Bereich der physischen Gefahrenkomponente zuzuordnen, um eine deutlichere Trennung zwischen den Konzepten und Begriffen a) Gefahr/Klimastimuli, b) Vulnerabilität sowie c) Risiko zu erzielen.

Insgesamt wird im ARL-Arbeitskreis „Klimawandel und Raumplanung“ die Auffassung vertreten, dass Vulnerabilitäten gegenüber Naturgefahren auf mindestens drei thematische Dimensionen bezogen werden sollten: die soziale, die ökonomische und die ökologische Dimension. Diese Kerndimensionen knüpfen an die Trias der Nachhaltigkeit an (Umwelt, Ökonomie, Soziales), die sowohl für die Raumordnung als auch für die Bauleitplanung als zentrale Handlungsmaxime festgelegt ist (s. § 1 Abs. 2 ROG und § 1 Abs. 5 BauGB).

Auch in den aktuellen Forschungen zum Thema der räumlichen Vulnerabilität ist z. T. zu beobachten, dass die Betrachtung auf die direkten Wirkungen des Klimawandels verengt wird. Dabei erscheint es auch für die Raumforschung besonders bedeutsam zu sein, zu prüfen, welche Faktoren, Entwicklungsprozesse und Kontexte Anfälligkeiten erhöhen und die Bewältigungs- und Anpassungskapazitäten von Akteuren im Raum mindern.

Unbeschadet der Schwierigkeiten, einen alle Aspekte umfassenden und allen Denkschulen gerecht werdenden Ansatz der Vulnerabilität zu entwickeln, hat das Konzept der Vulnerabilität mit den unterschiedlichen Forschungsschwerpunkten erheblich dazu beigetragen, dass Fragen des Klimawandels und der Naturgefahrenforschung heute nicht mehr als rein physisches Ereignis oder Umweltproblem definiert und wahrgenommen werden, sondern als vielschichtiges Mensch-Umwelt-Interaktionsproblem. Unabhängig von den Unterschieden der verschiedenen Konzepte im Detail unterstreicht Vulnerabilität, dass soziale, ökonomische, räumliche, politische, organisatorische/strukturelle sowie kulturelle Faktoren einen mindestens ebenso entscheidenden Einfluss auf die Risikoentwicklung haben wie das physische Naturereignis selbst (Birkmann 2008).

3.4 Vulnerabilität verändert Planungsgrundlagen

Aus Sicht der Raumentwicklung bei der Betrachtung des Klimawandels ist das Konzept der Vulnerabilität in zweierlei Hinsicht von Bedeutung. Zum einen rückt die Vulnerabilität umso stärker in den Vordergrund, je weniger sicher und räumlich präzise die Aussagen zur Gefährdung durch Klimaänderungen getroffen werden können. Aussagen zur Vulnerabilität sollten daher im Sinne der Vorsorgeorientierung so lange als maßgebliche Grundlage für Entscheidungen über Anpassungsmaßnahmen herangezogen werden, bis räumlich und zeitlich genauere Aussagen zu den Veränderungen des Klimas vorliegen, wie detaillierte Gefahrenkarten zu signifikanten Starkniederschlägen, Hitzewellen oder Dürren, die sich aus dem aktuellen Klima und zukünftigen Klimaänderungen ergeben.

Zum anderen sind Aussagen zur Vulnerabilität im Bereich des Bestands von Siedlungsflächen und Infrastruktur von Bedeutung. Siedlungsbereiche genießen i. d. R. Bestandsschutz, sodass es in diesen Fällen darauf ankommt, deren Vulnerabilität gegenüber den Folgen des Klimawandels zu verringern. Hier stößt das formelle raumplanerische Instrumentarium jedoch an Grenzen, und informelle Ansätze zur Verringerung der Vulnerabilität bzw. der Klimarisiken gewinnen an Bedeutung (s. Kap. 6 in diesem Band). Zudem wird mit dem Konzept der Vulnerabilität auch das Handlungspotenzial einzelner Raumnutzer betont, mit der Folge, dass raumrelevante (Anpassungs-)Strategien nicht nur den Klimawandel und mögliche Schäden, sondern auch die Möglichkeiten zur Eigenvorsorge stärker in den Blickpunkt rücken.

Veränderte Planungsgrundlagen ergeben sich insbesondere durch die Abkehr von einem singulären Entwicklungs- bzw. Zukunftsmodell. Der Umgang mit Unsicherheit im Kontext des Klimawandels verlangt ein Denken in verschiedenen Szenarien des zukünftigen Klimawandels sowie möglicher Entwicklungsprozesse der gesellschaftlichen Vulnerabilität, die sich auf funktionalräumliche Arbeitsteilung, Raumstrukturen und Raumnutzer auswirken und veränderte Handlungsstrategien erfordern. Welche gesellschaftlichen oder ökonomischen Entwicklungspfade sich am Ende tatsächlich in einer Region oder Stadt ergeben, wird auch durch gegenwärtige Entscheidungen mit bestimmt. In dieser Hinsicht müssen die Planungsgrundlagen nicht nur Szenarien für unterschiedliche Zukunftsentwicklungen der Klimaveränderung umfassen, sondern es sollte parallel auch im Bereich der Vulnerabilitätsanalysen mit entsprechend verschiedenen Vulnerabilitätsprofilen und -szenarien gearbeitet werden. In dieser Hinsicht sind neben inhaltlichen Erweiterungen der Planungsgrundlagen, die im Folgenden noch im Detail diskutiert werden, auch methodische Erweiterungen (z. B. Szenarien der Vulnerabilität) notwendig.

Darüber hinaus ist mit dem Schlagwort „veränderte Planungsgrundlagen“ auch gemeint, dass die räumliche Planung stärker als bisher Fragen der Vulnerabilität von Raumnutzungen, -funktionen und -strukturen bei der Bewertung und Planung von räumlichen Entwicklungsstrategien zugrunde legen sollte, um neben der Betrachtung der Extremereignisse und schleichender Veränderungen (z. B. Meeresspiegelanstieg, Versalzungsprozesse) auch insbesondere die Handlungspotenziale zur Reduzierung der Vulnerabilität zu ermitteln.

Veränderte Planungsgrundlagen ergeben sich auch dadurch, dass im Rahmen des Klimawandels nicht allein die Existenz der aus dem Klimawandel entstehenden Risiken, sondern die Praxis bzw. fehlende Praxis des Umgangs mit diesen Risiken eine zentrale Herausforderung darstellt. Während im Bereich der Umweltplanung in den 1980er Jahren Grenzwerte und Normen, z. B. zum Immissionsschutz, aus tatsächlichen Messungen und Erfahrungen resultierten, ist dies in Teilen bei den Phänomenen des Klimawandels so nicht möglich, wie z. B. im Bereich des Meeresspiegelanstiegs, der erst in Zukunft eintreten

wird, aber bereits heute Vorsorgestrategien im Bereich der Stadt- und Regionalplanung verlangt. Insgesamt lassen sich folgende Herausforderungen für die räumliche Planung infolge des zunehmenden Klimawandels insbesondere in Bezug auf das Thema Vulnerabilität formulieren:

- Treffen von Planungsentscheidungen unter verstärkter Unsicherheit
- stärkere Ausrichtung planerischen Handelns auf die Berücksichtigung bzw. Reduzierung der Vulnerabilität
- Einbeziehung langfristiger Entwicklungen in Planungsentscheidungen
- inhaltliche Erweiterung von Planungsentscheidungen und Begründungen (Klimavulnerabilität als Abwägungsbelang)
- Überprüfung von bestehenden Planungsinstrumenten (z. B. bisherige Behandlung des Themas „Klima" in UVP und SUP für Anpassungsfragen unzureichend)
- Neuausrichtung und Erweiterung bestehender Prüfungs- und Bewertungsinstrumente

3.5 Operationalisierung und Konkretisierung von Vulnerabilität

Raumordnung und Bauleitplanung können im Bereich der Gefahrenanalyse z. T. auf recht differenzierte, i. d. R. von Fachplanungen erstellte Gefahrenkarten und Klassifizierungen zurückgreifen, wie etwa die Hochwassergefahrenkarten für die Stadt Köln (vgl. Hochwasserschutzzentrale Köln, Stadtentwässerungsbetriebe Köln 2011) und die in der Schweiz für die kantonale Richtplanung entwickelten Gefahrenkarten belegen (vgl. Bundesamt für Raumentwicklung, Bundesamt für Wasser und Geologie, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft 2005; Baudirektion Kanton Zürich 2003). Vielerorts steckt die Entwicklung von Vulnerabilitätsanalysen und -karten, die eine sinnvolle Ergänzung zu den Gefahrenkarten bieten könnten, erst in den Anfängen. Beispielsweise im Rahmen der Modellvorhaben der Raumordnung (KlimaMORO, vgl. Kap. 7.4 in diesem Band) wurden erste Prototypen von Vulnerabilitätsanalysen für Planungsfragen wie z. B. in den Modellregionen Stuttgart, Westsachsen und Vorpommern für die regionale Ebene entwickelt (s. im Detail BMVBS, BBSR 2011), auch in weiteren Projekten, wie z. B. für den Bevölkerungsschutz (Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenvorsorge), sind entsprechende Ansätze für die städtische Ebene entwickelt worden (vgl. BBK 2011).

Rolle der Raumordnung und Bauleitplanung für Vulnerabilitätsanalysen

Bei der Vulnerabilitätsanalyse kommen der Raumordnung und Bauleitplanung potenziell bedeutende Rollen zu. Denn während bei Gefährdungsanalysen Daten und Methoden i. d. R. von den einschlägigen Fachplanungen erhoben und verarbeitet bzw. angewandt werden, sind es bei Informationen zur Vulnerabilität oft Daten und Methoden, die ohnehin im Rahmen des raumplanerischen Abwägungsprozesses zur Verfügung stehen, wie z. B. Lage kritischer Infrastrukturen, Verteilung von Wohnbevölkerung und Arbeitsstätten, sozio-demographische Merkmale der Bevölkerung, Verkehrsströme, Lage von Krankenhäusern, Kindergärten etc.

Durch die räumliche Anordnung bestimmter Raumnutzungen, durch Raumentwicklungsprozesse und die Entwicklung bestimmter Muster räumlicher Arbeitsteilung und die Zuordnung und Entwicklung bestimmter Raumfunktionen werden zentrale Faktoren der Vulnerabilität (z. B. Anfälligkeit, Bewältigungs- und Anpassungskapazitäten) erheblich beeinflusst. Vulnerabilitäten im Raum, von Raumnutzungen und -funktionen sowie sozial-ökologischen Systemen, sind folglich maßgeblich durch den Menschen und die

Gesellschaft konstruiert und unterliegen einer stetigen Veränderung. Vulnerabilität ist in dieser Hinsicht räumlich und zeitlich dynamisch.

Durch die Zuweisung von Raumnutzungen (z. B. Wohnen, Produktion, Verkehr, Erholung etc.) sowie die Durchführung bestimmter Prüf- und Beteiligungsverfahren im Vorfeld der Entscheidung über bestimmte Nutzungszuweisungen oder Projekte beeinflussen räumliche Planungen und insbesondere Raumordnung und Bauleitplanung zahlreiche Mensch-Umwelt-Beziehungen direkt oder indirekt. Damit bietet die räumliche Planung zahlreiche Ansatzpunkte, um die Vulnerabilität von Mensch-Umwelt-Beziehungen im Kontext des Klimawandels und weiterer sozio-ökonomischer Wandlungsprozesse zu beeinflussen bzw. zu reduzieren.

Operationalisierung des Konzepts anhand von Leitfragen

Vulnerabilität und entsprechende Prozesse und Dynamiken umfassen immer raumspezifische Problemstellungen sowie je nach Raum unterschiedliche Raumnutzungen, -funktionen und -strukturen. Dennoch lassen sich erste Orientierungsfragen für Regionen und Städte ableiten, die aufzeigen, wie das abstrakte Konzept der Vulnerabilität für konkrete Planungsfragen fassbar gemacht werden kann. Dabei ist neben der Betrachtung von Kernelementen wie Exposition, Anfälligkeit und Bewältigungs- sowie Anpassungskapazitäten auch auf unterschiedliche thematische Dimensionen des Konzepts einzugehen. Als erste Orientierung lassen sich folgende Kernfragen ableiten (s. Birkmann 2008):

Exposition

a) Welche Raumnutzungen und Raumfunktionen sowie Schutzgüter (z. B. Mensch, Boden, Wasser, kritische Infrastrukturen) und/oder Daseinsfunktionen (Wohnen, Arbeiten, Erholung etc.) sind in dem betrachteten Raum besonders exponiert gegenüber den Wirkungen verschiedener Klimagrößen?

Anfälligkeit

b) Wie anfällig sind die Raumnutzungen und Raumfunktionen sowie Schutzgüter oder Daseinsfunktionen gegenüber den Wirkungen eines bestimmten Gefahrentyps, wie z. B. Hochwasser oder Hitzestress?

c) Welche Raumfunktionen und Raumnutzer werden ggf. durch gesellschaftliche Entwicklungen anfälliger gegenüber den abrupten oder schleichenden Veränderungen sowie langfristigen Trends des Klimawandels?

d) Welche Parameter oder Charakteristika verdeutlichen die Kontextbedingungen, die ebenfalls vulnerabel machen, wie z. B. unzureichende Ansätze für eine vorsorgeorientierte Planung oder noch grundsätzlicher: desintegrative und ineffektive Governance-Ansätze? In dieser Hinsicht geht es um Faktoren, die keinen direkten Wirkungszusammenhang zum Klimawandel aufweisen, aber dennoch die generelle Anfälligkeit oder das Bewältigungspotenzial einer Gesellschaft oder eines Raums determinieren.

Bewältigungskapazitäten

e) Welche Kapazitäten und Ressourcen haben ein Raum, die Raumnutzer oder auch sozial-ökologische Systeme, um mit den Folgen des Klimawandels – sowie des gesellschaftlichen Wandels – umgehen zu können, ohne Schaden zu nehmen bzw. Schäden gering zu halten?

Anpassungskapazitäten

f) Welche Ressourcen besitzen der Raum und die Raumnutzer, um sich an veränderte bzw. sich zukünftig verändernde Umweltbedingungen langfristig anzupassen?

Triebkräfte und raumplanerische Interventionsmöglichkeiten

g) Welche Triebkräfte (*driving forces*) beeinflussen (erhöhen oder senken) die Vulnerabilität?

h) Welche Aspekte der Vulnerabilität kann die räumliche Planung – direkt oder indirekt – beeinflussen?

Messung von Vulnerabilität

i) Welche Indikatoren oder Kriterien können für die Erfassung von Vulnerabilität und ihre Kernelemente (Exposition, Anfälligkeit, Bewältigungs-/Anpassungskapazität) herangezogen werden?

Vulnerabilität kann je nach räumlicher Betrachtungsebene unterschiedliche Aspekte aufweisen, d. h. die Raumebene hat einen Einfluss auf die zu betrachtenden Prozesse und Parameter, die Vulnerabilität ausmachen. Besonders zu berücksichtigen ist, dass Vulnerabilität auf einer räumlichen Ebene oftmals durch erhebliche Interaktionen mit anderen räumlichen Ebenen gekennzeichnet ist. Folglich ist Vulnerabilität durch Wirkungs- und Interaktionsprozesse über verschiedene räumliche und zeitliche Skalen charakterisiert.

3.6 Vulnerabilität in der Planungspraxis

Trotz der Bedeutung des Themas Vulnerabilität stecken die Differenzierung sowie die Entwicklung entsprechender Analyse- und Bewertungskonzepte, Indikatoren und räumlicher Darstellungen in Form von Karten noch in der Anfangsphase. Erste Ansätze sind in der raumwissenschaftlichen Literatur bereits skizziert (vgl. Birkmann 2008; Birkmann, Fleischhauer 2009; Naumann et al. 2009), allerdings ist die Umsetzung entsprechender Konzepte in der planerischen Praxis bisher kaum erfasst und aufgearbeitet worden. Im Rahmen des MORO-Vorhabens „Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel" (KlimaMORO, vgl. Kap. 7.4 in diesem Band) wurden unterschiedliche Ansätze zur Erfassung der Vulnerabilität entwickelt (BMVBS, BBSR 2011), ebenso wie in weiteren durch andere Ministerien geförderten Studien oder Prozessen, wie z. B. dem INDIKATOREN-Projekt, unterstützt vom Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe, oder dem KlimaPAKT Projekt (vgl. BBK 2010; ARL 2009a).

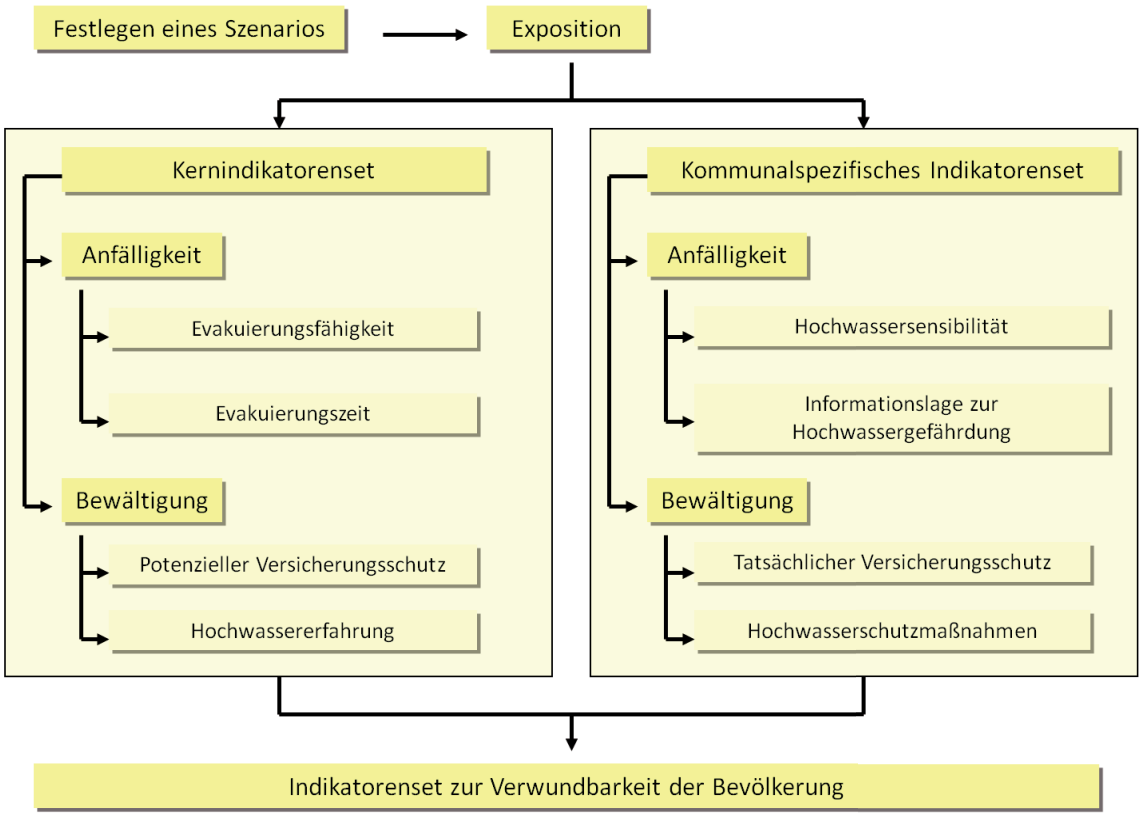
Im Folgenden werden ausgewählte Beispiele aufgeführt, die direkt oder indirekt Aspekte der Vulnerabilität im raumplanerischen Zusammenhang aufgreifen und damit die praktische Relevanz des theoretisch-konzeptionellen Ansatzes „Vulnerabilität" verdeutlichen.

3.6.1. Beispiel Verwundbarkeitsabschätzungen gegenüber Hochwassergefahren in Köln

Die räumliche Planung bietet bereits wichtige Ansatzpunkte für die Ermittlung und Darstellung von Exposition gegenüber Hochwassergefahren, wie im Zusammenhang mit den zeichnerischen Zielen sowie den Abbildungen der Erläuterungskarte im Regionalplan der Regionalplanungsbehörde Köln zum vorbeugenden Hochwasserschutz. Der Regionalplan stellt neben den Überschwemmungsbereichen für ein 10-jährliches Hochwasser

(HQ100) auch die Ausbreitungsflächen eines Extremhochwassers dar (vgl. Bezirksregierung Köln 2008; Praxisbeispiel in Kap. 6 in diesem Band). Des Weiteren werden in den potenziell betroffenen Siedlungsräumen besonders tief liegende Bereiche aufgezeigt, sodass die Exposition gegenüber Hochwassergefahren weiter qualifiziert wird. Damit liefert der Regionalplan als Signalplan weitere Informationen für besonders betroffene Bereiche und mögliche Ansatzpunkte der Erhöhung der Bewältigungskapazitäten, z. B. in Form der Ausweisung bestimmter Bebauungshöhen von Gebäuden in diesen Bereichen, die eine vertikale Evakuierung zulassen würde. Darüber hinaus wird allerdings auch deutlich, dass Regional- und Stadtplanung bisher vielfach lediglich auf den Aspekt der Exposition gegenüber Hochwassergefahren – im vorbeugenden Hochwasserschutz – näher eingehen. Differenzierte Analysen der Verwundbarkeit einzelner Stadtteile oder eine Darstellung der Anfälligkeit der im potenziell exponierten Gebiet lebenden Bevölkerung oder der dortigen Sachwerte finden nicht hinreichend Raum.

Abb. 3.3: Übersicht über ausgewählte Kernindikatoren und kommunalspezifische Indikatoren zur Vulnerabilität der Bevölkerung



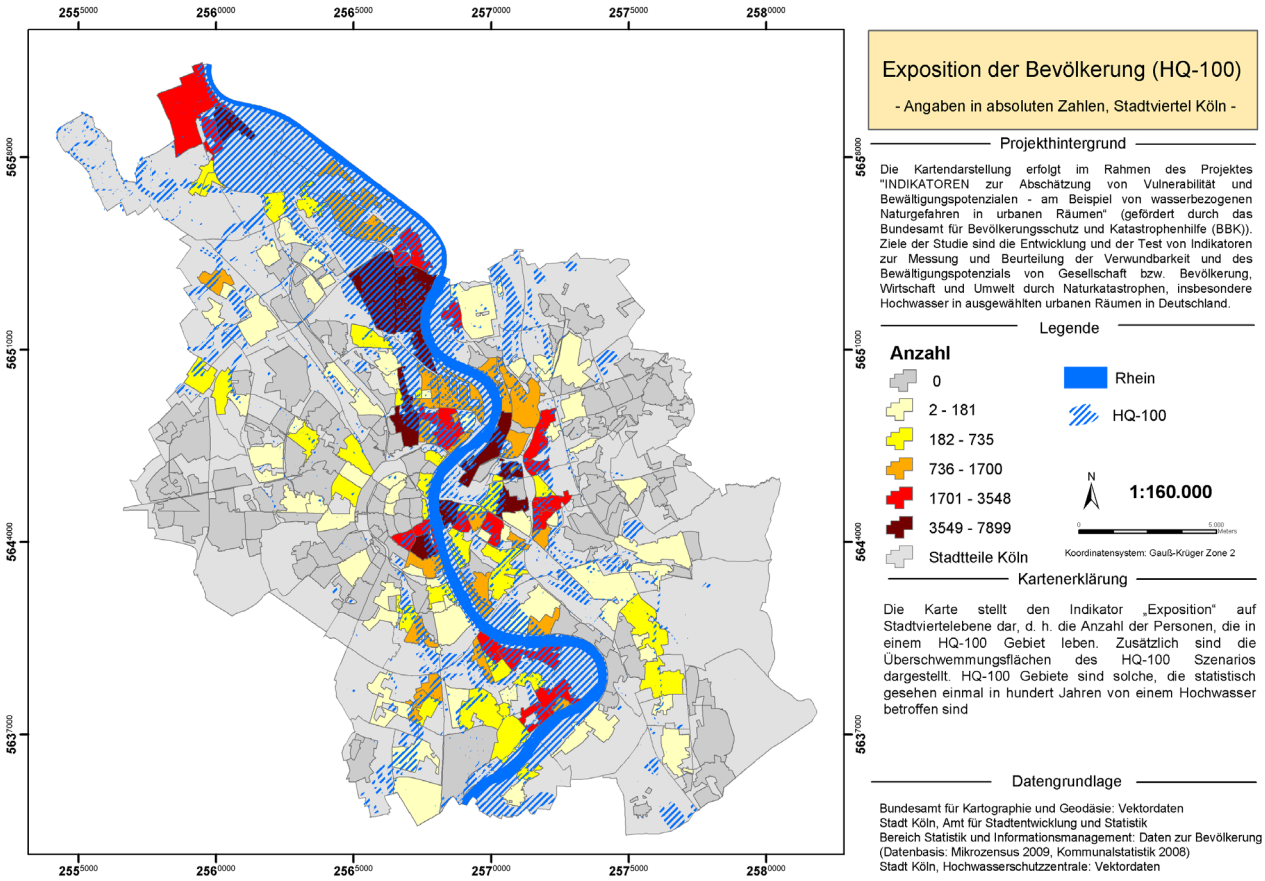
Quelle: Birkmann et al. 2010: 52

Im Rahmen des vom Bundesamt für Bevölkerungsschutzes und Katastrophenhilfe (BBK) geförderten INDIKATOREN-Projektes wurden vertiefende Verwundbarkeitskarten für die Stadt Köln gegenüber Hochwassergefahren entwickelt, wobei insbesondere die Verwundbarkeit unterschiedlicher sozialer Gruppen sowie von Kritischen Infrastrukturen und Umweltaspekten im Mittelpunkt der Untersuchung stand (vgl. BBK 2010; BBK 2011). Für die Untersuchung der Vulnerabilität wurden in einer ersten Phase Expositionsszenarien ermittelt. Dabei wurden zwei Hochwasserszenarien für Köln genutzt, zum einen die potenziell

hochwassergefährdeten Flächen bei einem 100-jährlichen Hochwasser (Expositionsfläche HQ100), die für zahlreiche Kommunen und Regionen in Deutschland heute vorliegen, sowie eines Extremhochwassers, das in Köln als HQ500 Hochwasser gelten kann (vgl. BBK 2010: 49 ff.).

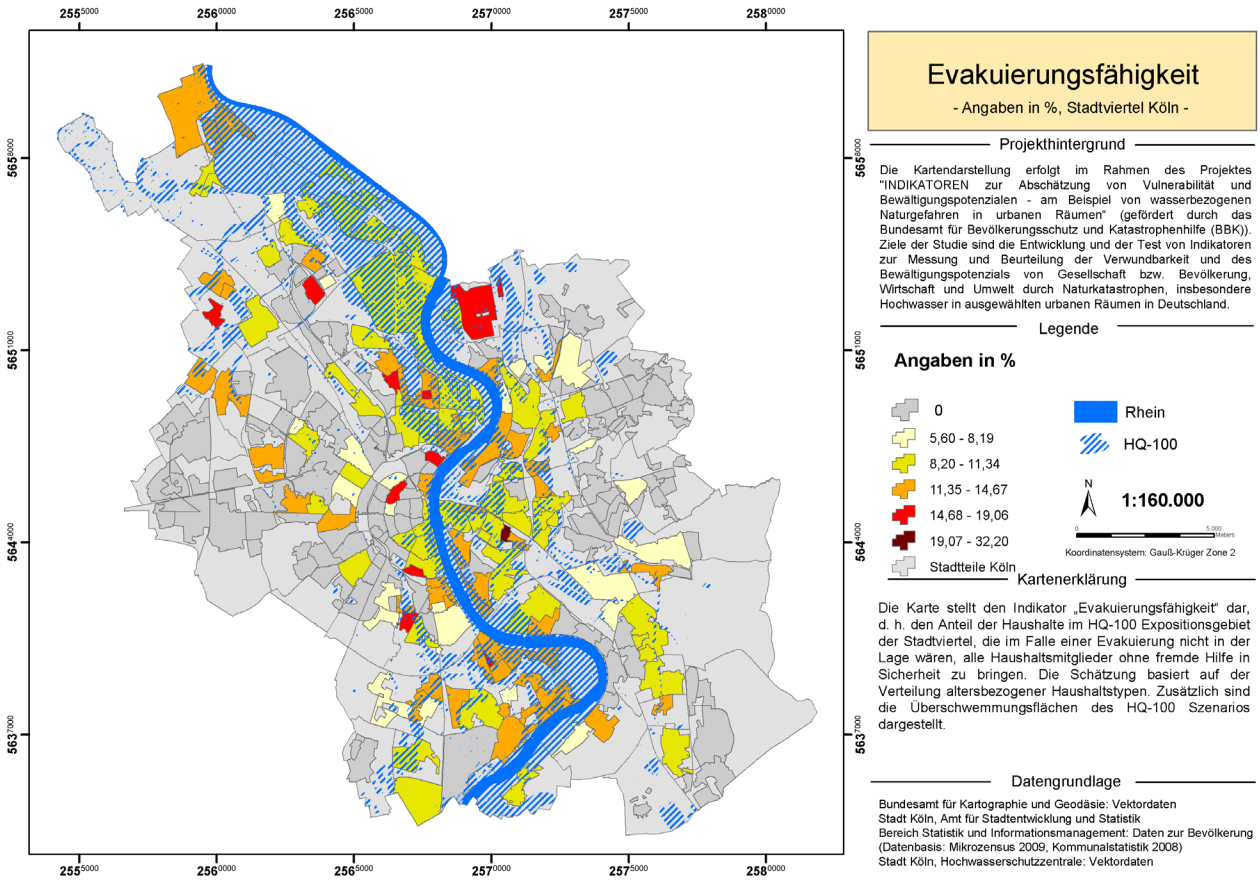
Der Entwicklung von Indikatoren zur Abschätzung der Verwundbarkeit und der Bewältigungskapazität der Bevölkerung gegenüber Hochwassergefahren liegt ein systemisches und prozesshaftes Verständnis von Verwundbarkeit zugrunde. Neben der Frage, ob überhaupt Bewohner einer Stadt Hochwassergefahren ausgesetzt sind (Exposition), wird untersucht, welche Gruppen im Falle des Hochwasserereignisses besonders große Schwierigkeiten hätten (Anfälligkeit), entsprechende Gefahren abzuwehren oder mit den Folgen umzugehen (Bewältigung). Die entsprechende Systematik sowie ausgewählte Indikatoren sind in Abb. 3.3 aufgeführt, wobei die Indikatoren auf die Akteure Bevölkerungsschutz und Planung gerichtet sind. In dieser Hinsicht wurden sog. Kernindikatoren einerseits und kommunalspezifische Indikatoren andererseits differenziert. Die Kernindikatoren können in den meisten Kommunen mit Daten der kommunalen Statistik ermittelt werden, wohingegen die kommunalspezifischen Indikatoren meist eigene Befragungen der Kommune (z. B. im Rahmen eines kommunalen Mikrozensus) oder Erhebungen von Forschungspartnern erfordern. Für viele wichtige Themenbereiche im Kontext der Verwundbarkeitsforschung bietet die kommunale Statistik noch keine hinreichenden Daten und Aussagen.

Abb. 3.4: Exposition gegenüber Hochwassergefahren – HQ100, Köln



Quelle: Birkmann et al. 2010: 55

Abb. 3.5: Anfälligkeit gegenüber Hochwassergefahren – Beispiel Evakuierungsfähigkeit – HQ100, Köln

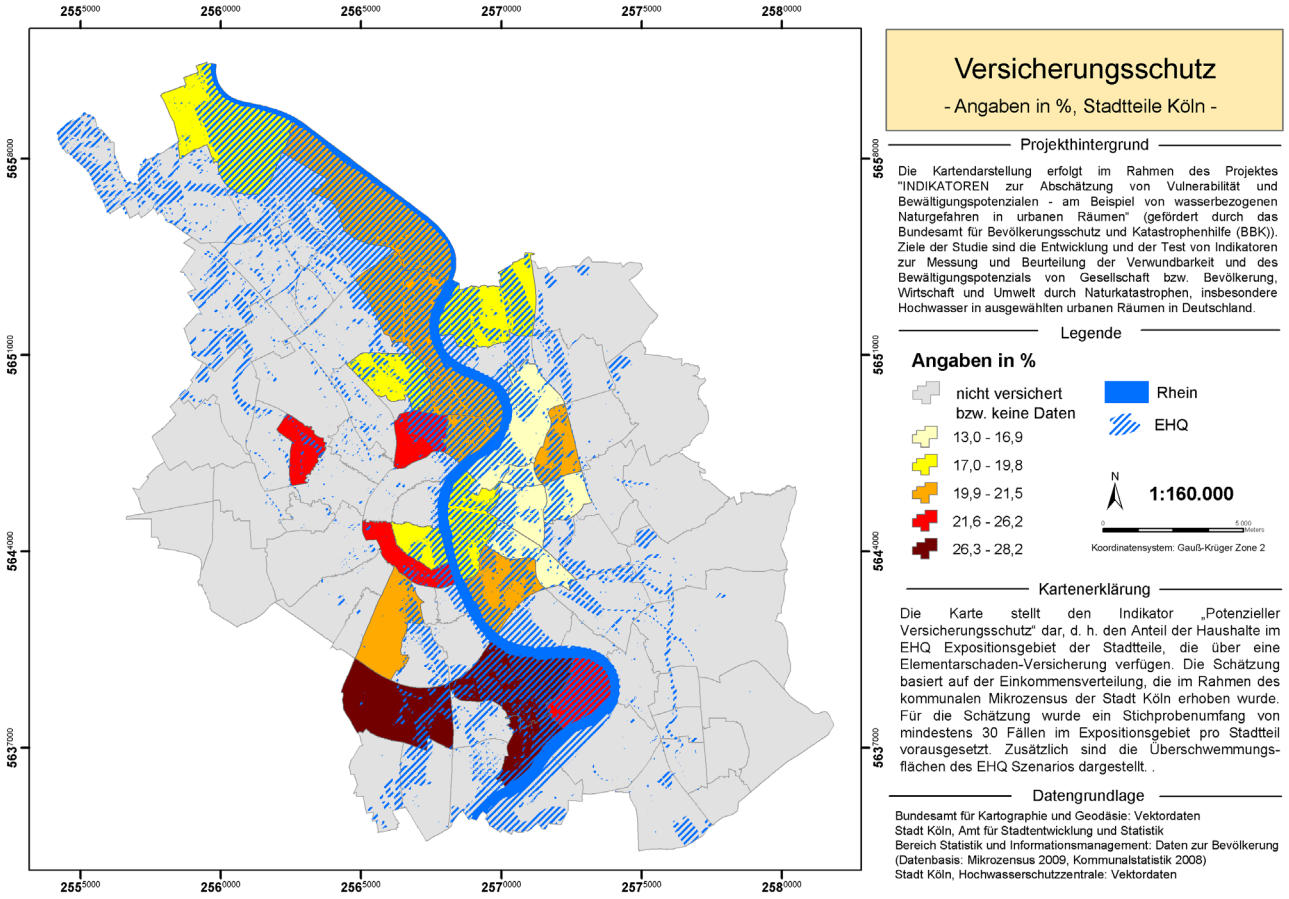


Quelle: Birkmann et al. 2010: 58

Hinsichtlich der Ermittlung der Anfälligkeit wurde z. B. erhoben, inwieweit ein Haushalt in der Lage ist, sich selbst ohne fremde Hilfe im Falle eines Hochwassers in Sicherheit zu bringen (definiert als Evakuierungsfähigkeit, um den Bezug zum Bevölkerungsschutz zu verdeutlichen). Dabei wurde beispielsweise deutlich, dass die zunehmende Anzahl alleinlebender hochbetagter Personen hier eine besonders vulnerable Gruppe darstellt, da sie sich im Falle eines Hochwassers nicht alleine in Sicherheit bringen kann und zudem über einen geringeren Anteil an sozialen Netzwerken und Kontakten verfügt, die im Falle des Ereignisses Hilfestellung bieten könnten. Die entsprechenden Indikatoren für die Anfälligkeit wurden insbesondere innerhalb der hochwasserexponierten Gebiete verglichen. In diesem Sinne stellt der gewählte Ansatz die relative Verwundbarkeit von Stadtteilen – also im Vergleich zu anderen Stadtteilen – dar. Im Sinne eines umfassenden Verwundbarkeitsverständnisses reicht es allerdings nicht, Exposition und Anfälligkeit zu betrachten, vielmehr haben zahlreiche Bewohner entlang großer Flüsse auch Erfahrungen und Ressourcen (Bewältigungskapazitäten), die sie im Ereignisfall nutzen, um das Hochwasserereignis möglichst schadlos zu überstehen. Demzufolge wurden auch Indikatoren entwickelt, die eine Abschätzung verschiedener Aspekte der Bewältigungskapazität erlauben. Hierzu wurden beispielsweise die Indikatoren „Versicherungsschutz gegenüber Hochwasserschäden" und „Erfahrungen mit Hochwasserereignissen" ausgewählt. Bei der Ermittlung des tatsächlichen Versicherungsschutzes für einige Stadtteile konnte auf die kommunale Befragung der Stadt Köln aufgebaut werden. Für die Ermittlung einer differenzierten Aus-

sage für alle Stadtteile in Köln mussten allerdings entsprechende Abschätzungen über die jeweilige Einkommensstruktur der Haushalte erfolgen. Die Karte ist daher auch nicht auf Stadtviertel, sondern nur auf Stadtteile bezogen, da auf dieser Ebene differenzierte Daten zu den Einkommenshöhen der Haushalte vorlagen. Eine deutliche Korrelation zwischen Einkommenshöhe von Haushalten und dem Anteil der versicherten Haushalte konnte in zwei Befragungen nachgewiesen werden, sodass der Zusammenhang für Köln valide ist (vgl. im Detail Birkmann et al. 2010: 62). Zudem hatten diese Bewältigungsfaktoren in vergangenen Hochwasserereignissen in Köln und Dresden einen signifikanten Einfluss auf die erlittenen Schäden und/oder körperlichen Einschränkungen durch ein Hochwasser. Ausgewählte Karten, die die Aspekte „Exposition gegenüber Hochwasser", „Anfälligkeit" sowie „Bewältigungskapazitäten" visualisieren, sind im Folgenden dargelegt (vgl. Abb. 3.4, Abb. 3.5 und Abb. 3.6).

Abb. 3.6: Bewältigungskapazitäten gegenüber Hochwassergefahren – Beispiel Versicherungsschutz – HQ500, Köln



Quelle: Birkmann et al. 2010: 63

Mithilfe der Indikatoren konnten repräsentative Ergebnisse für einzelne Stadtgebiete erzielt werden, die zeigen, dass beispielsweise der Stadtteil Rodenkirchen im Süden von Köln zwar eine erhebliche Exposition gegenüber Hochwassergefahren aufweist, allerdings gleichzeitig einen relativ hohen Anteil an Haushalten aufweist, die über eine entsprechende Versicherung verfügen und demzufolge einen Teil der ökonomischen Schäden durch ein solches Ereignis abfedern können. Die Darstellung der einzelnen Indikatoren,

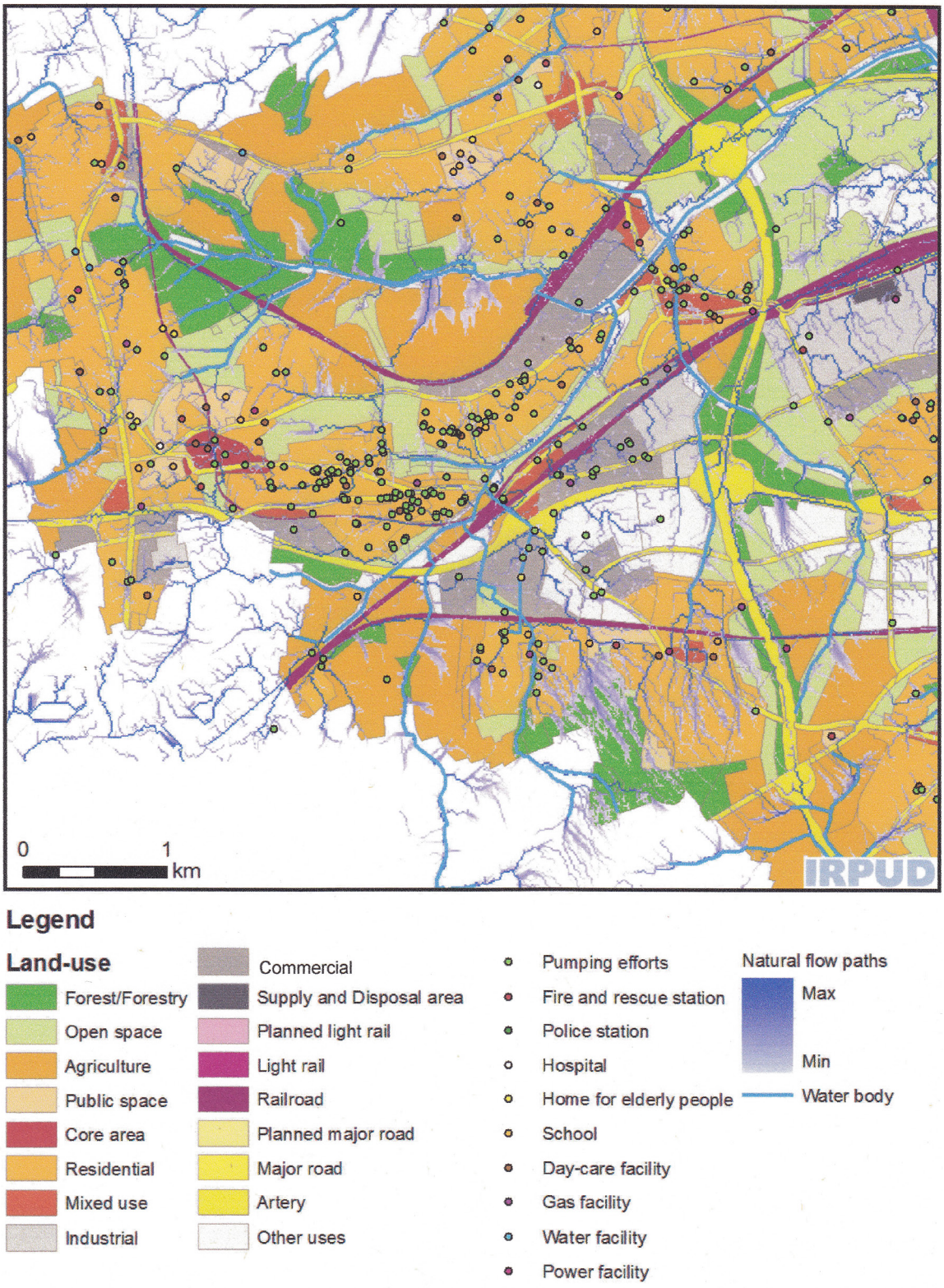
ihre Berechnungsmethodik sowie die dahinter liegenden Annahmen und Datengrundlagen sind ausführlich in einem Leitfaden und einem Forschungsbericht dokumentiert (s. BBK 2010; BBK 2011). Neben der Analyse der Verwundbarkeit unterschiedlicher sozialer Gruppen wurde in dem Projekt auch die Vulnerabilität von kritischen Infrastrukturen, wie Strom- und Wasserversorgung, untersucht. Obschon vielfach private Betreiber für die Verfügbarkeit dieser Dienstleistungen kritischer Infrastrukturen verantwortlich zeichnen, ist die Ermittlung bestimmter Schwachstellen auch für die räumliche Planung auf lokaler und regionaler Ebene besonders bedeutsam, da zahlreiche funktionalräumliche Arbeitsteilungen und Raumnutzungen auf die Verfügbarkeit der Leistungen kritischer Infrastrukturen angewiesen sind, wie z. B. Strom, Ver- und Entsorgung, Verkehrs- und Mobilitätsnetze etc. Eingehendere Beschreibungen entsprechender Assessmentmethoden zur Vulnerabilität von kritischen Infrastrukturen sind in dem o. g. Leitfaden (BBK 2010) aufgeführt und erläutert.

3.6.2 Beispiel Verwundbarkeits- und Risikoanalyse gegenüber Sturzfluten in Dortmund

Im Juli 2008 ereignete sich in Dortmund ein Sturzflutereignis, bei dem es in einigen der westlichen Stadtteile zu großflächigen Überschwemmungen mit einem Sachschaden von etwa 17,2 Millionen € kam. Ursache war eine „stationäre" Gewitterzelle, die in einem Zeitraum von drei Stunden zu einer Niederschlagsmenge von 200 mm pro m^2 führte, was mehr als dem Doppelten des durchschnittlichen Juli-Niederschlags entspricht (Grünewald et al. 2009: 16).

Ereignisse wie in Dortmund zeigen, dass derartige Sturzflutereignisse im Gegensatz zu Flusshochwassern deutlich schwieriger in ihrem räumlichen Auftreten einzugrenzen sind. Es ist somit auch kaum oder gar nicht möglich, Sturzfluten vorherzusagen, weil ihr zeitlicher Verlauf auf nur wenige Minuten oder Stunden begrenzt ist. Frühwarnung und kurzfristige Vorsorgemaßnahmen zur Verringerung des Schadens sind daher oft nicht möglich. Angesichts der hohen Unsicherheit, Aussagen zu Gefahr und Exposition machen zu können, gewinnt parallel zu Maßnahmen der Hochwasserwarnung (Grünewald et al. 2009: 88) die Analyse der Vulnerabilität an Bedeutung (INCA project 2010). Das über das Finanzierungsinstrument Katastrophenschutz der EU geförderte Projekt INCA (Linking Civil Protection And Planning By Agreement On Objectives) hatte zum Ziel, räumliche, funktionale und operationelle Lücken im Risikomanagement von Extremereignissen zu identifizieren und über einen kooperativen Prozess durch „Zielvereinbarungen" die Risikovorsorge zu verbessern und zukünftige Schäden zu vermeiden. Im Rahmen des Fallbeispiels Dortmund, das den Umgang mit Sturzfluten zum Gegenstand hatte, wurden in dem nach dem Starkregenereignis des Juli 2008 eingerichteten „Arbeitskreis Hochwasser-/Überflutungsschutz" unter Beteiligung aller zuständigen/verantwortlichen Behörden entsprechende Zielvereinbarungen getroffen. Gegenstand dieser in einem kooperativen Prozess erarbeiteten Zielvereinbarungen waren konkrete Maßnahmen zur Verringerung des Sturzflutrisikos durch die Umsetzung von Schutzmaßnahmen für den baulichen Bestand sowie zukünftige Planungen, die Identifikation kritischer Infrastruktur sowie die Erhöhung der Reaktionskapazität im Ereignisfall. Ein bedeutendes Kriterium für die Auswahl von Maßnahmen war die Analyse der Vulnerabilität gegenüber Sturzflutereignissen. Dabei konnten Zusammenhänge erkannt werden, die ohne die akteursübergreifende Vulnerabilitätsanalyse keine Beachtung gefunden hätten. Beispielhaft waren hier u. a. Umspannwerke und Krankenhäuser in sturzflutgefährdeten Gebieten zu benennen (Abb. 3.7; Greiving, Lindner 2011: 257 ff.).

Abb. 3.7: Sturzflutgefährdete und vulnerable Bereiche in Dortmund (Risikokarte)



Quelle: Greiving, Lindner 2011: 261

Bei der Identifizierung vulnerabler Bereiche wurde insbesondere die sozio-ökonomische Dimension der Verwundbarkeit betrachtet (Standorte von Feuerwachen, Polizeiwachen, Krankenhäusern, Alten- und Pflegeheimen, Schulen, Kindergärten, Gas-, Wasser- und Stromversorgungseinrichtungen).

3.7 Vulnerabilität als Grundlage für gesamträumliche Anpassungsstrategien? Beispiel Vulnerabilitätsanalyse in der Region Westsachsen

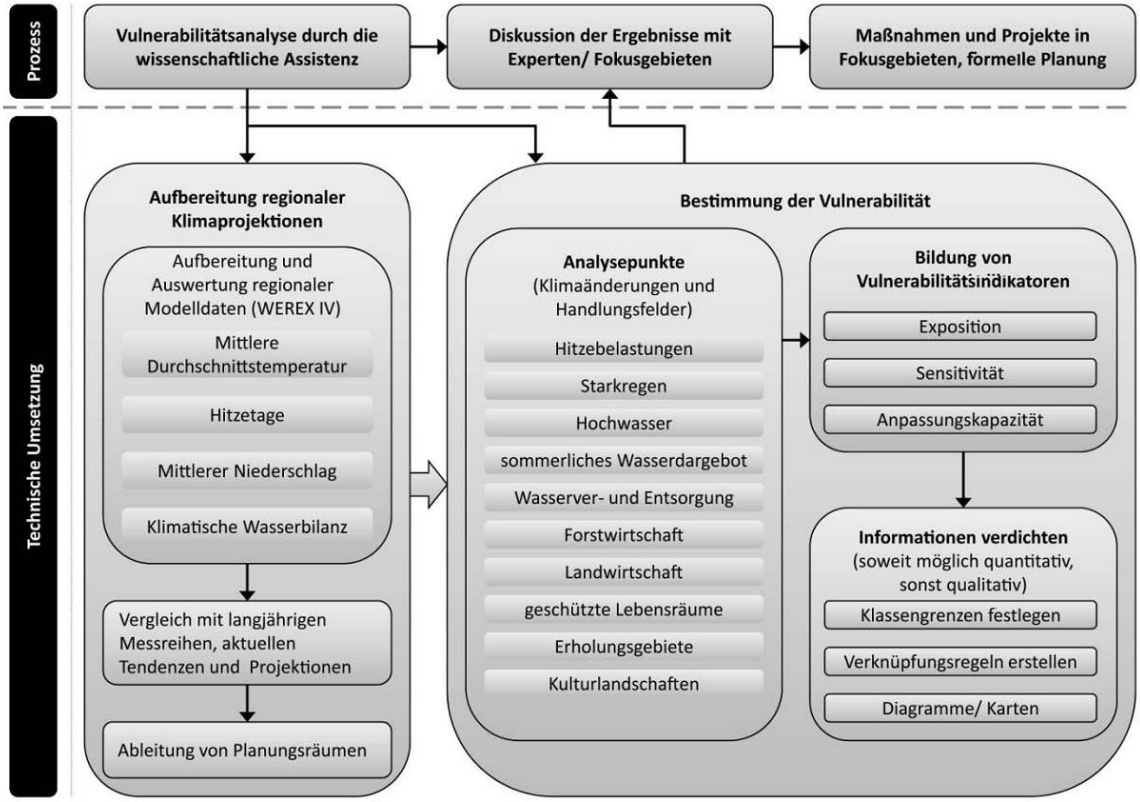
Neben der Betrachtung von Vulnerabilität in Bezug auf einzelne Wirkfolgen des Klimawandels (Hochwasser, Sturzfluten) wurde die Analyse von Vulnerabilität auch im Hinblick auf die Entwicklung von gesamträumlichen Anpassungsstrategien im Rahmen der KlimaMORO-Vorhaben „Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel" erprobt.

Im Folgenden wird beispielhaft anhand der Region Westsachsen ein Ansatz für eine Vulnerabilitätsanalyse auf regionaler Ebene sowie deren Ergebnisse und Nutzen dargestellt.

Methodisches Vorgehen

In dieser Studie wurde die Vulnerabilität nicht unabhängig von den möglichen Auswirkungen des Klimawandels betrachtet, sondern in den Zusammenhang mit den Veränderungen der wesentlichen Klimaparameter gestellt, die durch regionalisierte Klimamodelle errechnet werden (BMVBS,BBSR 2011: 29).

Abb. 3.8: Ablaufschema der Vulnerabilitätsanalyse der Modellregion Westsachsen



Quelle: BMVBS, BBSR 2011: 28

Die Vulnerabilitätsanalyse folgt insofern dem Verständnis der Klimafolgenforschung, wonach Vulnerabilität als das Ergebnis von räumlichen Wirkungen des Klimawandels (Exposition), anfälligen Raumnutzungen, -funktionen und -strukturen (Sensitivität) und der Anpassungskapazität der Gesellschaft verstanden wird (s. Abb. 3.8).

Dabei entsprechen die identifizierten Anfälligkeiten (Sensitivitäten) weitestgehend denen des risikobezogenen Ansatzes, wie er vorwiegend im ARL-Arbeitskreis „Klimawandel und Raumplanung" betrachtet wird. Die Ergebnisse werden GIS-basiert dargestellt. Die Analyseansätze für die einzelnen Themenfelder der Vulnerabilitätsanalyse in der Modellregion Westsachsen sind in Tab. 3.1 in ihren Grundzügen aufgeführt (BMVBS, BBSR 2011: 31).

Tab. 3.1: Beispiele für die Vulnerabilitätsanalyse der Modellregion Westsachsen

Analysegegenstand	**Exposition**	**Schutzziel**	**Sensitivität**	**Anpassungskapazität**
Vulnerabilität gegenüber Hochwasser	Aktuelle und potenzielle Überschwemmungsgebiete bzw. Auen: Überschwemmungstiefe und spezifischer Abfluss	Schutz von Siedlungs- und Infrastrukturbestandteilen vor Folgeschäden durch Flusshochwasser	Sozioökonomisch bedingt: Siedlungen, Infrastrukturen und sensitive Nutzungen	Verminderungskapazität des Schadpotenzials durch Minderung des Konfliktpotenzials
Vulnerabilität der Forstwirtschaft gegenüber Klimaveränderungen	Zunehmende negative Wasserbilanz bzw. Wahrscheinlichkeit von Trockenphasen und Stürmen	Erhalt der Nutz- , Schutz- und Erholungsfunktionen der Wälder	Standörtlich bedingt: Wasserspeichervermögen des Bodens, Grundwasserflurabstand und Relief Verminderungskapazität: Waldumbau mit geeigneten Baumarten	Vegetationsbedingt: aktuelle Hauptbaumart und Sensitivität gegenüber Trockenheit, Waldbrand, Insektenbefall, Sturmwurf und Spätfrost

Quelle: BMVBS, BBSR 2011: 32

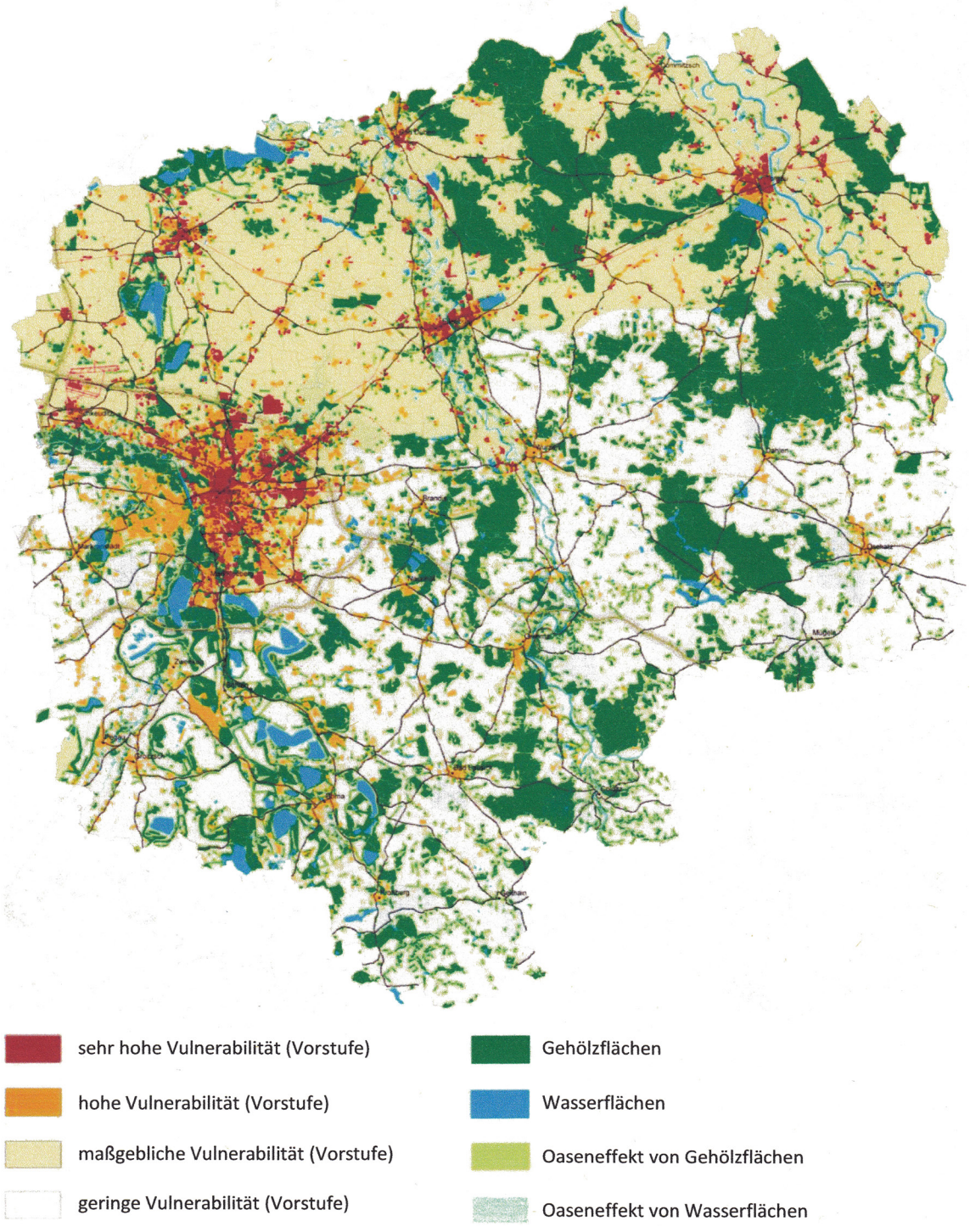
Wie bei anderen integrierten Vulnerabilitätsanalysen ist die Art der Aggregation von Parametern sowie der Zusammenführung der verschiedenen Verwundbarkeitsbereiche eine entscheidende methodische Frage. In der Vulnerabilitätsstudie Westsachsen wurde eine Verschneidungsmatrix zur Aggregation der einzelnen Parameter und zur Bildung von drei Verwundbarkeitsklassen (hoch, mittel, gering), basierend auf Klassifizierungsansätzen aus der Fachliteratur, erarbeitet (Beispiele hierzu in Tab. 3.2). Auf diese Weise sind im Ergebnis zumeist eine oder mehrere thematische Karten entstanden (BMVBS, BBSR 2011: 31).

Tab. 3.2: Beispiele für Vulnerabilitätsindikatoren der Modellregion Westsachsen: Hitzebelastungen, Vertiefung für potenzielle Belastungsräume

Komponente	Ausgangsinformation	Messvorschrift [Anzahl Klassen]	Teilindikator	Indikator	Aggregation	Ergebnis
Wirkfolge, Exposition	Erhöhung der Anzahl der Hitzetage	Keine differenzierte Exposition innerhalb städtischer Gebiete				
Sensitivität	Bevölkerungsprognose	Anteil der Bevölkerung unter sechs und über 65 Jahre	Demografische Sensitivität			
	Dichte von Einrichtungen	Dichte sozialer Einrichtungen (Krankenhäuser und Kliniken, KiTas, Alteneinrichtungen), relative Dichtewerte (Standorte/km2)				
Sensitivität	Versiegelungsgrad	Versiegelungsgrad von Landnutzungstypen	Nutzungsbedingte Sensitivität (inkl. Oaseneffekt)	Vulnerabilität urbaner Räume gegenüber Hitze	Verknüpfungsmatrix mit 3 Vulnerabilitätsklassen Direkte Umsetzung im GIS	Abbildung vulnerabler Bereiche in Siedlungsgebieten sowie relevanter Minderungsbereiche
Anpassungskapazität	Verminderungskapazität durch klimaökologische Komfortinseln	Wasserflächen und vielfältig strukturierte Vegetationsflächen mit mind. 3 ha Fläche und 50 m Durchmesser, differenzierter Mindestabstand zu Straßen (400/100 m), nach Typ differenzierte Ausstrahlungseffekte (400/200 m)				
	Ausweichkapazität	Siedlungsflächen mit waldartigem Baumbestand (500 m zu Wohnbestand, mind. 3 ha Größe) 30 Minuten Naherholungszone				

Quelle: BMVBS, BBSR 2011: 36 (verändert)

Abb. 3.9: Vulnerabilität gegenüber Hitzebelastungen in der Region Westsachsen (Ausschnitt)



Quelle: Schmidt et al. 2011: 47

Ergebnis

Das Beispiel der Vulnerabilitätsanalyse aus Westsachsen zeigt, dass sich die dortige Regionalplanung auch mit neuen Gefahren im Kontext des Klimawandels auseinandersetzt, wie z. B. Hitzebelastungen, Starkregen oder der Verringerung des sommerlichen Wasserdarge-

bots (Schmidt et al. 2011). Dabei geht es neben der Exposition, die z. T. stark die Naturgefahrenkomponente charakterisiert und sich in der Denkschule damit eher dem Verständnis von Vulnerabilität der Klimafolgenforschung nähert (s. Kap. 3.2), auch um Fragen der Sensitivität bzw. Anfälligkeit und der Anpassungskapazitäten, z. B. in Form von Ausweichkapazitäten bei einer Hitzewelle. Weiterhin wurden im Rahmen der Vulnerabilitätsanalyse Gutachten und Expertisen (u. a. zur CO_2-Effizienz der Raum- und Siedlungsstruktur) sowie studentische Arbeiten zu weiteren Themen erarbeitet (BMVBS, BBSR 2011: 37), sodass sich die Vulnerabilitätsanalysen nicht allein auf einen methodischen Ansatz stützten. Insgesamt zeigt sich allerdings eine sehr enge Kopplung des Ansatzes mit regionalplanerischen Fragen und Landnutzungskategorien, wie z. B. die Indikatoren zu den Ausweichkapazitäten belegen. Weitergehende Fragen, z. B. zu eher individuellen Bewältigungs- und Anpassungsprozessen, werden kaum beleuchtet.

Verwendung der Ergebnisse

In der Modellregion wurden die Ergebnisse der Vulnerabilitätsanalyse vorwiegend für die Dialoge mit den unterschiedlichen – insbesondere fachlichen – Akteursnetzwerken eingesetzt. Auf Grundlage der Vulnerabilitätsanalyse wurde in der zweiten Projektphase ein Beteiligungsprozess initiiert, in dem zusammen mit einer regionalen Expertenrunde die Aufstellung eines integrierten Handlungskonzepts zur Bewältigung der Folgen des Klimawandels für die gesamte Planungsregion vorangetrieben wurde und zugleich Fokusgebiete im Sinne von regional bedeutsamen Handlungsräumen abgegrenzt wurden. In diesen Fokusgebieten wurden anschließend mit Akteuren aus verschiedenen Netzwerken regionale Strategien erörtert und konkrete Lösungsansätze erarbeitet. Durch die Bildung strategischer Allianzen konnten dabei bereits in der Laufzeit des KlimaMORO-Vorhabens Schlüsselprojekte initiiert werden und die Umsetzung wurde begonnen (BMVBS, BBSR 2011: 29).

3.8 Diskussion zur Rolle von Vulnerabilitätsanalysen

Anpassungsstrategien an den Klimawandel zielen bisher überwiegend auf die Ermittlung möglicher kleinräumiger Klimaveränderungen. Die Auseinandersetzung mit dem Thema der Unsicherheit sowie die eingehende Darstellung von Vulnerabilitätskonzepten und ersten Analysen, die auch für räumliche Planungsfragen relevant sind, zeigt, dass die Vulnerabilitätsabschätzung ein wesentlicher Ausgangspunkt für die Entwicklung von Handlungs- und Anpassungsstrategien auf regionaler und lokaler Ebene sein kann, selbst wenn die ganz dezidierten Klimafolgen nicht genau dargestellt werden können. Bereits die Analyse der möglichen Anfälligkeiten, der Bewältigungs- sowie Anpassungskapazitäten und auch die Ermittlung möglicher Expositionsszenarien bietet eine erste robuste Informations- und Entscheidungsgrundlage für entsprechende Handlungsansätze, z. B. Anpassungsstrategien. Obwohl auch deutlich wird, dass die räumliche Planung nur einen kleinen Teil der für die Vulnerabilität maßgeblichen Faktoren direkt beeinflussen kann, so hat die Regionalplanung doch insgesamt insbesondere die Bedeutung, durch entsprechende Analysen, Karten und Daten ihre Rolle als Signalplanung auch für andere Akteure wahrzunehmen (Regionalplan als Signalplan). Zum Teil werden die notwendigen Daten im Rahmen des Regionalmonitorings erhoben (BMVBS, BBSR 2009).

Zur Erarbeitung einer regionalen, auf einer Vulnerabilitätsanalyse basierenden Anpassungsstrategie sind zwei grundsätzliche Bereiche bzw. Unterscheidungen zu beachten: zum einen Maßnahmen und Instrumente, die sich mit den bestehenden Raum- bzw. Siedlungsstrukturen auseinandersetzen, und zum anderen Maßnahmen sowie Instrumente, die bei der Entwicklung neuer Flächen greifen. Im ersten Fall muss sich die Regionalplanung v. a. der bestehenden informellen, kommunikativen und strategischen Instrumente

bedienen. Da es keine Fachplanung für die Anpassung an die Folgen des Klimawandels gibt, dieser aber überfachliche und überörtliche Antworten erfordert, sind die Akteure der Regionalplanung und Regionalentwicklung besonders prädestiniert, hier die Rolle des „Motivators" oder „Initiators" auszufüllen (vgl. Kap. 7 in diesem Band). Für den zweiten Fall, die Entwicklung neuer Gebiete, haben v. a. formelle Instrumente eine hohe Bedeutung. Neben der kompletten Freihaltung von Flächen sind auch differenzierte Entscheidungen über die Landnutzung denkbar, beispielsweise abgestuft nach der Art der zulässigen Nutzung in Abhängigkeit von zu erwartenden Klimafolgen bzw. Klimawirkungen (vgl. Kap. 6 in diesem Band). Dabei können z. B. unterschiedliche Nutzungsintensitäten oder auch temporäre Nutzungen in Abhängigkeit von der Vulnerabilität der Nutzung festgelegt werden.

Im Hinblick auf hochwasserbedingte Extremereignisse hat die Festlegung von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten mit handhabbaren Überlagerungsregelungen eine besondere Bedeutung (BMVBS 2010a: 93 f.). Eine solche Festlegung sollte immer dann erfolgen, wenn eine Nutzungs- und Funktionsmischung zu unvertretbaren Risiken führen würde (Locher et al. 1997: 16). In der Praxis mangelt es allerdings oft an der Umsetzung. So gehört die notwendige Steuerung der Raumnutzung im Rahmen des vorbeugenden Hochwasserschutzes zu den nur unbefriedigend gelösten Problemen der Landes- und Regionalplanung (Köhl 1999: 373, 384; BMVBS 2010a: 83).

Des Weiteren sind Vulnerabilitätsanalysen wichtige Instrumente, um mögliche Wirkungskaskaden von Anpassungsmaßnahmen genauer zu erfassen, zusätzliche Vulnerabilitäten, die durch bestimmte Anpassungsmaßnahmen erzeugt werden, zu ermitteln und ggf. weitere Nachsteuerungen einzuleiten. In diesem Zusammenhang hat Birkmann (2011) das Konzept der „Anpassung erster und zweiter Ordnung" skizziert, welches verdeutlicht, dass insbesondere strukturelle Anpassungsmaßnahmen, wie z. B. Deiche oder Umsiedlungen sowie Frühwarnsysteme, vielfach weitere sozio-räumliche Anpassungsprozesse erfordern, die dann entscheiden, ob die Anpassung erster Ordnung tatsächlich als Erfolg gewertet werden kann. Beispielsweise verändern neue Deichsysteme entlang von Flüssen in einer Region oftmals das Abflussregime von Hochwassern, was insbesondere für die Unterlieger zu erhöhten Anpassungsbedarfen zweiter Ordnung führen kann. Zudem können Deiche in den Räumen, in denen sie gebaut werden, zu erheblichen Veränderungen sozio-ökologischer Prozesse oder auch der Minderung ökologischer Funktionen und Dienstleistungen z. B. von Gewässern und Gewässerrandstreifen führen, die dann eine Anpassung zweiter Ordnung erfordern.

Auch das Beispiel von Umsiedlungen macht schnell deutlich, dass die Umsiedlung aus Risikogebieten nicht nur ein physischer Prozess ist, sondern soziale Netzwerke zerstören und neue Integrationsprobleme hinsichtlich von Gast- und Heimatgemeinde schaffen kann. Folglich lässt sich die Anpassung erster Ordnung im Bereich der Umsiedlung auf die physisch-räumliche Veränderung von Haushalten und Gemeinden beziehen, die in ihrer neuen Umgebung aber vielfach erhebliche Anstrengungen zur Anpassung zweiter Ordnung vornehmen müssen, um sich in die neue Umgebung integrieren zu können (vgl. Birkmann 2011).

3.9 Fazit

Die Ausführungen in diesem Kapitel zeigen, dass bei den regional zu erwartenden Auswirkungen des Klimawandels und den damit verbundenen handlungsrelevanten Problemen die Vulnerabilität eine zentrale Rolle spielt. Vulnerabilität ist dabei kein rechtlich normierter Begriff, sondern wird je nach Denkschule unterschiedlich definiert.

Insgesamt ist der ARL-Arbeitskreis „Klimawandel und Raumplanung" der Auffassung, dass Vulnerabilitäten gegenüber den Folgen von Klimawandel und Klimavariabilitäten als

mehrdimensionales sowie als dynamisches Phänomen betrachtet werden muss. Thematisch sollten mindestens die soziale, die ökonomische und die ökologische Dimension beachtet werden, wobei auch die institutionelle Dimension von Vulnerabilität gerade für die Planung eine besondere Bedeutung hat. Die thematischen Dimensionen knüpfen an die Trias der Nachhaltigkeit an (Umwelt, Ökonomie, Soziales), die auch für die Raumordnung und Bauleitplanung als zentrale Handlungsmaxime festgelegt ist (s. § 1 Abs. 2 ROG und § 1 Abs. 5 BauGB) an. Bezüglich der weiteren Strukturierung und Konzipierung der Vulnerabilität innerhalb einer Risikoperspektive erscheinen die neueren Ergebnisse des IPCC Spezialberichts SREX hilfreich (IPCC 2012b), der besonders die Verknüpfungen zwischen Klimawandel und Klimavariabilität einerseits und andererseits den sozio-ökonomischen Entwicklungsprozessen, die die Exposition und Vulnerabilität determinieren, verdeutlicht.

Des Weiteren zeigen die analysierten Fallbeispiele (Köln, Dortmund, Westsachsen), dass Vulnerabilität ein zentraler Ansatzpunkt für planerische Maßnahmen ist, wenn es darum geht, Raumnutzungen, -funktionen und -strukturen gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels resilienter und anpassungsfähiger zu machen. Das heißt, während die Gesellschaft bzw. die räumliche Planung die Gefahrenkomponente nur bedingt verändern kann, ist im Bereich von Vulnerabilität ein erhebliches Handlungs- und Steuerungspotenzial gegeben. Allerdings werden bisher Fragen der Vulnerabilität in der räumlichen Planung und in entsprechenden räumlichen Strategien zum Klimawandel jedoch noch nicht hinreichend berücksichtigt. Aus Sicht der Raumentwicklung rückt die Verwundbarkeit umso stärker in den Vordergrund, je weniger sichere und räumlich präzise Aussagen zur Gefährdung durch Klimafolgen möglich sind. Aussagen zur Verwundbarkeit können bereits eine hinreichende Grundlage für die Entscheidung über Anpassungsmaßnahmen sein, selbst wenn genaue räumliche und zeitlich präzise Aussagen zu den Wirkungen des Klimawandels fehlen, wie genaue Gefahrenkarten zu Starkniederschlägen oder Dürren. Zudem sind Vulnerabilitätsanalysen ein hilfreiches Instrument, um mögliche Erfolge und Misserfolge von Anpassungsmaßnahmen näher zu bestimmen. Folglich kann das Vulnerabilitätskonzept auch helfen, Anpassungsprozesse erster und zweiter Ordnung (vgl. Birkmann 2011) konkreter in ihren Auswirkungen auf die Vulnerabilität von Menschen und Räumen zu erfassen. Vielfach sind Anpassungsprozesse kein einzelner Schritt, sondern durch verschiedene Anpassungsphasen gekennzeichnet, wobei insbesondere strukturell-technische Anpassungsmaßnahmen im Kern weitere sozial-räumliche Anpassungsmaßnahmen erforderlich machen können (vgl. ebd.).

Wichtige offene Forschungsfragen in Bezug auf die Vulnerabilitätsermittlung für räumliche Planungsfragen im Kontext des Klimawandels bestehen z. B. in der Frage, wie schnell sich der Klimawandel und die Anpassungskapazitäten von Räumen und Raumnutzern entwickeln. Des Weiteren besteht erheblicher Forschungsbedarf im Bereich der Dynamiken von Vulnerabilität bezogen auf unterschiedliche Raum- und Zeitskalen. Gerade die Entwicklungen zum vorbeugenden Hochwasserschutz und die aktuellen Richtlinien und Aktivitäten zum Hochwasserrisikomanagement sowie zum Schutz von kritischen Infrastrukturen belegen, dass planerische Strategien bei einem hohen Handlungsdruck (vergangene Schäden bei Hochwasserkatastrophen in Europa) schnell entwickelt werden können, allerdings stellt sich für zahlreiche andere Problemphänomene wie Hitzewellen oder Dürren die Frage, ob sich die Geschwindigkeit, in der ein vorbeugender Hochwasserschutz in der räumlichen Planung weiterentwickelt wurde, auch für diese erzielen lässt.

Abschließend ist daher festzustellen, dass ein deutlicher Handlungsbedarf besteht: einerseits bezogen auf die weitere raumspezifische Operationalisierung der Vulnerabilität, andererseits hinsichtlich der Festlegung konkreter notwendiger Mindestqualitätsstandards für das Vulnerabilitätsassessment in der Stadt- und Regionalplanung.

4 Risiken und Chancen des Klimawandels

Jochen Schanze, Achim Daschkeit

4.1 Einführung

Die Folgen des anthropogenen Klimawandels werden bei einer vereinfachenden Betrachtung zum einen durch die regionalen Klimaänderungen (s. Kap. 2) und zum anderen durch die Vulnerabilität der betroffenen Gebiete (s. Kap. 3) bestimmt. Dabei führen Änderungen der Ausprägung von Kenngrößen wie Temperatur, Niederschlag usw. zu spezifischen Auswirkungen. Solche Änderungen können sowohl einzelne Wetterereignisse (vgl. IPCC 2012b) als auch die schleichende Zu- bzw. Abnahme und die Variabilität der Ausprägung von Klimakenngrößen betreffen. Es ist zu erwarten, dass es weniger zu völlig neuartigen Wetter- und Klimaphänomenen kommt als zu einem veränderten Auftreten und zu einer veränderten Intensität bekannter Phänomene.

Inwieweit sich aus den Klimaänderungen auch Auswirkungen im Naturhaushalt und mittelbar bzw. unmittelbar auch für die Gesellschaft ergeben, hängt von der Vulnerabilität der jeweiligen naturhaushaltlichen und gesellschaftlichen Prozesse ab. Einzelne Prozesse können sich gegenüber bestimmten Klimaänderungen als unempfindlich oder resilient erweisen, andere sind besonders anfällig oder erlauben nur eine geringe gesellschaftliche Bewältigung (s. Kap. 3). Die Art und das Ausmaß der tatsächlichen Folgen des Klimawandels ergeben sich damit insgesamt aus den vielschichtigen Wirkungszusammenhängen zwischen geänderten Klimakenngrößen und den jeweils betroffenen Systemen mit ihrer Vulnerabilität (vgl. Carter et al. 1994). Durch die regional unterschiedlichen Ausprägungen sowohl der Klimaänderungen als auch der naturräumlichen und gesellschaftlichen Vulnerabilität sind die Folgen des Klimawandels durch eine räumliche und zeitliche Heterogenität gekennzeichnet.

Die Abschätzung dieser Folgen ist mit erheblichen Unsicherheiten verbunden. Ursache dafür sind einerseits die notwendigen Annahmen über den Verlauf der globalen Treibhausgasemissionen und der Entwicklung der gesellschaftlichen Vulnerabilität. Hinzu kommt andererseits die Unsicherheit durch den Einsatz vielfältiger Berechnungsmodelle zur Projektion der Klimaveränderungen und zur Analyse ihrer direkten und indirekten Folgen. Diese Unsicherheiten führen dazu, dass Prognosen der zukünftigen Verhältnisse im Sinne von Vorhersagen ausgeschlossen sind. Für die räumliche Planung sind deshalb andere Ansätze im Umgang mit den zukünftigen Auswirkungen erforderlich.

Über die Wirkungszusammenhänge mit ihren Unsicherheiten hinaus sind für die Praxis der Umwelt- und Raumplanung auch Bewertungen der Folgen des Klimawandels notwendig. Bewertungen beruhen generell auf gesellschaftlichen Wertvorstellungen und Zielen. Im Fall der räumlichen Planung wird i. d. R. eine ganze Reihe von Zielen formuliert für die Abstimmung verschiedener sich überlagernder räumlicher Funktionen und Nutzungen. Aus diesem Grund können unterschiedliche, aber auch dieselben Folgen des Klimawandels abhängig von den jeweiligen Zielen sowohl positiv als auch negativ beurteilt werden. Einer differenzierten Bewertung kommt insofern für die räumliche Planung eine wesentliche Bedeutung zu.

Die skizzierte Problemstellung lässt sich wissenschaftlich als (Umwelt-)Risiko einordnen (vgl. WBGU 1999). Aus der Warte der Naturwissenschaften ist es v. a. die Unsicherheit des

Auftretens der Wirkungszusammenhänge, die zu einer Einstufung als Risiko führt. Für die Sozialwissenschaften spielen des Weiteren u. a. die Unterscheidung von negativen Risiken und positiven Chancen sowie von Risiken durch Verursacher und Gefahren für Betroffene eine Rolle (z. B. Weichhart 2007). Insofern ist davon auszugehen, dass Erkenntnisse aus beiden Wissenschaftsdomänen dazu beitragen können, die Folgen des Klimawandels systematisch zu verstehen und daraus Schlussfolgerungen für die Praxis der Umwelt- und Raumentwicklung abzuleiten.

Gegenstand des Kapitels ist eine zusammenfassende Darstellung wesentlicher Erkenntnisse über die Risiken und Chancen des Klimawandels im Hinblick auf die Aufgaben der räumlichen Planung. Dazu wird sowohl auf relevante wissenschaftliche Risikokonzepte als auch auf bisherige inhaltliche Erkenntnisse zu möglichen vor- und nachteiligen Folgen des Klimawandels in Deutschland eingegangen. In Bezug auf die wissenschaftlichen Risikokonzepte werden Facetten des Risikobegriffs im Kontext des Klimawandels erläutert und grundlegende Ansätze zur Analyse seiner raumbedeutsamen Wirkungen und Unsicherheiten abgeleitet (s. Abschnitt 4.2). Im Weiteren erfolgt eine Zusammenstellung maßgeblicher raumbedeutsamer Risiken und Chancen für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland (s. Abschnitt 4.3). Darauf aufbauend werden generelle Anpassungsoptionen beschrieben, wobei Maßnahmen im Vordergrund stehen, die mithilfe von räumlicher Planung gesteuert werden können (s. Abschnitt 4.4). Zuletzt werden Schlussfolgerungen für die räumliche Planung gezogen sowie der weitere Handlungsbedarf für die Raumplanung und die Raum- und Umweltwissenschaften benannt (s. Abschnitt 4.5).

4.2 Relevante Begriffe und konzeptionelle Grundlagen

In der Wissenschaft werden sehr unterschiedliche Begriffe und Konzepte von Risiko und Chance verwendet (vgl. WBGU 1999; SRU 1999; Weichhart 2007; Renn 2008). Im Folgenden werden zunächst die einzelnen Verständnisse kurz dargestellt, bevor auf deren Relevanz für die Beschreibung und Handhabung des Klimawandels in der räumlichen Planung eingegangen wird.

4.2.1 Begriffe „Risiko“ und „Chance“

Ein weit zurückreichendes Verständnis von Risiko stammt aus den Naturwissenschaften. Risiko wird dabei als diejenige Form von Unsicherheit aufgefasst, die sich als Wahrscheinlichkeit quantifizieren lässt (vgl. Knight 1921). Mittlerweile hat der Begriff zusätzlich eine materielle Dimension erhalten, indem von der Wahrscheinlichkeit bestimmter, v. a. negativer Konsequenzen ausgegangen wird (z. B. ISO 2009; UN/ISDR 2004). Nach Wilkinson (2006) unterscheidet sich ein Risiko von anderen Formen der Unsicherheit durch die Beschreibbarkeit der Wirkungszusammenhänge und die Quantifizierbarkeit der Unsicherheit. Diesem „bestimmten Risiko“ wird u. a. vom WBGU (1999) ein „unbestimmtes Risiko“ gegenübergestellt, dessen Unsicherheit nur im Sinne einer Möglichkeit angegeben werden kann. Wilkinson (2006) bezeichnet Letzteres nicht als Risiko, sondern als Ungewissheit. In den Umwelt- und Ingenieurwissenschaften sowie insbesondere in der Naturgefahren- und Technikfolgenabschätzung findet heute v. a. das „bestimmte Risiko“ breite Anwendung (z. B. Adams 1995; Renn 2008).

In der präskriptiven Entscheidungstheorie der Wirtschaftswissenschaften wird Risiko als eine Randbedingung von Entscheidungen aufgefasst, bei der die Konsequenzen von Handlungsalternativen in Form von Wahrscheinlichkeiten bestimmbar sind (vgl. z. B. Eisenführ, Weber 1989). Entscheidungen unter Risiko werden differenziert von Entscheidungen unter Unsicherheit, deren Konsequenzen nicht hinreichend quantitativ ermittelt werden können.

In der Soziologie existieren mehrere Risikokonzepte; einen Überblick gibt Weichhart (2007). Verbreitet ist die Gegenüberstellung von (nachteiligem) „Risiko" und (vorteilhafter) „Chance" (z. B. Wildavsky 1991). Des Weiteren wird Risiko als nachteilige Folge eines bewussten Entscheidungskalküls der „Gefahr" als nachteilige Folge der Entscheidung Dritter gegenübergestellt (z. B. Luhmann 1990, 1991). Kontrovers wird teilweise die Unterscheidbarkeit zwischen einem „objektiven" und einem „subjektiven" Risiko diskutiert (vgl. z. B. Weichselgartner 2002).

Der psychologisch-kognitive Ansatz ist auf Faktoren gerichtet, die das (nicht-)rationale Bewusstsein und daraus hervorgehende Entscheidungen beeinflussen (vgl. Slovic 2000). Damit lässt sich die Relevanz von individuellen und kollektiven Werten, Gefühlen, Erfahrungen und Perspektiven für die Wahrnehmung der „realen" Welt verstehen. Aus diesem Ansatz ergibt sich kein eigenständiger Risikobegriff, sondern ein Zugang zur Risikowahrnehmung von Entscheidungsträgern und Betroffenen. Und diese Wahrnehmung kann sich deutlich von den mit wissenschaftlichen Methoden „objektiv" bestimmten Risiken unterscheiden; sie spielt insofern für das Risikomanagement eine Rolle.

Die Rechtswissenschaften grenzten im deutschsprachigen Raum bisher die Gefahrenabwehr vom Restrisiko im Sinne einer Maßnahmenschwelle ab (z. B. Scherzberg 1993: 484, 491; Di Fabio 1994: 111). Durch die europäische Gesetzgebung zeichnet sich zurzeit eine Erweiterung der bisherigen Paradigmen ab, indem zusätzlich der naturwissenschaftliche Risikobegriff zu berücksichtigen ist.

4.2.2 Risiko und Chance des Klimawandels aus Sicht der räumlichen Planung

Das skizzierte Spektrum an wissenschaftlichen Begriffen und Konzepten macht deutlich, dass für die räumliche Planung näher zu bestimmen ist, was unter Risiken und Chancen des Klimawandels verstanden werden kann. Vor allem die Einbeziehung sowohl der Wirkungszusammenhänge mit ihren Unsicherheiten als auch von deren Bewertung im Hinblick auf mehrere Ziele und Grundsätze legt nahe, mehrere Begriffsverständnisse und Konzepte miteinander zu kombinieren.

Ermittlung von Risiken bzw. Chancen

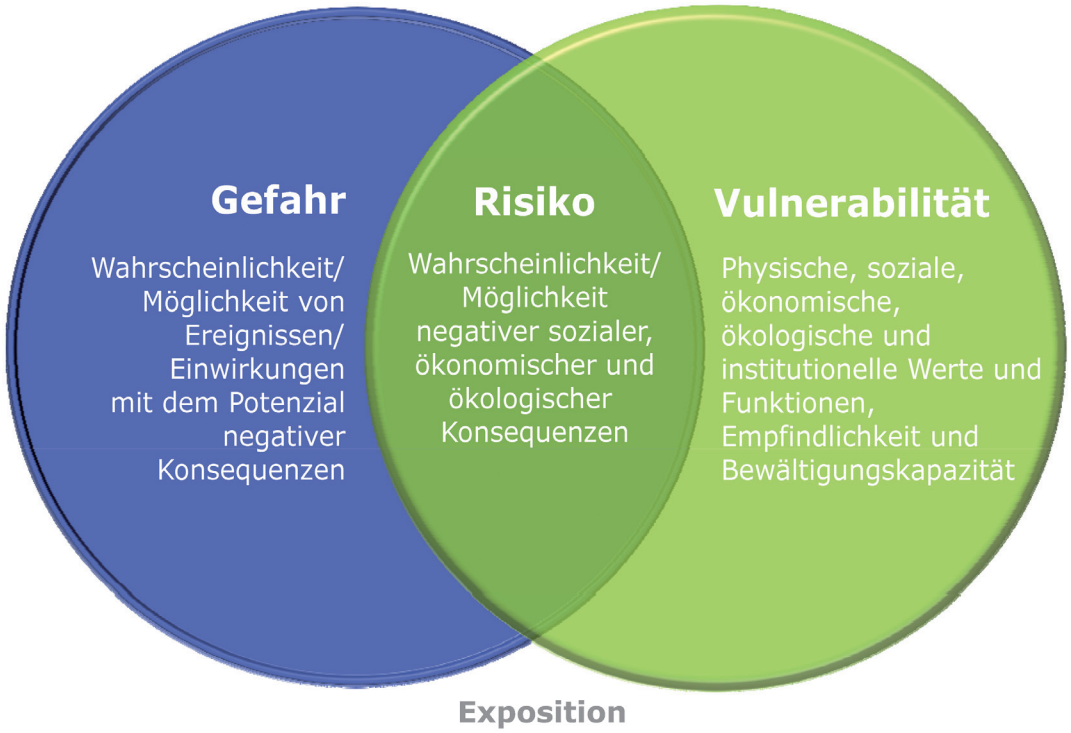
Zunächst legen die notwendigen umweltwissenschaftlichen Untersuchungen der Folgen des Klimawandels einen Bezug zum naturwissenschaftlichen Risikokonzept nahe. Das heißt, es geht um grundsätzlich beschreibbare Wirkungszusammenhänge, deren Auftreten mit Unsicherheit behaftet ist. In der Klimafolgenforschung ist für diese Wirkungszusammenhänge der Begriff „Risiko" allerdings wenig oder zumindest nicht in einer strikten Auslegung verbreitet. Stattdessen wird in Bezug auf die Auswirkungen in erster Linie von Wirkungen (impacts), teilweise auch von Vulnerabilität gesprochen. Letztere gibt dabei jedoch nicht das Potenzial für das Eintreten bestimmter Auswirkungen an, sondern die Auswirkungen selbst (vgl. Zebisch et al. 2005; Stock et al. 2009; s. a. Kap. 3). Risiko wird teilweise synonym für Wirkung und Vulnerabilität (vgl. Schneider et al. 2007) oder als Bezeichnung für Unsicherheit (possibility) verwendet (Halsnæs et al. 2007).[1]

Nachdem sich der Klimawandel auch auf die meteorologisch bedingten Naturgefahren auswirkt, gewinnt das Risikoverständnis aus dem Bereich der Naturgefahrenforschung

[1] Interessanterweise gebrauchen die letztgenannten Autoren den Begriff Risiko auch im naturwissenschaftlichen („combination of the probability of an event and its consequences"), normativen („and reducing the risks of participation") und psychologisch-kognitiven Sinne („the risks (perceived by investors)") (Halsnæs et al. 2007: 131, 124, 128).

für die Abschätzung der Folgen des Klimawandels zunehmend an Bedeutung.[2] Risiko ist dort relativ einheitlich als die Wahrscheinlichkeit bestimmter (negativer) Konsequenzen definiert (z. B. Schanze 2006; Samuels et al. 2009). Erst in den zurückliegenden Jahren ist ein Konzept hinzugekommen, das Risiko als die Kombination von Gefahr (hazard) und Vulnerabilität (vulnerability) versteht (ebd.). Die Gefahr beschreibt dabei die Wahrscheinlichkeit von Ereignissen mit einer definierten Ausprägung, die Vulnerabilität den Wert (z. B. Wert eines Gebäudes) bzw. die Funktion (z. B. Funktion einer Infrastruktur), die Empfindlichkeit und die Bewältigungskapazität eines Rezeptors (Schanze 2009; s. Abb. 4.1). Ein Risiko tritt dann auf, wenn Subjekte, Objekte oder ganze Systeme (z. B. Dorfgemeinschaft), die gegenüber einer Gefahr vulnerabel sind, dieser Gefahr ausgesetzt werden (vgl. z. B. Samuels et al. 2009).

Abb. 4.1: Bestimmtes und unbestimmtes Risiko als Resultat der Exposition von Gefahr und Vulnerabilität



Quelle: Schanze 2009: 3 (verändert)

Um die (naturwissenschaftlichen) Risiken bzw. Chancen des Klimawandels im Rahmen der räumlichen Planung zu bestimmen, sind Analysen der Wirkungszusammenhänge zwischen den veränderten Klimakenngrößen einerseits und der naturhaushaltlichen und gesellschaftlichen Vulnerabilität andererseits vonnöten. Außerdem bedarf es der Ermittlung der Unsicherheiten dieser Wirkungszusammenhänge. Derartige Wirkungsanalysen und der Umgang mit der Unsicherheit der Zukunft sind für die Umwelt- und Raumentwicklung keinesfalls neu. Allerdings ergeben sich durch die Vielschichtigkeit der durch den Klimawandel ausgelösten Folgen besondere Herausforderungen an das inhaltliche Spektrum und die Tiefe derartiger Untersuchungen.

[2] Im jüngsten SREX-Report des IPCC zeichnet sich deshalb eine Anlehnung der Klimafolgenforschung an die Begrifflichkeit der Naturgefahrenforschung ab (IPCC 2012b) (s. auch Kap. 3).

Im Hinblick auf die Wirkungszusammenhänge sind im Prinzip alle Klimakenngrößen und die von ihnen beeinflussten naturhaushaltlichen und gesellschaftlichen Prozesse zu betrachten. Außerdem besteht ein Bedarf, sowohl die schleichenden Veränderungen als auch die sich in Ausmaß und Häufigkeit ändernden Einzelereignisse einzubeziehen. Dies führt zu einer erheblichen Komplexität der Folgenabschätzung, die zumindest den Untersuchungsrahmen von Umweltverträglichkeitsstudien erfordern dürfte.

In Bezug auf die Unsicherheit ergibt sich die Herausforderung, dass die Randbedingungen der künftigen Umwelt- und Raumentwicklung hinsichtlich des Klimas, aber auch weiterer Megatrends wie demografische, wirtschaftliche und technologische Entwicklung sowie den Wandel des Flächennutzungsbedarfs, eine große Bandbreite aufweisen können. Nachdem die räumliche Planung bisher zwar bereits mit erheblichen Unsicherheiten konfrontiert ist, diese jedoch in der Praxis häufig durch eine frühzeitige Fokussierung auf einzelne Entwicklungspfade außer Acht gelassen werden, wird im Weiteren näher auf die Bedeutung der Unsicherheit eingegangen.

Berücksichtigung von Unsicherheiten

Bei der Projektion des Klimawandels und der Abschätzung seiner Folgen spielen zwei Formen der Unsicherheit eine zentrale Rolle, die inhärente (aleatorische) und die erkenntnistheoretische (epistemologische) Unsicherheit (vgl. Hall 2003; Schanze 2009). Die inhärente Unsicherheit resultiert aus der Komplexität von Systemen und dem damit verbundenen beschränkten Wissen, die eine Vorhersage der Entwicklung der Systeme ausschließt. Zur Handhabung dieser Art von Unsicherheit werden qualitative und quantitative Verfahren eingesetzt. Zu den qualitativen Verfahren gehört beispielsweise die annahmenbasierte Szenariotechnik, zu den quantitativen Ansätzen die statistische Bestimmung von Wahrscheinlichkeiten.

Im Gegensatz zum beschränkten Wissen besteht die Ursache für die erkenntnistheoretische Unsicherheit in der begrenzten Abbildbarkeit von bekannten Wirkungszusammenhängen. So ist es i. d. R. kaum möglich, die räumlichen und zeitlichen Ausprägungen von Gebietsmerkmalen gerade auf einer für die räumliche Planung relevanten Skala mit Daten korrekt zu erfassen. Dies führt entsprechend zu einer Unsicherheit der Ergebnisse von Untersuchungen, vor allem wenn diese Ergebnisse mit quantitativen Methoden und Modellen weiterberechnet worden sind.

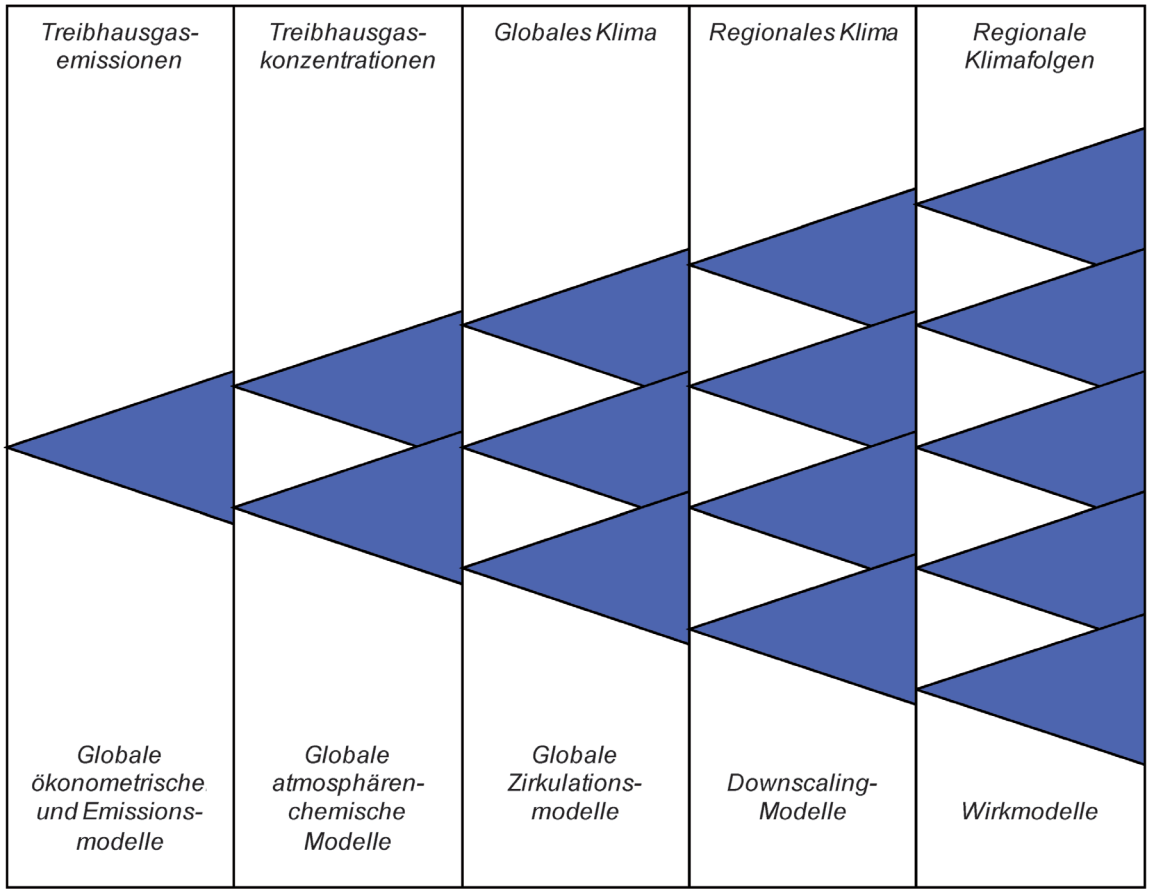
Die Abschätzung der Folgen des Klimawandels im Sinne von Risiken und Chancen ist mit beiden Formen der Unsicherheit verbunden. Die inhärente Unsicherheit geht insbesondere auf die komplexen gesellschaftlichen Ursachen zurück, die den zukünftigen Verlauf der globalen Treibhausgasemissionen bestimmen. Entsprechend können nur annahmenbasierte Szenarios formuliert werden. Dazu sind im Special Report on Emission Scenarios (SRES) (IPCC 2000) sog. Storylines formuliert worden. Im Sinne von Annahmen charakterisieren sie alternativ denkbare Entwicklungen der Gesellschaft im Hinblick auf das Niveau der Globalisierung, das Wirtschaftswachstum, die verwendeten Energiequellen, regionale Einkommensunterschiede sowie die Berücksichtigung des Nachhaltigkeitsprinzips. Die Storylines liegen sämtlichen Ergebnissen zum Verlauf des Klimawandels im 3. und 4. Sachstandsbericht des IPCC zugrunde und damit bisher der Mehrzahl der Folgenabschätzungen (s. Kap. 2).

Zurzeit ist nicht erkennbar, dass die Szenarios absehbar durch Prognosen ersetzt werden können. Dies gilt v. a. auch für Szenarios der Veränderung der Vulnerabilität durch den gesellschaftlichen Wandel, die für die Folgenabschätzung ebenfalls eine zentrale Rolle spielen. Vor diesem Hintergrund lassen sich die Folgen des Klimawandels aus na-

turwissenschaftlicher Warte als „unbestimmtes Risiko“ verstehen, deren Wirkungszusammenhänge sich mehr oder weniger detailliert beschreiben lassen und deren Auftreten in Anbetracht der Annahmen bei den Szenarios zu den Treibhausgasemissionen und zur Vulnerabilität Möglichkeiten (im Sinne von Ungewissheit) darstellen.[3]

In der räumlichen Planung wird bereits seit Langem mit einer derartigen Ungewissheit in Bezug auf die gesellschaftliche Entwicklung umgegangen. Durch den Klimawandel erweitert sich die inhärente Unsicherheit auf die naturräumlichen Bedingungen, nämlich die Ausprägung von Klimakenngrößen. Nicht zuletzt dadurch ergibt sich ein Bedarf, künftig nicht nur eine einzige Entwicklungsmöglichkeit, sondern auch Alternativen zu berücksichtigen.

Abb. 4.2: Kaskade der grundsätzlichen Quellen von Unsicherheit bei Abschätzungen der Folgen des Klimawandels



Quelle: Viner 2002: 145 (übersetzt und verändert)

Bei der Untersuchung der materiellen Folgen des Klimawandels ergibt sich neben der Unsicherheit durch die Szenarios außerdem eine erkenntnistheoretische Unsicherheit durch die Projektionen und Wirkungsanalysen mithilfe von Computermodellen. Genaugenommen handelt es sich bei der Untersuchung der Folgen möglicher Klimaänderungen um Abschätzungen, die jeweils so gut sind wie die verfügbaren Daten und die eingesetz-

[3] Davon unberührt bleibt, dass sich für globale und regionale Klimaprojektionen bei einer Anwendung mehrerer Modelle oder einer Vielzahl von Modellläufen sehr wohl Häufigkeiten abschätzen lassen. Einen Leitfaden für die begriffliche Differenzierung dieser Häufigkeiten geben Mastrandrea et al. (2010).

ten Modelle. Abb. 4.2 zeigt vereinfachend eine Kaskade, welche die Fortpflanzung der Unsicherheit zum Ausdruck bringt. Sie verdeutlicht, dass es für jede Wirkungsabschätzung auch einer Bestimmung der erkenntnistheoretischen Unsicherheit bedarf.

Beide Formen der Unsicherheit, also die inhärente (szenariobasiert) und epistemologische (daten- und modellbasierte) Unsicherheit, können sich verstärken, da i. d. R. für jedes Szenario eine Projektion und Wirkungsanalyse mit nacheinander gekoppelten Modellen erfolgt. Dies betrifft die gesamte kausale Kette von den Annahmen zur gesellschaftlichen Entwicklung (v. a. Wirtschaft, Technologie, Bevölkerung) mit den darauf aufbauenden quantitativen Projektionen der globalen Treibhausgasemissionen und Klimakenngrößen bis zur Regionalisierung der Klimakenngrößen und der Abschätzung der Auswirkungen auf den Naturhaushalt sowie mittelbar bzw. unmittelbar auf die Gesellschaft.

Die explizite und evidenzbasierte Einbeziehung beider Formen von Unsicherheit ist in der Umwelt- und Raumplanung bisher kaum etabliert. Im Gegensatz zu Unternehmen, die auf dynamischen Märkten agieren, verfügen staatliche und kommunale Akteure über weniger explizite Erfahrungen im Umgang mit Entscheidungen unter Unsicherheit. Vor allem bei Bemessungsereignissen, wie sie für das Hochwasserrisikomanagement verwendet werden, spielen Wiederkehrwahrscheinlichkeiten eine Rolle. In Anbetracht des Klimawandels ist es notwendig, die statistischen Grundlagen der Bemessungsgrößen zu überprüfen und ggf. fortzuschreiben. In einigen Bundesländern werden zur Berücksichtigung einer für die Zukunft erwarteten Verschärfung der Abflussverhältnisse gebietsspezifische Klimaänderungsfaktoren verwendet. Diese dienen insbesondere bei Bauwerken des Hochwasserschutzes als Aufschläge gegenüber den für die Gegenwart ermittelten Bemessungsgrößen (vgl. Grünewald, Schanze 2011). Über diese wenigen Beispiele aus der Planungspraxis hinaus besteht ein Bedarf, auch bei flächenhaften Ausweisungen, Darstellungen und Festsetzungen sowie generell bei der Vorsorge die Unsicherheiten mit einzubeziehen.

Bewertung von Risiken und Chancen

Für die Bewertung der Folgen des Klimawandels erscheint über den naturwissenschaftlichen Zugang die Einbeziehung von sozialwissenschaftlichen Risikokonzepten erforderlich. Hierbei kommt v. a. das Begriffspaar „Risiko“ und „Chance“ in Betracht. Danach geht es um nachteilige (Risiko) und vorteilhafte (Chance) Folgen mit ihrer Unsicherheit. Beide stehen im Kontext eines Entscheidungskalküls (vgl. Weichhart 2007). Für Akteure der räumlichen Planung und aus weiteren Bereichen, die mit den Folgen des Klimawandels konfrontiert werden, existiert ein Entscheidungskalkül in Bezug auf das Klima allerdings streng genommen nicht. Dieses wäre nur dann gegeben, wenn bewusst in Kauf genommene Treibhausgasemissionen in den direkten Zusammenhang mit den daraus hervorgehenden Folgen des Klimawandels gestellt werden könnten. Auf einer globalen Ebene erscheint eine derartige Perspektive sinnfällig, auf regionaler und lokaler Ebene ist von einer weitestgehenden Entkopplung von Handlung (Klimaschutz) und Handlungsfolgen (Klimafolgen) auszugehen. Ungeachtet dessen besteht durch die (begrenzte) Steuerbarkeit der Vulnerabilität de facto eine gesellschaftliche Einflussnahmemöglichkeit auf die Folgen des Klimawandels, welche die Einordnung als Risiko oder Chance rechtfertigt.

Die Bewertung als nachteilig oder vorteilhaft erfordert den Bezug zu gesellschaftlichen Normen. Für die räumliche Planung existieren diesbezüglich vielfältige Normen aus dem Raumordnungs- und Umweltrecht. Darüber hinaus können Risiken und Chancen mit einer Referenz zu regionalen und lokalen Leitbildern, Zielen, Grundsätzen und Standards konstatiert werden. Die Raumplanung verfügt insofern über erhebliche Handlungspotenziale bei der Einstufung und Abwägung von Risiken und Chancen (Pohl, Zehetmair 2011).

Die Frage der Zurechenbarkeit von Risiken und Chancen zu einem Entscheidungskalkül führt im Weiteren auch zu der Unterscheidung von Risiko und Gefahr. Nach Luhmann (1990) kommt es für den Einzelnen darauf an, ob er an einer Entscheidung mitwirkt (Risiko) oder von ihr ohne Einflussnahmemöglichkeit betroffen ist (Gefahr). Damit kommt die für die räumliche Planung generell relevante Beteiligung von Trägern öffentlicher Belange und der Öffentlichkeit zum Tragen. Die Auseinandersetzung mit dem Klimawandel im Sinne von Good Governance wäre dabei als Risiko positiver zu beurteilen als die reine Konfrontation mit der Gefahr.

Bei der Einbeziehung Dritter spielen auch die Erkenntnisse zur Risikowahrnehmung aus der Psychologie eine Rolle (s. o.). Insbesondere sollte nicht per se davon ausgegangen werden, dass die durch Experten bestimmten Risiken und Chancen auch von den Entscheidungsträgern und Betroffenen mit ihrem jeweiligen individuellen und institutionellen Kontext genauso wahrgenommen werden. Deshalb ergeben sich erhebliche Anforderungen an die Vermittlung der Sachverhalte und an die gemeinsame Entwicklung von Lösungsansätzen.

Für den Umgang mit dem Klimawandel in Instrumenten der räumlichen Planung ist schließlich auch das Risikokonzept der Rechtswissenschaften von Belang. Zwar hat dort insbesondere mit der Einführung der europäischen Hochwasserrichtlinie der naturwissenschaftliche Risikobegriff an Bedeutung gewonnen. Nichtsdestotrotz bleibt für Deutschland die Verwendung von (Rest-)Risiko als Maßnahmenschwelle bis auf weiteres für das Recht und die Rechtsanwendung relevant. Außerdem gibt es bisher nur wenige rechtliche Regelungen für die Handhabung von Planungsgrundlagen, die auf Szenarios basieren, wie dies bei der Einbeziehung des zukünftigen Klimawandels und seiner Folgen der Fall ist.

Zusammenfassend können „Risiko" und „Chance" im Kontext des Klimawandels als Möglichkeiten von Auswirkungen verstanden werden, die durch die Art und das Ausmaß von Klimaänderungen sowie durch die Vulnerabilität des Naturhaushalts und mittelbar bzw. unmittelbar der Gesellschaft bestimmt werden. Ihre Unterscheidung basiert auf der Bewertung als nachteilig oder vorteilhaft und hängt von gesellschaftlichen Normen ab. Viele Normen sind in Anbetracht von beschränktem Wissen über die Wirkungszusammenhänge zwischen Klima, Naturhaushalt und Gesellschaft vorsorgeorientiert auf die Erhaltung des Status quo ausgerichtet. Die durch den Klimawandel zu erwartenden erheblichen Veränderungen sind insofern v. a. auch unter dem Blickwinkel von Risiken zu sehen. Das Entscheidungskalkül sowohl bei den Risiken als auch den Chancen beschränkt sich zumindest im Rahmen der Anpassung an den Klimawandel auf die (begrenzte) gesellschaftliche Steuerbarkeit der Vulnerabilität.

4.2.3 Raumbedeutsamkeit der Risiken und Chancen des Klimawandels

Die Folgen des Klimawandels für den Naturhaushalt und die Gesellschaft sind vielschichtig und betreffen eine Reihe von gesellschaftlichen Sektoren und administrativen Einheiten (vgl. z. B. Zebisch et al. 2005; BMVBS 2010a). Für die räumliche Planung sind in erster Linie die Risiken und Chancen relevant, die „raumbedeutsam" sind. Nach § 3 Abs. 1 Nr. 6 ROG wird von einer Raumbedeutsamkeit von Planungen einschließlich der Raumordnungspläne, Vorhaben und sonstigen Maßnahmen gesprochen, wenn „Raum in Anspruch genommen oder die räumliche Entwicklung oder Funktion eines Gebietes beeinflusst wird, einschließlich des Einsatzes der hierfür vorgesehenen öffentlichen Finanzmittel".

Daraus lässt sich ableiten, dass Risiken und Chancen des Klimawandels dann raumbedeutsam sind, wenn sie sich auf einen Raum beziehen oder die räumliche Entwicklung oder Funktion eines Gebietes beeinflussen, einschließlich des Einsatzes von Finanzmit-

teln.[4] Beispiele in Bezug auf die Raumbedeutsamkeit im physischen Raum sind klimatisch bedingte Veränderungen der landwirtschaftlichen Anbaumöglichkeiten in Vorranggebieten für die Landwirtschaft oder Veränderungen der bioklimatischen Verhältnisse in Siedlungen mit Folgen für Art und Ausmaß der Innenentwicklung.

Speziell die Raumbedeutsamkeit auf der Grundlage des Einsatzes von öffentlichen Finanzmitteln führt zu einem grundsätzlich sehr weiten Verständnis von Raumbedeutsamkeit (vgl. Cholewa et al. 2010). Dabei sind v. a. die in den nachfolgenden Kapiteln betrachteten Anpassungsmaßnahmen und -instrumente mit einzubeziehen. Denn auch wenn Risiken und Chancen selbst nicht raumbedeutsam sind, kann sich eine Raumbedeutsamkeit durch die Mittel zur Anpassung ergeben. So ist beispielsweise ein zunehmender Bewässerungsbedarf in der Landwirtschaft nicht per se raumbedeutsam, wohingegen dies für die Errichtung neuer Speicherbauwerke zur Bereitstellung der Wassermengen für die Bewässerung sehr wohl der Fall sein kann.

Für die Ebene der Bauleitplanung kann v. a. dann von raumbedeutsamen Folgen des Klimawandels gesprochen werden, wenn ein konkreter Bezug zur Bodennutzung besteht (§ 1 Abs. 1 BauGB), die räumlichen Auswirkungen die bauliche und sonstige Nutzbarkeit des Bodens einschränken (§ 5 Abs. 3 BauGB) oder Flächen für besondere Vorkehrungen gegenüber ihren Einwirkungen benötigt werden (§ 9 Abs. 1 Nr. 16 und 24 BauGB) (vgl. Greiving, Fleischhauer 2008; Janssen 2012).

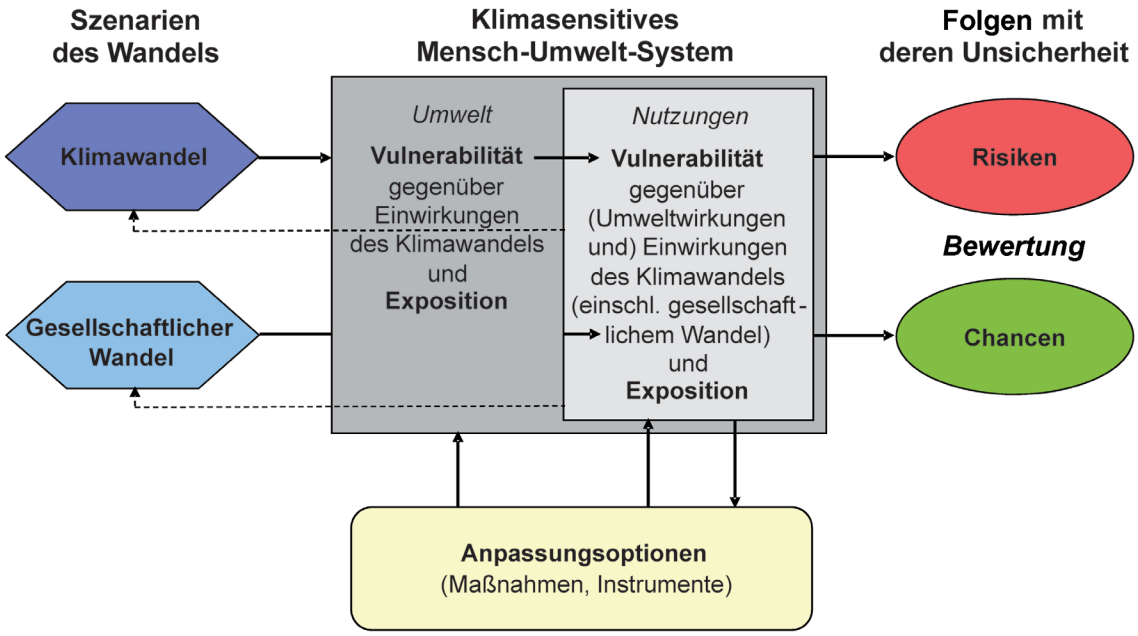
4.2.4 Ansätze zur Bestimmung von Risiken bzw. Chancen des Klimawandels

Zur Beschreibung der Folgen des Klimawandels und für die darauf aufbauende Bewertung von Risiken und Chancen bedarf es umfassender Untersuchungsansätze, in denen auf die Wirkungszusammenhänge, deren Unsicherheiten und deren Bewertung konkret eingegangen wird. Betrachtet man Ansätze der internationalen Klimafolgenforschung, stehen dort durchweg die kausalen Wirkungszusammenhänge im Vordergrund; eine Differenzierung in Risiken und Chancen erfolgt demgegenüber kaum (s. z. B. Moss et al. 2008). Außerdem wird nicht zwischen Vulnerabilität und Risiko unterschieden, was aus Sicht der Raumplanung jedoch wesentlich ist, da sie in erster Linie an der Vulnerabilität ansetzen kann.

Vor diesem Hintergrund wurde von Schanze und Sauer (2013; Schanze et al. 2012) ein Ansatz entwickelt, der das oben skizzierte mehrdimensionale Verständnis von Risiko für die räumliche Planung teilweise operationalisiert. Abbildung 4.3 gibt eine Übersicht über dieses Konzept. In dessen Mittelpunkt steht ein klimasensitives Mensch-Umwelt-System, das durch die Vulnerabilität der Umwelt und der anthropogenen Nutzungen bestimmt ist. Auf dieses System wirken der Klimawandel sowie der parallel stattfindende gesellschaftliche Wandel. Die Konsequenzen dieser Einwirkungen werden einschließlich ihrer Unsicherheiten ermittelt und danach als Risiken oder Chancen bewertet. Über Anpassungsoptionen erfolgt die Steuerung zur Reduzierung der Risiken bzw. zur Erhöhung der Chancen.

[4] Unter Bezug auf Blotevogel (2005) können dabei verschiedene wissenschaftliche Raumkonzepte relevant sein, wie insbesondere der Raum als Erdraum und natürliche Umwelt des Menschen, der relationale Raum, der Raum als formale Ordnungsstruktur, der Handlungsraum sowie der gesellschaftliche Raum.

Abb. 4.3: Systemkonzept für die stadtregionale Abschätzung der Folge des Klimawandels und der Wirkungen von Anpassungsoptionen



Quelle: Schanze, Sauer 2013 (übersetzt)

Zweifellos stellt dieses Verständnis des Problems eine grobe Vereinfachung dar, zumal ausschließlich von Wirkungen des Klimawandels bzw. gesellschaftlichen Wandels ausgegangen wird, was sich grundlegend von den systemischen Konzepten der Klimafolgenforschung unterscheidet (s. o.). Die Linearität wird damit begründet, dass es für die Stadt- und Regionalentwicklung in erster Linie darauf ankommt, die Einwirkungen des Klimawandels auf die Städte und Regionen und deren Folgen zu bestimmen. Eine Abbildung der Rückwirkungen auf das Regionalklima ist keine primäre Fragestellung und nach vorliegenden Erkenntnissen in diesem Maßstab zudem vielfach nicht signifikant (vgl. Pavlik et al. 2012).

Das skizzierte Konzept wird mithilfe sog. Schlüsselprozesse weiter untersetzt. Die Idee der Schlüsselprozesse besteht darin, für wesentliche Wirkungen des Klimawandels die relevanten Faktoren zu identifizieren und in Kausalketten von den geänderten Klimakenngrößen über die Umweltveränderungen bis zu deren Auswirkungen auf die gesellschaftlichen Nutzungen zu betrachten. Mehrere Schlüsselprozesse können dabei verknüpft und ihre Auswirkungen kumulativ bestimmt werden. Für die Modellregion Dresden sind beispielsweise bisher 14 Schlüsselprozesse ausgewählt worden, die mit ganz unterschiedlichen Methoden[5] bearbeitet werden (Näheres s. Schanze, Sauer 2013). Generell erlaubt der Ansatz die Einbeziehung vielfältiger Methoden der Wirkungs- und Risikoanalyse, wie sie bisher vorrangig für die Untersuchung einzelner Umweltfolgen bzw. gesellschaftlicher Risiken verwendet wurden.

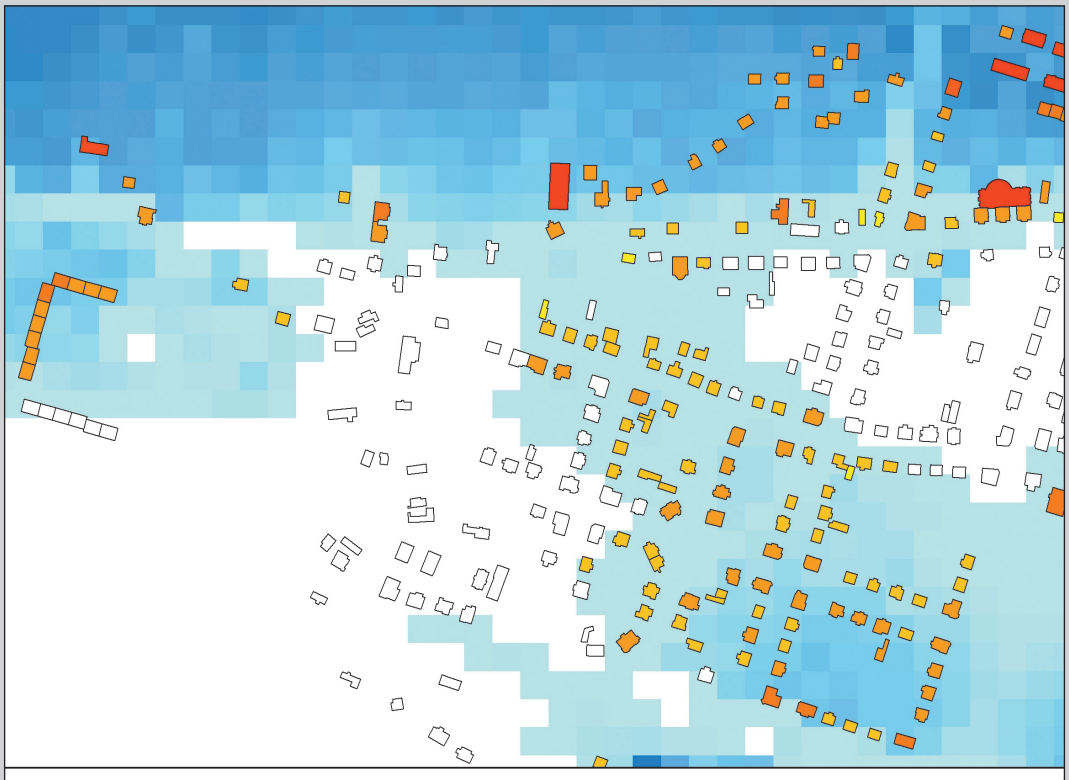
Zur Berücksichtigung insbesondere der inhärenten Unsicherheit des Klimawandels bzw. des gesellschaftlichen Wandels sollten alternative Szenarios eingesetzt werden (vgl. z. B. de Bruijn et al. 2009; Luther, Schanze 2009; Schanze, Sauer 2013). Ein Beispiel hierzu gibt die folgende Textbox.

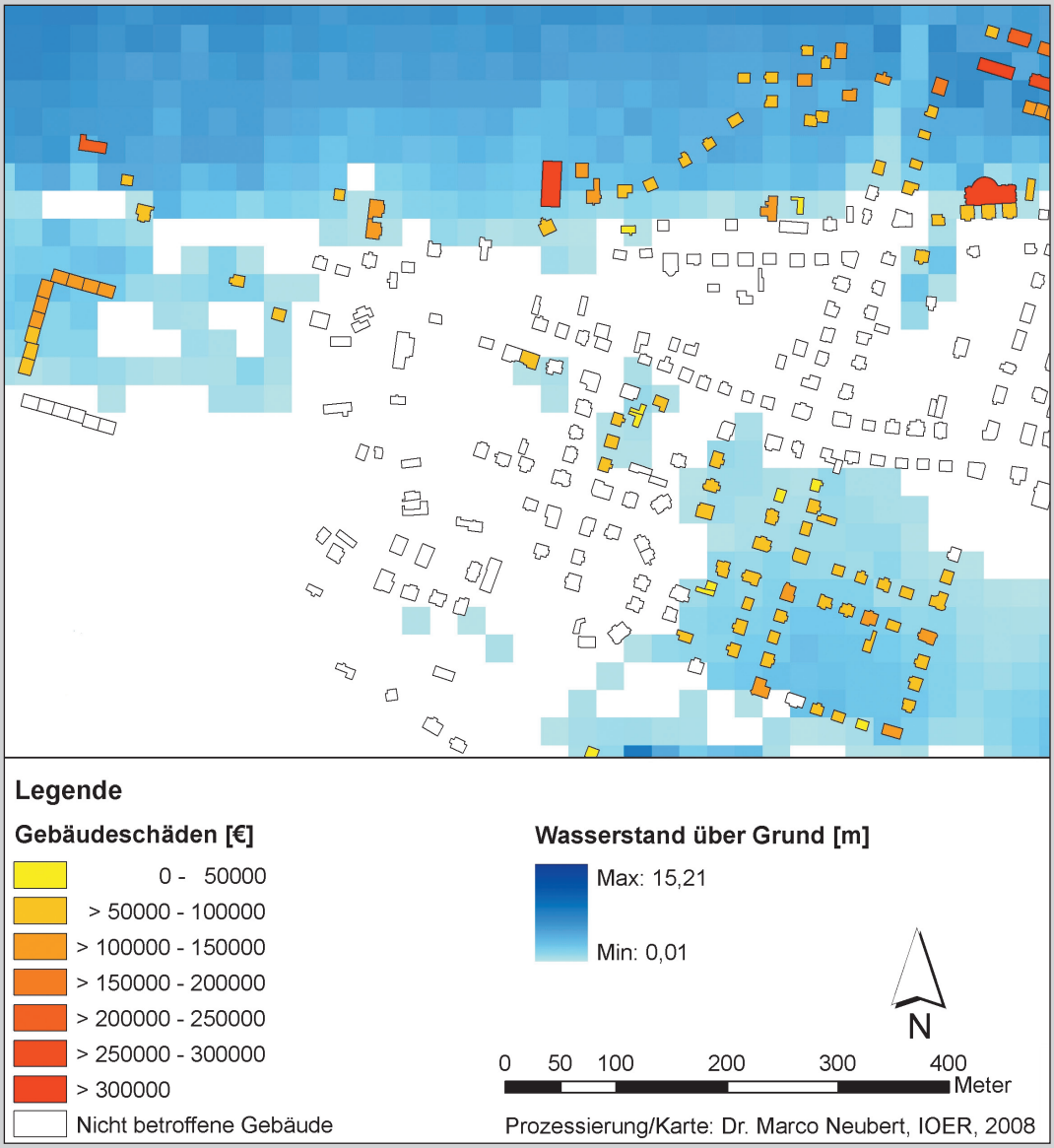
[5] einschließlich gekoppelter Modellierung

Beispiel: Veränderung der Hochwasserrisiken entlang der Elbe durch den Klimawandel

Im Rahmen des BMBF-Verbundvorhabens VERIS-Elbe (vgl. Schanze et al. 2013) wurden die Auswirkungen des Klimawandels auf die Hochwasserrisiken entlang des deutschen Elbelaufs vom Pegel Schöna bis zum Pegel Neudarchau untersucht. Als Klimaprojektionen standen Regionalisierungen des Niederschlags aus dem globalen Zirkulationsmodel ECHAM5 mit den regionalen Klimamodellen REMO und STAR für die Emissionsszenarien A1B, A2 B1 (REMO) und A2 (STAR) von 2001 bis 2100 (REMO) und 2004 bis 2055 (STAR) zur Verfügung. Zusammen mit Projektionen des demografischen und wirtschaftlichen Wandels sowie kleinräumlich auch des Landnutzungswandels wurde eine Reihe von Szenarios gebildet. Die Abschätzung der Folgen dieser Szenarios für die Hochwasserrisiken erfolgte mit einer Kette von Modellen, von einem Niederschlagsabflussmodell (LISFLOOD) über zwei Wasserstandsvorhersagemodelle (WAVOS, SMS) bis zu einem Hochwasserschadenssimulationsmodell (HOWAD). Im Ergebnis konnte für jedes Szenario und im Vergleich der Szenarios die Bandbreite der zukünftig zu erwartenden Hochwasserrisiken angegeben werden.

Abb. 4.4: Hochwasserrisiko entlang der Elbe (Ausschnitt) für Basis-Szenario (oben) und Szenario B (unten) (Regionalisierung mit STAR, Emissions-Szenario A2, Zeitbezug 2055, Längsschnitt HQ200)





Quelle: Neubert et al. 2011

Abbildung 4.4 zeigt einen Rückgang der Hochwasserrisiken vom Basis-Szenario zum Szenario B. Die räumlich hoch auflösenden Angaben verdeutlichen die Differenz zwischen beiden Szenarios. In der Raum- und Umweltplanung können diese Unsicherheitsbereiche beispielsweise als Vorbehaltsgebiete ausgewiesen werden, wie dies beispielsweise im Regionalplan „Oberes Elbtal/Osterzgebirge“ für die extremen Abflussereignisse erfolgt ist. Auch in der Bauleitplanung lassen sich derartige Gebiete darstellen und bei Bedarf auch festsetzen. Insgesamt wird damit erkennbar, welches Informationspotenzial die Abschätzung der Wirkungen des Klimawandels einschließlich der Angabe der Unsicherheit für eine vorausschauende Planung aufweisen kann.

4.3 Raumbedeutsame Risiken und Chancen des Klimawandels für Deutschland

Zur Abschätzung der prinzipiellen Folgen des Klimawandels in Deutschland sind eine Reihe von Studien und Dokumente erarbeitet worden (z. B. Zebisch et al. 2005; Bundesregierung 2008; UBA 2009a; BMVBS 2010a). Deren wesentliche Ergebnisse werden im Folgenden unter dem Gesichtspunkt der Raumbedeutsamkeit zunächst thematisch und dann räumlich gegliedert zusammengefasst. Bei den negativen Folgen handelt es sich um Risiken im o. g. Sinne, bei den positiven Folgen um Chancen.

4.3.1 Thematische Schwerpunkte

Die thematische Darstellung der Folgen stützt sich auf ausgewählte gesellschaftliche Handlungsfelder. Die Handlungsfelder orientieren sich im Wesentlichen an den Kategorien der Deutschen Anpassungsstrategie (Bundesregierung 2008), die auf der Basis wissenschaftlicher Untersuchungen zu den Folgen des anthropogenen Klimawandels in Deutschland aus einem vorgelagerten Beteiligungsprozess hervorgegangen sind.[6]

Für das Bauwesen und die Immobilienwirtschaft ist davon auszugehen, dass sich der Heizungsbedarf im Winter vermutlich etwas verringern wird, gleichzeitig wird eine Anpassung an höhere durchschnittliche Sommertemperaturen und längere Hitzeperioden notwendig. Im Bauwesen selbst könnte die Notwendigkeit zur Anpassung der technischen Baubestimmungen bestehen (z. B. Veränderung von Lastannahmen). Dabei existiert ein enger Zusammenhang zwischen baulichen Planungen und Gesundheitsvorsorge, denn der Klimawandel hat auch Auswirkungen auf das Gesundheitswesen.

Als positiver Effekt für die Gesundheit ist in den Wintermonaten eine Verringerung kältebedingter Erkrankungen und Erfrierungen zu erwarten. Daneben muss aber auch von negativen Auswirkungen ausgegangen werden (UBA 2009a: 7 f.): Neben den Wirkungen extremer Hitzeperioden sind Verletzungen oder Erkrankungen durch Extremereignisse zu erwarten. Stadtklimaeffekte, wie höhere Temperaturen und geringere relative Luftfeuchten, können durch den Klimawandel verstärkt werden. Ein erhöhtes Gesundheitsrisiko entsteht hieraus für temperatursensitive Risikogruppen und Menschen in Krankenhäusern, Alten- und Pflegeheimen, Schulen, Kindergärten, aber auch in Ferien- und Freizeitanlagen, Stadien sowie Einrichtungen für Großveranstaltungen.

„Klimaänderungen können des Weiteren die Ausbreitung von Infektionskrankheiten beeinflussen, die durch blutsaugende Insekten und andere Arthropoden (Vektoren) übertragen werden. Exotische Erreger wie Viren, Bakterien, Protozoen könnten sich bei höheren Temperaturen in einheimischen Vektoren entwickeln. Auch die Verbreitung der Reservoirwirte, wie Nager und Vögel, ist abhängig von den klimatischen Bedingungen. Insbesondere die Vektoren reagieren unmittelbar auf Veränderungen im Biotop und der Wirtsverfügbarkeit. Dies kann auch ihr Potenzial der Erregerübertragung beeinflussen. Neue Infektionskrankheiten könnten in Deutschland heimisch werden oder bereits vorhandene Krankheitserreger ihre Verbreitungsgebiete erweitern bzw. häufiger vorkommen“ (UBA 2009a: 8).

In der Wasserwirtschaft könnte sich u. a. durch häufigere und intensivere Starkniederschläge z. B. im Zuge sog. Trogwetterlagen die Wahrscheinlichkeit für Sturzfluten und Flusshochwasser erhöhen (vgl. LAWA 2010). Hochwasser entstehen aber nicht nur durch eine

[6] Bei der sprachlichen Darstellung wurde versucht, der Unsicherheit im Hinblick auf die Eintrittswahrscheinlichkeit und -intensität Rechnung zu tragen. Detailliertere Angaben sind nur für konkrete Risiken und Chancen möglich.

Zunahme der Niederschläge, sondern zusätzlich dadurch, dass der Niederschlag weniger als Schnee fällt (und daher nicht gespeichert wird), sondern als Regen, der unmittelbarer abfließt. Eine Ausnahme bilden hierbei solche Ereignisse, bei denen es nach einer langen Schneefallperiode durch Temperaturanstieg und Starkregenereignisse zu plötzlichem Auftauen bei gleichzeitig noch geschlossener Schneedecke oder gefrorenem Boden kommt (Beispiel: Hochwasser Hannover im Februar 1947).

„Hochwasserereignisse verschlechtern oft die Wasserqualität, beispielsweise durch Umlagerung kontaminierter Sedimente, Überflutung von Industrie- und Kläranlagen sowie durch Beschädigung privater Ölheizungen. Zusätzlich bergen Starkregenereignisse die Gefahr des Kanalüberstaus und der Belastung der Gewässer an Regenüberläufen der Mischwasserkanalisation. Dies könnte Badegewässer mit fäkal belastetem Wasser verunreinigen, Kosten für die Trinkwasseraufbereitung erhöhen und bedeutet einen erhöhten Stoffeintrag in Gewässer. Diese Prozesse haben gesundheitliche Relevanz und laufen den Zielen der Wasserrahmenrichtlinie entgegen“ (UBA 2009a: 9).

Aller Voraussicht nach wird auch das Auftreten von Niedrigwasserperioden während sommerlicher Trockenzeiten zunehmen – mit Folgen für die Kühlwasserentnahme und die ökologische Situation in Flussgebieten (vgl. LAWA 2010). Das häufigere Auftreten länger andauernder Niedrigwasserabflüsse kann Konflikte zwischen den unterschiedlichen Nutzungen am Gewässer auslösen und die Nutzung, beispielsweise für die Schifffahrt, vorübergehend einschränken. In sommertrockenen Gebieten kann eine zusätzliche Nutzung des Grundwassers zur Feldbewässerung in Verbindung mit der Bewässerung öffentlicher Grünanlagen und privater Gärten eine langfristige Absenkung des Grundwasserspiegels bewirken (Merz et al. 2012).

Auf kommunaler Ebene kann bspw. im Rahmen der Stadtplanung die Niederschlagswasserbehandlung (Versickerung, Verrieselung, Kanalisation) beeinflusst werden. „In Regionen mit wenig durchlässigen Böden und Böden mit geringer Wasserspeicherkapazität kann das Grundwasserdargebot zurückgehen. Dagegen steigern zunehmende Niederschläge im Winter in Regionen mit gut durchlässigen Böden die Grundwasserneubildung“ (UBA 2009a: 8).

Folgen des Klimawandels für den Boden und die Ziele des Bodenschutzes bestehen in der möglichen Beeinflussung der Bodeneigenschaften und -funktionen sowie der Beeinflussung von Nährstoff-, Wasserkreislauf und Bodenbildungsprozessen (z. B. Humusbildung, Kohlenstoffbindung). „Eine Zunahme der Niederschlagsintensitäten (Extremereignisse), trockenheitsbedingte Lücken in der Vegetation und die stärkere Austrocknung des Bodens an der Oberfläche durch zunehmende Temperaturen im Sommerhalbjahr können eine erhöhte Anfälligkeit der Böden gegenüber der Bodenerosion durch Wasser und Wind bewirken. In der Folge kann es zu Humus- und Nährstoffverlusten im Boden kommen“ (ebd.: 9).

„Häufige und heftige Starkniederschläge könnten vermehrt Nähr- und Schadstoffe aus den Böden auswaschen. Diese werden in Oberflächengewässer und das Grundwasser eingetragen“ (ebd.). „Wegen der Zunahme der Trockenheit in den Sommermonaten sowie der steigenden Intensität und Häufigkeit von Starkregenereignissen kommt es zu verstärktem Oberflächenabfluss, der sich auf die Wahrscheinlichkeit von Hochwasserereignissen auswirken kann. Der aus zunehmenden Winterniederschlägen resultierende Anstieg der Sickerwassermenge führt dazu, dass sich der Austrag potenziell Grundwasser gefährdender Nähr- und Schadstoffe, z. B. Nitrat, aus den Böden erhöhen kann“ (ebd.: 10). Die Flächennutzungsplanung bzw. die Regionalplanung kann dazu beitragen, diese negativen Folgen zu vermeiden oder zu vermindern, indem sie ein nachhaltiges Landnutzungsmanagement unterstützt.

Auch die für den Naturschutz bedeutende biologische Vielfalt wird durch den Klimawandel im Zusammenwirken u. a. mit Landnutzungsänderungen sowie (z. T. damit verbundenen) Nährstoff- und Schadstofffrachten bedroht (Wilke et al. 2011). Besonders sensibel auf den Klimawandel reagieren dabei Arten in Gebirgs- und Küstenregionen/ Niederungsgebieten. Insbesondere veränderte Extremereignisse könnten die Stabilität von Ökosystemen beeinflussen. Dies kann sich nachteilig auf vom Menschen genutzte Versorgungs- und Regulationsleistungen der Ökosysteme – etwa die Nahrungsmittel- und Holzproduktion, den Klimaausgleich und die Humusbildung – auswirken. Insbesondere gefährdet sind Landökosysteme, die von der Höhe des Grundwasserspiegels abhängen, z. B. Auwälder und Feuchtwiesen (Doyle, Ristow 2006).

„Durch den Klimawandel verschieben sich Vegetationszonen und es verändern sich Tierwanderwege, z. B. der Vogelzug. Die Erderwärmung kann zur Gefährdung bis hin zum Verlust Kälte liebender Arten sowie zu einem erhöhten Risiko für einheimische Arten durch die Einwanderung fremder Arten führen“ (UBA 2009a: 11). Auch hier besteht ein prinzipieller Einfluss der Raumplanung über die Veränderung der Landnutzung; dazu gehört auch das Freihalten bzw. die Sicherung von Flächen.

Die Landwirtschaft kann durch Erwärmung und Verlängerung der Vegetationsperiode in einigen Regionen Deutschlands profitieren, die bislang für bestimmte Kulturpflanzen noch zu kühl bzw. zu feucht sind, bspw. in den Mittelgebirgslagen oder in Norddeutschland (vgl. ebd.). „In bereits heute wärmeren Regionen, v. a. Südwestdeutschland, und in trockenstress-gefährdeten Regionen, v. a. im Nordosten Deutschlands, könnte sich der Klimawandel hingegen besonders kritisch auswirken“ (ebd.).

Witterungsextreme können die Ertragssicherheit möglicherweise gefährden. Ertragsausfälle bzw. Schäden an Pflanzen können bei Stress durch Hitze, Kälte, Trockenheit, Nässe, starken Regen (Starkniederschläge), Hagel, Wind, Sturm, Frostgefährdung durch frühere Blüte sowie eingeschleppte Arten entstehen (vgl. UBA 2009a). „In der Tierhaltung kann die Erderwärmung die Heizkosten im Stallbetrieb und die Sterblichkeit während der Wintermonate senken. Allerdings könnten höhere Sommertemperaturen die Nahrungsaufnahme und die Produktivität verringern und dadurch deutliche Produktionseinbußen verursachen. Auch für die Ausbreitung neuer, durch tierische Überträger verbreiteter Krankheiten, wie die Blauzungenkrankheit bei Wiederkäuern, kann der Klimawandel verantwortlich sein“ (ebd.: 12).

In der Wald-/Forstwirtschaft führt die zunehmende sommerliche Wärme und die möglicherweise steigende Dauer von Trockenperioden zu Hitze- und Trockenstress. Regional ist dies insbesondere für trockene und wärmere Regionen Ost- und Südwestdeutschlands relevant. Hieraus resultiert eine steigende Gefahr durch Waldbrände. „Gleichzeitig verstärkt sich bei erhöhtem Stress das Risiko von Verlusten durch Schädlinge, wie z. B. dem Borkenkäfer. Massenvermehrungen bestimmter Schädlinge wie Nonne oder Maikäfer könnten häufiger auftreten, bisher unbedeutende oder unbeachtete Schädlinge zunehmen“ (Bundesregierung 2008: 30).

„Vom Klimawandel besonders betroffen könnten die Bergwälder der Alpen sein. Hier ist zu erwarten, dass sich der Klimawandel stärker auswirkt als im Flachland. Zugleich könnten Naturgefahren (Starkniederschläge, Muren, Hochwasser, Steinschlag) deutlich zunehmen“ (ebd.). Der Klimawandel ist allerdings „nur“ einer unter mehreren Stressfaktoren, die sog. neuartigen Waldschäden führen schon seit Langem zu einer grundsätzlichen Beeinträchtigung der Wälder. Demgegenüber könnte der CO_2-Düngeeffekt die Holzproduktion erhöhen – zumindest dann, wenn eine genügende Wasser- und Nährstoffversorgung gesichert wäre.

Ein weiterer, ggf. beeinträchtigter Sektor ist die Energiewirtschaft: „Extreme Wetterereignisse wie Stürme, Dürren und Hoch- und Niedrigwasser können den Betrieb von Anlagen und Einrichtungen zur Umwandlung von Energie sowie zum Energietransport und zur Energieversorgung beeinträchtigen. Die Folgen könnten Angebotsverknappungen, Energiepreissteigerungen und Versorgungsstörungen sein" (Bundesregierung 2008: 33 f.). Möglicherweise resultiert daraus eine eingeschränkte Verfügbarkeit von Kühlwasser für thermische Kraftwerke – mit Folgen in anderen Wirtschaftsbereichen bzw. für die Gesellschaft insgesamt. In warmen Sommern muss die Leistung dieser Kraftwerke möglicherweise gedrosselt werden (wie bspw. 2003). Bei intensiveren Hitzeperioden kann sich eine verstärkte Nachfrage nach Energie zur Gebäudekühlung ergeben (vgl. ebd.: 34).

Vor allem extreme Wetterereignisse (Starkniederschläge, Hitzewellen) können den Verkehr und die Verkehrsinfrastruktur beeinträchtigen (Gerstengarbe, Werner 2009). Es kann aber auch zu einer Verringerung von Unfällen kommen, wenn Schnee- und Eisglätte im Winter nicht mehr so häufig auftreten, sowie zu geringeren Schäden an der Verkehrsinfrastruktur (v. a. Straßendecken) durch weniger häufige Frostperioden. Durch ein verändertes Niederschlagsregime kann eine Anpassung der Entwässerungsinfrastruktur nötig werden. Veränderungen im Niederschlagsregime und daraus folgend im Abfluss können gerade während Niedrig- und Hochwasserperioden einen Einfluss auf den Wasserstand und damit die Nutzbarkeit von Binnenwasserstraßen haben. Dies gilt nicht so sehr für staugeregelte Abschnitte, sondern eher für frei fließende Wasserstraßen.

Möglich sind auch Änderungen des Reise- und Freizeitverhaltens im Tourismus durch (langfristige) Klimaänderungen, wenn sich das Klima in den Zielorten ändert. Dadurch sind Auswirkungen auf die Wirtschafts- und Sozialstruktur möglich. Diese möglichen Änderungen werden aber überlagert von kurzfristigeren Trends im Urlaubs- und Freizeitverhalten. Der Wintersport ist durch den Klimawandel relativ direkt betroffen (Rückgang der Schneesicherheit), mit der Folge, dass in den betroffenen Gebieten alternative Tourismusangebote entwickelt werden müssten. Im Tourismus können sich auch Chancen durch den Klimawandel ergeben, wenn sich etwa die Urlaubssaison verlängert oder gar neue Zielorte entstehen.

In einem Ansatz, der stärker auf die Belange der Raumordnung fokussiert, kommt das BMVBS (2010a) zu einer ähnlichen Differenzierung von Klimaänderungen und Klimafolgen – hier steht allerdings eine sektorbezogene Darstellung nicht im Vordergrund. Als wesentliche Klimaänderungen werden aufgeführt (vgl. ebd.: 11 f.): Anstieg des Meeresspiegels; häufigere Hitzeperioden oder Hitzewellen; häufigere Starkregenereignisse und Sturzfluten; häufigere und höhere Sturmwasserstände; Schmelzen von Gletschern und permanenten Schneefeldern; steigende Durchschnittstemperaturen; steigende Gefahr von meteorologischen Dürren; steigende Gefahr von Stürmen; Veränderung der Quantität an Schnee; Verschiebung der Jahreszeiten; Verschiebung von Vegetationszonen; zunehmender CO_2-Düngeeffekt. Hierbei lässt sich eine zeitliche Differenzierung erkennen (BMVBS 2010a): Die Zunahme der Winterniederschläge wird voraussichtlich mit einer Zunahme der Extremniederschläge einhergehen. Im Sommer ist die Abnahme der Niederschläge verbunden mit einer Zunahme an Hitzetagen. Insgesamt ist mit einer relativ stärkeren Erwärmung im Winter als im Sommer zu rechnen.

Als wesentliche Klimafolgen für Deutschland werden genannt: Häufigere Beeinträchtigung und Zerstörung der Infrastruktur; steigende Gefahr von gravitativen Massenbewegungen; steigende Gefahr von vektorübertragenen Krankheiten und verändertes Auftreten von Luftallergenen; steigende Gefährdung der Artenvielfalt; steigende Waldbrandgefahr; verstärkte Ausbreitung und verbesserte Anbaubedingungen für wärmeliebende Arten; veränderte Anfälligkeit gegenüber herkömmlichen Schadorganismen; Veränderung des biotischen Ertragspotenzials; Veränderung von Frequenz und Stärke von Flusshochwäs-

sern; Verminderung des Selbstreinigungsvermögens von Gewässern; verringerte Schiffbarkeit der Wasserstraßen; Einschränkung der als Brauchwasser nutzbaren Wasserressourcen; zunehmende Schwankungen des Grundwasserspiegels; zunehmender Verlust des Oberbodens durch Wassererosion; Zuwanderung von Klimaflüchtlingen (vgl. ebd.: 15 ff.).

Auch in dieser Analyse – eine der wenigen Untersuchungen, die eine deutschlandweite Perspektive einnehmen – wird deutlich, dass die Wasserwirtschaft im weiteren Sinne einer der Sektoren ist, die sich intensiv mit Klimafolgen auseinandersetzen müssen.

4.3.2 Regionale Schwerpunkte

Neben dieser sektoralen Betrachtung lassen sich die Klimafolgen auch in regionaler Perspektive aufzeigen (vgl. UBA 2009a: 15 ff.):

Für den Alpenraum wird eine Erhöhung der Durchschnittstemperatur angenommen, die etwa doppelt so hoch ist wie im globalen Mittel. Dies hätte gravierende Folgen für besonders sensible Ökosysteme, wenn sich z. B. Lebensräume verschieben. Daneben ist von einer Beeinträchtigung der Bergwälder auszugehen. Hinzu kommt ein Gletscherrückgang mit Effekten für die Wasserwirtschaft sowie der Rückgang der Schneesicherheit.

„Für die Küstenregionen besteht eine zunehmende Gefährdung durch den Meeresspiegelanstieg und eine mögliche Änderung des Sturmklimas. Ein hohes Schutzniveau durch Küstenschutzmaßnahmen bestimmt die aktuelle sowie künftig möglicherweise zunehmende Verwundbarkeit dieser Region. Eine hervorgehobene Bedeutung spielt dabei die mögliche Gefährdung von Feucht- und Niederungsgebieten sowie die Gefährdung von Regionen mit einem hohen Schadenspotenzial (wie dem Hamburger Hafen)“ (UBA 2009a: 16 f.).

In zentralen Teilen Ostdeutschlands, im nordostdeutschen Tiefland und in den südostdeutschen Becken ist von einem geringeren Wasserdargebot auszugehen (Abnahme der Sommerniederschläge, erhöhte Verdunstung durch erhöhte Temperaturen) mit Auswirkungen für die Landwirtschaft und regional auch verbunden mit zunehmenden gesundheitlichen Belastungen. „Die zentralen Teile Ostdeutschlands könnten verstärkt durch eine abnehmende Wasserverfügbarkeit betroffen sein. Trockenheit – vor allem im Sommer – birgt Risiken für Land- und Forstwirtschaft. Niedrigwasserstände können Binnenschifffahrt, Trinkwassergewinnung und Stromerzeugung negativ beeinflussen. Die Erfahrungen des Sommers 2003 mit Niedrigwasser in vielen großen Flüssen Deutschlands zeigen eine Verschärfung der Wassernutzungskonkurrenzen und daraus entstehende Konflikte zwischen verschiedenen Interessengruppen und/oder Regionen [...]“ (ebd.: 16). Zugleich kann die Region vermehrt durch Hochwasserereignisse – ebenfalls in Folge von sog. Trogwetterlagen – betroffen sein.

In Südwestdeutschland ist ein überdurchschnittlicher Temperaturanstieg zu erwarten (der bereits beobachtet wird). Im Oberrheingraben ist von deutlich mehr heißen Tagen und Nächten auszugehen sowie von häufigeren und länger andauernden Hitzeperioden. Eine zunehmende Hochwassergefahr resultiert durch die Verschiebung der Niederschläge vom Sommer in den Winter sowie durch die Zunahme niederschlagsreicher Westwetterlagen und der für Ostdeutschland genannten Trogwetterlagen. „Eine starke Erwärmung Südwestdeutschlands birgt Herausforderungen für den Gesundheitssektor sowie die Land- und Forstwirtschaft“ (UBA 2009a: 15).

Die regionale Differenzierung der Klimafolgen bzw. Betroffenheit ist bei der vorhergehenden, insbesondere auf UBA (2009a) beruhenden Darstellung und der Studie des BMVBS (2010a: 48 ff.) im Wesentlichen vergleichbar: In der zweitgenannten Studie werden die räumlichen Schwerpunkte gesehen entlang des Rheintals, im Alpenvorland, entlang

des Mains sowie in Sachsen. Das Norddeutsche Tiefland scheint hingegen relativ geringer von künftigen Klimafolgen betroffen zu sein (vgl. ebd.). Unterschiede in der regionalen Betroffenheit können zudem auch im gewählten methodischen Ansatz begründet sein.

4.3.3 Aufgaben für die räumliche Planung

Durch die sektoral sehr unterschiedlichen Folgen des Klimawandels mit ihren Wechselwirkungen sowie deren räumlicher Heterogenität, die sich bis auf die lokale Ebene fortsetzt, ergibt sich ein Bedarf für eine fach- und gebietsübergreifende Koordination bei der Abschätzung der raumbedeutsamen Risiken und Chancen. Die räumliche Planung verfügt dahingehend über ein etabliertes Planungssystem, in dem Fachplanung und Gesamtplanung zusammenwirken. Dieses Planungssystem sollte entsprechend den zuvor beschriebenen Erfordernissen genutzt und soweit notwendig weiterentwickelt werden. Eine wichtige Voraussetzung hierfür ist die Klärung der Zuständigkeiten im Hinblick auf die Untersuchung von Wirkungszusammenhängen und deren Bewertung.

Für die Gesamtplanung geht es darauf aufbauend darum, Wege für eine integrative Betrachtung sowohl der Wirkungen als auch der Unsicherheiten zu finden. Zurzeit wird im Bereich der Wissenschaft intensiv an solchen Methoden gearbeitet. Deren Verwertbarkeit für die Planungspraxis steht allerdings vielfach noch am Anfang (vgl. Pohl, Zehetmair 2011). Vor diesem Hintergrund haben viele Planungsregionen Projekte zur Abschätzung der Folgen des Klimawandels initiiert bzw. diesbezügliche Studien vergeben. Mithilfe dieser Befunde lassen sich unter Bezug auf die Ziele und Grundsätze der Raumplanung die Bewertungen von Risiken und Chancen vornehmen.

Unbestritten wird die Komplexität der Folgen des Klimawandels erst allmählich erkennbar. Außerdem sind die Unsicherheiten insbesondere durch die verwendeten Emissionsszenarien und die eingesetzten globalen und regionalen Klimamodelle erheblich. Beide Herausforderungen werden sich absehbar nur ganz allmählich verringern lassen. Insofern sollten in der Praxis jeweils die besten verfügbaren Kenntnisse als Planungsgrundlagen herangezogen werden, auf deren Grenzen hingewiesen werden muss. Letzteres kann insbesondere durch die Angabe von Bandbreiten der abgeschätzten Folgen zum Ausdruck gebracht werden. Der zu erwartende Erkenntnisfortschritt sollte außerdem so in Betracht gezogen werden, dass Schlussfolgerungen aus den Risiken und Chancen in geeigneter Weise fortgeschrieben werden können (s. Kap. 6 und 7).

4.4 Anpassungsoptionen

In maßgeblichen internationalen und nationalen Dokumenten wie dem Hyogo-Aktionsprogramm 2005 bis 2015 der Vereinten Nationen, dem Anpassungskonzept von Cancun 2010, dem Governance-Bericht zur Anpassung an den Klimawandel des Europarates aus dem Jahr 2011, der Strategie zur Klimaanpassung der EU-Kommission sowie der Deutschen Anpassungsstrategie (DAS) wird eine gesellschaftliche Anpassung an den Klimawandel angestrebt. Unter Anpassung werden alle Aktivitäten verstanden, die zur Rückführung der durch den Klimawandel bereits verursachten Veränderungen oder zur Vermeidung künftiger Veränderungen dienen (vgl. IPCC 2007a; eine ausführliche Begriffsdiskussion enthält das Glossar im Anhang). Vor dem Hintergrund der in Abschnitt 4.2 skizzierten Begriffe und Konzepte zur Abschätzung und Bewertung der Folgen des Klimawandels kann Anpassung auch als Reduzierung der Risiken und Förderung der Chancen des Klimawandels verstanden werden (vgl. UN/ISDR 2004).

Laut dem 4. Sachstandsbericht des Weltklimarates (IPCC 2007a) ist das Spektrum der für die Anpassung in Betracht kommenden Aktivitäten außerordentlich breit. Für die Umwelt- und Raumplanung sind – analog zu den Risiken und Chancen – v. a. die raumbe-

deutsamen Aktivitäten von Bedeutung. Aus systematischen Gründen werden im Weiteren die direkten Aktivitäten (Maßnahmen) zur Beeinflussung von Risiken und Chancen von den indirekt wirkenden rechtlichen, planerischen, finanziellen und sonstigen Steuerungsmechanismen unterschieden. Durch die indirekt wirkenden Steuerungsmechanismen können direkte Aktivitäten ausgelöst werden. Beispielsweise kann zur Verringerung der Folgen von Hitzewellen für die Bewohner von Städten die Anlage von Grünflächen eine wirksame Anpassungsoption sein. Zur Realisierung dieser Maßnahme sind planerische Instrumente wie bauleitplanerische Darstellungen und Festsetzungen notwendig, die zwar selbst keine unmittelbare Wirkung entfalten, aber über die ausgelöste Maßnahme mittelbar zur Anpassung beitragen.

Im Folgenden wird zunächst auf die direkten Aktivitäten zur Reduktion von Risiken bzw. zur Förderung der Chancen des Klimawandels eingegangen. Die planerischen Instrumente und Strategien zur Umsetzung dieser Aktivitäten werden in den Kapiteln 6 und 7 behandelt.

Analog zu den Risiken und Chancen lassen sich die Anpassungsoptionen nach gesellschaftlichen Handlungsfeldern bzw. Sektoren wie Wasserwirtschaft, Landwirtschaft, Gesundheitswesen usw. mit den in diesen Feldern handelnden Akteuren wie Politik, Verwaltung, Wirtschaft, Wissenschaft oder Private unterscheiden. Darüber hinaus ergeben sich die o. g. regionalen Schwerpunkte sowie Unterschiede für den Siedlungs- und den Freiraum. Nachfolgend werden exemplarisch einige Anpassungsoptionen für ausgewählte gesellschaftliche Handlungsfelder beschrieben, um das Spektrum der Anpassungsformen zu verdeutlichen:

Optionen im Sektor Gesundheitswesen können in der Durchführung von Forschungsarbeiten liegen, z. B. „epidemiologische Studien zur Vektorwanderung, zur Einschleppung tropischer Krankheiten und zur Auswirkung auf einheimische Infektionserreger" (Bundesregierung 2008: 17). In den Bereichen, in denen bereits eine bessere Informationsbasis besteht, können konkrete Optionen gewählt werden, wie beispielsweise die Überprüfung und ggf. der Ausbau von Überwachungs- und Frühwarnsystemen bei möglichen Beeinträchtigungen der menschlichen Gesundheit. Anpassungsoptionen ergeben sich auch durch geeigneten Städtebau und eine Architektur, welche die klimatisch bedingte verstärkte Aufheizung der Städte und damit den Hitzestress lindert. „Gerade in Ballungszentren sollte die Frischluftzufuhr über unverbaute Frischluftkorridore gewährleistet sein. Dies kann durch die Anlage unverbaubarer Frischluftschneisen und extensiver Grünanlagen als ‚Kälteinseln' erfolgen" (Bundesregierung 2008: 19). Damit im Zusammenhang können Anpassungsoptionen im Sektor Bauwesen in der konkreten Entwicklung z. B. von wärme- oder kälteisolierenden Baustoffen für den Hausbau bestehen.

Im Sektor Naturschutz hängen Anpassungsoptionen u. a. davon ab, welche Ziele verfolgt werden: Steht die „Konservierung" aktuell vorhandener Tier- und Pflanzenarten im Vordergrund, sind andere Optionen bzw. Maßnahmen zur Klimaanpassung zu treffen, als wenn ein progressiver Ansatz verfolgt wird, der eine gewisse natürliche und auch durch den anthropogenen Klimawandel bedingte Fluktuation von Arten akzeptiert. Unabhängig davon wird der Klimawandel voraussichtlich zu einer Erhöhung des Flächenbedarfs zur Klimaanpassung führen. „Neben einem zu erwartenden zusätzlichen Raumbedarf zur Erreichung von Naturschutzzielen (beispielsweise für Biotopverbunde und Ausweichhabitate) konkurrieren der möglicherweise auszuweitende Anbau von nachwachsenden Rohstoffen, zusätzlicher Deichbau sowie die Sicherung von Verkehrswegen um die knappen Flächen" (Bundesregierung 2008: 26).

Im Sektor Wasserwirtschaft ist die Auseinandersetzung mit Klimaänderungen und Klimafolgen schon seit einigen Jahren im Gang und wird entsprechend differenziert geführt.

Demzufolge zeigen sich hier bereits ganz unterschiedliche Optionen zur Anpassung, wie z. B. die Verstärkung oder der Neubau von Deichen an Flüssen oder an der Küste inklusive der gegebenenfalls notwendigen Neukalkulation von Bemessungsgrenzen, die Konstruktion von Talsperren, Speichern und Rückhaltebecken zur Regulierung des Landschaftswasserhaushaltes und zur Nutzungsoptimierung sowie eine Stärkung der Eigenvorsorge.

Auch der Verkehr bzw. die Verkehrsinfrastruktur ist vom Klimawandel betroffen und muss sich langfristig entsprechend an veränderte Bedingungen anpassen. In diesem Sektor hat beispielsweise der Bund als Akteur die Möglichkeit zu prüfen, ob Baustoffe für Fernstraßen modifiziert werden müssen, um künftigen Anforderungen gerecht zu werden. Darüber hinaus können als Prüfauftrag die Vorschriften zur Dimensionierung von Entwässerungsinfrastruktur untersucht und ggfs. angepasst werden. Für die Binnenschifffahrt sind bereits entsprechende Untersuchungen (Forschungsprogramme) angelegt, um die Kenntnisse insbesondere für künftig möglicherweise zunehmende Niedrigwassersituationen zu analysieren (vgl. Bundesregierung 2008: 37 ff.).

4.5 Fazit

Der Klimawandel führt zu vielfältigen raumbedeutsamen Folgen, die durch ein hohes Maß an Unsicherheit gekennzeichnet sind. Im Falle einer negativen Bewertung handelt es sich um Risiken, bei einer positiven Bewertung um Chancen für die räumliche Entwicklung. Nach den vorliegenden Erkenntnissen werden sich in Deutschland durch die projizierten Klimaänderungen über die nächsten Jahrzehnte bedeutende Einflüsse auf den Naturhaushalt mit seinen Ökosystemfunktionen und die Gesellschaft mit ihren Raumstrukturen, -funktionen und -nutzungen ergeben. Dabei scheinen die Risiken gegenüber den Chancen deutlich zu überwiegen. Ihr konkretes Ausmaß ist von den regionalen Veränderungen des Klimas und der regionalen Vulnerabilität von Naturhaushalt und Gesellschaft abhängig. Im Verhältnis zu den direkten Wirkungen sind die indirekten Wirkungen noch relativ wenig bekannt. Für die Anpassung kommt eine Reihe von raumbedeutsamen Maßnahmen in Betracht. Demzufolge spielen raumordnerische und bauleitplanerische Instrumente für deren Koordination und Umsetzung eine wichtige Rolle (Näheres s. in Kap. 6 und 7).

Der Umgang mit Risiken und Chancen ist für die Raumplanung keinesfalls neu. Durch die inhaltliche Spezifik des Klimawandels, durch dessen Ausmaß und die Vielschichtigkeit der zu erwartenden Folgen sowie durch die langfristigen Unsicherheiten ergeben sich allerdings weiterführende Anforderungen an prospektive Analysen und die Entwicklung von Anpassungsmaßnahmen. Die Folgen des Klimawandels werden deshalb auch als „neue Risiken" bezeichnet.

In Anbetracht dieser Risiken und Chancen sind die Planungsgrundlagen zu erweitern und die Ziele und Grundsätze der räumlichen Entwicklung fortzuschreiben. Sowohl Wissenschaft als auch Praxis können dabei nur eingeschränkt auf vorhandenes Wissen bzw. auf Erfahrungen zurückgreifen. Nachdem ein Warten auf sichere Erkenntnisse zu einem höheren Aufwand bei der Anpassung führen könnte, gilt es bereits heute, geeignete vorsorgeorientierte Strategien zu verfolgen. Hierzu gehört einerseits die Exploration möglicher zukünftiger Entwicklungsverläufe verbunden mit der Ermittlung robuster Anpassungsmaßnahmen. Andererseits eignen sich adaptive Strategien, die zukünftig auf neue Erkenntnisse und Handlungsmöglichkeiten flexibel reagieren können.

Aus diesen Anforderungen an die Umwelt- und Raumplanung ergibt sich der Bedarf nach neuen methodischen Ansätzen zur Analyse und Bewertung von Risiken und Chancen, aber auch nach innovativen Lösungen, um diese Ansätze in die vorhandenen Planungsinstrumente zu implementieren. Eine wichtige Basis hierfür ist zunächst eine schrittweise Vereinheitlichung und Vermittlung grundlegender Konzepte zu den Risiken und

Chancen des Klimawandels, um die Kommunikation zwischen den Entscheidungsträgern und mit der Öffentlichkeit zu erleichtern.

Die Untersuchung der vielschichtigen und räumlich heterogenen Wirkungszusammenhänge des Klimawandels erfordert ganzheitliche, gesamträumliche sowie räumlich und zeitlich differenzierte Ansätze. Dabei gilt es, die Klimaänderungen nach einzelnen Kenngrößen, die Vulnerabilität von Naturhaushalt und Gesellschaft sowie die sich aus deren Zusammenhang ergebenden Folgen raumspezifisch zu ermitteln.

Für die Folgenabschätzung steht eine Vielzahl von wirkungsanalytischen Methoden und Modellen zur Verfügung. Belastbare Aussagen werden i. d. R. im Rahmen von gesonderten, wissenschaftlich fundierten Studien erreicht werden können. Im Ergebnis sind die signifikanten raumbedeutsamen Auswirkungen der Veränderungen des Klimas bzw. der für seine Beschreibung maßgeblichen Kenngrößen wie Temperatur, Niederschlag etc. zu bestimmen und für die räumliche Planung aufzubereiten.

In Anbetracht der Unsicherheit sollten für die Folgenabschätzung die Ergebnisse von mindestens zwei Globalen Zirkulationsmodellen, mindestens zwei Regionalen Klimamodellen (vorzugsweise ein statistischer und ein dynamischer Downscaling-Ansatz) sowie zwei extremen Emissionsszenarien einbezogen werden. Mit deren Hilfe und dem Einsatz geeigneter Wirkungsmodelle lässt sich die Bandbreite alternativer regionaler Entwicklungen ausreichend ermitteln. Hierbei sollte neben dem Klimawandel auch der gesellschaftliche Wandel einbezogen werden, denn die Auswirkungen des zukünftig geänderten Klimas werden nicht auf die heutigen gesellschaftlichen Bedingungen treffen.

Die Folgen des Klimawandels sind im Weiteren auf der Grundlage von rechtlichen Regelungen des Bundes und der Länder, den Leitbildern, Zielen und Grundsätzen der Raumordnung sowie sonstigen Vorgaben zu bewerten. Hierbei gilt es, die Risiken und Chancen für die Umweltschutzgüter und die gesellschaftlichen Handlungsfelder in Bezug auf die einzelnen Folgen des Klimawandels zu identifizieren. Diese Bewertung sollte in vorhandene Planungsinstrumente integriert werden, wozu für eine Reihe von Instrumenten eine entsprechende Erweiterung ihres Aufgabenspektrums notwendig wird (s. Kap. 6 und 7). Bei einer Gegenüberstellung der möglichen Folgen des Klimawandels und der vorhandenen Normen ist zu erwarten, dass Risiken und Chancen raumzeitlich eng nebeneinander auftreten können und insofern pauschale Bewertungen kaum infrage kommen.

Nach der Bewertung der Folgen des Klimawandels geht es schließlich um die Untersuchung der Wirksamkeit und Praktikabilität von direkten Anpassungsmaßnahmen, die durch indirekt wirkende planerische und andere Instrumente gesteuert werden. Wichtigster Ansatzpunkt ist dabei die Verringerung der Vulnerabilität des Naturhaushalts und der Gesellschaft (s. Kap. 3). Bei der Beurteilung der Maßnahmenwirkungen erlangen über die traditionellen Kriterien Effektivität und Effizienz hinaus „neue“ Kriterien Bedeutung. Hierzu gehören u. a. die Kriterien Robustheit, Flexibilität und No-Regret, mit denen in besonderer Weise die Wirkungen unter den Bedingungen großer Unsicherheiten beurteilt werden können. Bei der Bewertung der Maßnahmen sollte außerdem versucht werden, neben der Abschätzung ihrer primären Wirkungen auch sekundäre Effekte aus der Perspektive von (globaler) Nachhaltigkeit im Sinne des Leitbildes der nachhaltigen Raumentwicklung zu berücksichtigen.

Für die Entscheidungs- und Abwägungsprozesse zur räumlichen Koordination von Anpassungsmaßnahmen im Bereich des Risikomanagements verfügt die Raumplanung bereits über umfangreiche Handlungsmöglichkeiten (vgl. Pohl, Zehetmair 2011). Diese Potenziale können mit einem erweiterten inhaltlichen Aufgabenverständnis zur Einbeziehung des Klimawandels mit seinen Folgen genutzt werden.

5 Raumplanung und Klimaschutz – ein Überblick

Mark Fleischhauer, Gerhard Overbeck, Gerold Janssen, Walter Kufeld

5.1 Einführung

Während das Ziel des Klimaschutzes bereits seit einigen Jahrzehnten verfolgt wird, hat die Option der Klimaanpassung als eine Antwort auf den globalen Klimawandel erst in den vergangenen Jahren ein deutlich stärkeres Gewicht erhalten. Dies ist als Ergebnis wissenschaftlicher Untersuchungen zum Ausmaß von Klimaänderungen und Klimafolgen (z. B. IPCC 2007c; Stern 2007) und den daraus auf europäischer Ebene (Weißbuch zur Anpassung an den Klimawandel, Kommission der Europäischen Gemeinschaften 2009), Bundesebene (Deutsche Anpassungsstrategie, Bundesregierung 2008; Aktionsplan Anpassung, Bundesregierung 2011) und Länderebene (mehrere Anpassungsstrategien, z. B. NRW, MUNLV 2009) erarbeiteten Anpassungsstrategien zu sehen.

In der regionalen und kommunalen Planungspraxis, in der Kooperation mit den Fachplanungen, aber auch in der Kommunikation mit der Öffentlichkeit zeigt sich die Grenze zwischen Klimaschutz und Klimaanpassung jedoch deutlich weniger trennscharf als im wissenschaftlichen und übergeordneten politisch-strategischen Zusammenhang. Hier sind einerseits diejenigen Akteure, die bereits seit vielen Jahren Klimaschutzaktivitäten vorangetrieben haben oft auch diejenigen, die die Frage nach regionaler oder kommunaler Klimaanpassung aufwerfen und in den regionalen oder kommunalen Zusammenhang stellen. Eine weitere Beobachtung ist, dass die Begriffe Klimawandel, Klimafolgen, Klimaschutz und Klimaanpassung in politischen und/oder öffentlichen Diskussionen oft durcheinandergeraten. Dies hat zur Folge, dass Fragen der Klimaanpassung nach wie vor oft im Zusammenhang mit dem Klimaschutz diskutiert werden. Schließlich bestehen sowohl Synergien als auch Konflikte zwischen Klimaschutz und Klimaanpassung, die es zu beachten bzw. ggf. zu nutzen gilt.

Diese in der Praxis zu beobachtende große Nähe von Klimaschutz und Klimaanpassung ist der Anlass für das vorliegende Kapitel. Auch wenn der Hauptfokus des Bandes im Bereich der Klimaanpassung liegt, soll an dieser Stelle ein Überblick zu den wichtigsten Aspekten des Klimaschutzes im Zusammenhang mit räumlicher Planung gegeben werden. Dabei geht es letztlich darum, die Akteure beim Klimaschutz „abzuholen" und hin zur Klimaanpassung zu führen. So kann beispielsweise über das „bekanntere" Thema Klimaschutz auch dazu beigetragen werden, die Notwendigkeit der Anpassung in Planung und Öffentlichkeit stärker zu verankern. Weiterhin wird in diesem Kapitel – in Ergänzung zu den anderen Kapiteln dieses Bandes – aber auch die Bandbreite der raumplanerischen Handlungsmöglichkeiten beim Klimaschutz dargestellt.

Schließlich geht es auch darum, grundsätzliche Synergien und Konflikte aufzuzeigen zwischen Klimaschutz und Anpassung einerseits sowie zwischen einzelnen Klimaschutz- bzw. Klimaanpassungsmaßnahmen andererseits.

5.2 Grundsätzliche Handlungsoptionen im Klimaschutz

Treibhausgasemissionen, insb. CO_2-Emissionen, entstehen hauptsächlich durch Energieerzeugung, Verkehr, Haushalte und die Industrie sowie darüber hinaus durch Landnutzung bzw. Landnutzungsänderungen. Letztere können im Übrigen auch Folge von Anpassungs-

prozessen sein, etwa wenn sich durch den Klimawandel die Bewirtschaftungsmöglichkeiten ändern.

Grundsätzlich bestehen mehrere Optionen beim Klimaschutz: Vermeidung von Treibhausgasemissionen durch den Verzicht auf bestimmte Nutzungen sowie Erhalt von Kohlenstoffsenken und/oder Einlagerung des emittierten CO_2, Steigerung der Energieeffizienz bei der Nutzung fossiler Brennstoffe, um die Bedürfnisse (Mobilität, Wärmeerzeugung usw.) mit einer geringeren Menge an Energie als bislang zu befriedigen sowie Substitution fossiler Brennstoffe durch erneuerbare Energien. Klimaschutz setzt also bei einer Vielzahl von Handlungsfeldern mit den jeweiligen Akteuren an. Dabei lassen sich insbesondere die Strategien zur Energieeffizienz, Energieerzeugung, Methangasreduzierung und CO_2-Sequestrierung unterscheiden (Janssen, Albrecht 2008: 2).

Die Gesamtheit der klimaschützenden Optionen umfasst informatorische („weiche") Maßnahmen, finanzielle Fördermaßnahmen, ordnungsrechtliche Maßnahmen, regulative („harte") Maßnahmen, fachplanerische, investive Maßnahmen sowie räumlich-gesamtplanerische Maßnahmen (Bergmann et al. 1993). Dabei zeigt sich bereits an dieser Stelle, dass raumordnerische und bauleitplanerische Maßnahmen zwar nur einen Teil aus dem gesamten Maßnahmenpaket darstellen. Gleichwohl kommt ihnen aufgrund ihres integrierten raumbezogenen und im Falle der Raumordnung überörtlichen Ansatzes eine hohe Bedeutung zu.

5.3 Klimaschutzziele und -strategien

Hintergrund jeglicher Bemühungen zum Schutz des globalen Klimas ist der Konsens der Klimaforschung, wonach die weitere Zunahme von Treibhausgasen in der Atmosphäre zu globalen Klimaänderungen und unerwünschten Klimafolgen führt (IPCC 2007c).

Auf der UN-Konferenz für Umwelt und Entwicklung in Rio de Janeiro wurde am 9. Mai 1992 das „Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen" verabschiedet (UNFCCC 1992). Die Klimarahmenkonvention trat am 21. März 1994 in Kraft und ist bis Ende 2010 von 194 Vertragsparteien ratifiziert worden (UNFCCC 2010). Die Klimarahmenkonvention enthält in Art. 4 die Verpflichtung der Vertragsparteien, die Kohlendioxid-Emissionen auf das Niveau von 1990 zu senken, jedoch ohne Nennung eines konkreten Erfüllungszeitraums.

Das auf der Konferenz von Kyoto 1997 zustande gekommene Zusatzprotokoll zur Klimarahmenkonvention (Kyoto-Protokoll), das am 16. Februar 2005 in Kraft trat, verpflichtet die im Anhang genannten Länder (Annex-B-Länder) bis 2012 zur Verringerung ihrer Treibhausgas-Emissionen um 5,2 % gegenüber 1990 (UNFCCC 1997). Im Kyoto-Protokoll ist die Europäische Union (EU-15) eine Reduktionsverpflichtung für die Treibhausgase CO_2, CH_4 und N_2O von 8 % (in CO_2-Äquivalenten) für den Zielzeitraum 2008 bis 2012 gegenüber dem Niveau von 1990 eingegangen (UNFCCC 1997, Art. 3 und Anlage B). Dabei ist es der EU nach Art. 4 Kyoto-Protokoll freigestellt, ihre Reduktionsziele unter den Mitgliedstaaten so aufzuteilen, dass die Gesamtreduktionsmenge mindestens 8 % erreicht. Dieses gemeinsame Ziel wurde im Juni 1998 unter den 15 EU-Mitgliedstaaten in der sog. Lastenteilungsvereinbarung festgesetzt (Kommission der Europäischen Gemeinschaften 1999). Demnach bekommen Länder mit wirtschaftlichem Nachholbedarf weiteren Zuwachs an Emissionen zugestanden, einige Länder müssen ihre Emissionen stabilisieren und andere müssen sie deutlich verringern, so auch Deutschland, und zwar um 21 % (ebd., Anhang 1).

Im August 2007 beschloss das Bundeskabinett das Integrierte Energie- und Klimaprogramm (IEKP). Zusammen mit den weiteren Beschlüssen zu dessen konkreter Umsetzung werden grundlegende Klimaschutzziele für das Jahr 2020 definiert, u. a. (BMU 2007b):

- Reduktion der Treibhausgasemissionen in Deutschland um 40 % gegenüber 1990 als Beitrag zum globalen Klimaschutz,
- Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung auf mindestens 30 %,
- Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien an der Wärmeerzeugung auf mindestens 14 %,
- Ausbau von Biokraftstoffen, ohne dass Ökosysteme und die Ernährungssicherheit gefährdet werden.

Langfristig hat sich die Bundesregierung noch ehrgeizigere Ziele gesetzt. So haben sich die 25 Mitgliedstaaten der EU unter der deutschen EU-Ratspräsidentschaft u. a. darauf geeinigt, die eigenen Treibhausgasemissionen bis 2050 gemeinsam um 60 bis 80 % gegenüber 1990 zu verringern (Bundesregierung 2007).

Im Jahr 2007 lag die Zielerreichung bei der Reduktion von Treibhausgasen in Deutschland bei ca. 22 %, beim Anteil erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung im Jahr 2009 bei ca. 16 % und beim Anteil erneuerbarer Energien an der Wärmeerzeugung 2009 bei 9 %. Der Anteil von Biokraftstoffen am Endenergieverbrauch bei Kraftstoffen hat zwischen 2007 und 2009 von 7,2 % auf 5,5 % abgenommen (UBA 2009c; BMU 2010).

Das IEKP soll über die folgenden Eckpunkte umgesetzt werden (BMU 2007a):

Energieeffizienz

- Effizientere Kraftwerke: Der Anteil hocheffizienter Anlagen mit Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) an der Stromproduktion soll von etwa 12 % (2007) auf 25 % bis 2020 verdoppelt werden; Förderung von Mini-KWK-Anlagen.
- Intelligente Stromzähler: Intelligente Zähler müssen ab 2010 bei Neubauten und Sanierungen eingebaut werden, zudem Einführung lastvariabler Tarife.
- Energiesparende Gebäude: Ab 2009 Anhebung der energetischen Anforderungen an Gebäude um durchschnittlich 30 %; Verbesserung des Vollzugs durch die Einführung von privaten Nachweispflichten.
- Geld für Altbausanierungen: Die Gebäudesanierung wird bis 2011 mit insgesamt 1,4 Mrd. Euro jährlich gefördert.

Erneuerbare Energien

- Mehr grüner Strom: Die Novelle des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes (EEG) sieht vor, dass der Anteil erneuerbarer Energien an der Stromversorgung bis 2020 auf mindestens 30 % steigt und danach weiter kontinuierlich erhöht wird.
- Mehr Wärme aus erneuerbaren Energien: Das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) legt fest, dass spätestens 2020 14 % der Wärme in Deutschland aus erneuerbaren Energien stammen muss.
- Ausbau des Stromnetzes: Der Ausbau des Stromnetzes ist für einen stabilen Betrieb notwendig (Energieleitungsausbaugesetz, EnLAG).
- Mehr Biogas: Mit der Novelle der Gasnetzzugangsverordnung strebt die Bundesregierung an, dass mehr Biogas in das Erdgasnetz eingespeist wird und damit breit verfügbar wird. Bis 2030 soll ein Anteil von 10 % erreicht werden.

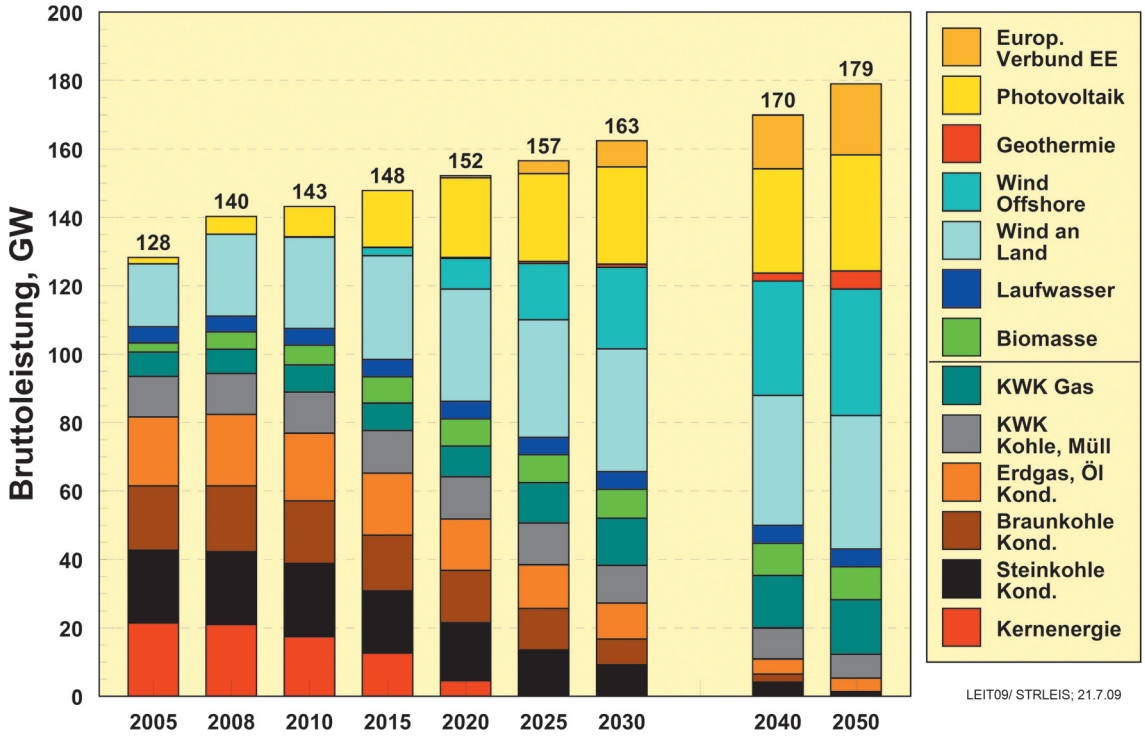
Verkehr

- Mehr Biokraftstoffe: Bis 2020 soll der Anteil von Biokraftstoffen moderat steigen.
- Auto fahren mit sauberem Strom: Ein „Entwicklungsplan Elektromobilität" soll verlässliche Rahmenbedingungen für Wirtschaft, Forschung und Verbraucher schaffen und die Anstrengungen im Bereich Batterietechnik und Fahrzeugtechnologie bündeln.
- Weniger Maut für saubere Laster: Die Novelle der Mauthöheverordnung sieht vor, dass Lastkraftwagen mit höheren Emissionen erheblich stärker belastet werden als solche mit geringem Ausstoß (Novelle des Autobahnmautgesetzes, ABMG; Novelle der Mauthöheverordnung, MautHV).
- Weniger Steuern für spritsparende Autos: Die Kfz-Steuer berechnet sich bei Neuwagen nicht mehr nur nach dem Hubraum, sondern auch nach dem CO_2-Verbrauch.

Weitere Maßnahmen

- Saubere Kraftwerke: Verordnung zur Absicherung von Luftqualitätsanforderungen in der Verordnung über Großfeuerungs- und Gasturbinenanlagen und in der Verordnung über die Verbrennung und die Mitverbrennung von Abfällen.
- Leitlinien zur Beschaffung energieeffizienter Produkte und Dienstleistungen.
- Kraftstoffqualität: Novelle der 10. Bundesimmissionsschutzverordnung (10. BImSchV).
- Chemikalienklimaschutzverordnung (ChemklimaschutzV).

Abb. 5.1: Struktur der Kraftwerksbruttoleistung im aktualisierten Leitszenario 2009 nach Energiequellen und Kraftwerksarten



Quelle: Nitsch, Wenzel 2009: 50

Die diesbezüglichen Herausforderungen für die Energieerzeugung, die hier beispielhaft herausgegriffen werden soll, sind in der Leitstudie 2010 zum strategischen Ausbau erneuerbarer Energien fortgeschrieben worden (Nitsch et al. 2010). Das zuvor entwickelte sog. Leitszenario 2009 ist ein zielorientiertes Energieszenario, das darlegt, wie die Zielsetzung der Bundesregierung, die Klimagasemissionen bis 2050 in Deutschland auf rund 20 % des Werts von 1990 zu senken, grundsätzlich umgesetzt werden kann (Nitsch, Wenzel 2009). Abbildung 5.1 zeigt die hierfür notwendigen Veränderungen in der Struktur der Kraftwerksbruttoleistung.

Somit bestehen in allen Zielbereichen noch erhebliche Potenziale, insbesondere beim Ausbau erneuerbarer Energien. Das Energiekonzept der Bundesregierung wird aktuell fortentwickelt. Durch den schrittweisen Verzicht auf Kernenergie bis spätestens Ende 2022 werden die Ausbauziele für erneuerbare Energien noch weiter verschärft werden (BMU 2011).

5.4 Handlungsbereiche der Raumordnung

Da Investitionsentscheidungen im Bereich von Kraftwerken oder regenerativen Energien sowie die Schaffung energieeffizienter Raum- und Verkehrsstrukturen immer auch einen räumlichen Bezug haben, ist die räumliche Planung auf allen Planungsebenen ein bedeutender Akteur für erfolgreichen Klimaschutz. Dennoch muss zunächst grundsätzlich auf die Beziehung zwischen Raumplanung bzw. Raumentwicklung[1] einerseits sowie Klimaschutz bzw. Energieplanung andererseits eingegangen werden.

Unter Raumentwicklung ist im Sinne einer Aufgabe die zielgerichtete Veränderung der räumlichen Nutzungsstruktur zu verstehen. Im analytischen Sinne geht es um die Frage, wie sich die wesentlichen den Raum strukturierenden Komponenten entwickelt haben. Räumliche Planung dient der Ordnung der Raumstruktur und ihrer Entwicklung. Im deutschen Planungssystem ist Raumplanung durch ein hierarchisches System der Planungsebenen und der dort handelnden Akteure bestimmt, die übersektoralen räumlichen Pläne sind durch das Gegenstromprinzip weitestgehend miteinander verzahnt. Bezugspunkt ist stets der Raum, bei dem es darum geht, die verschiedenen Nutzungsansprüche an den Raum nach dem Prinzip der Abwägung aufeinander abzustimmen. Die Akteure der Raumplanung (Raumordnung und Bauleitplanung) sind für Gebiete und Flächen zuständig und verfolgen als Ziel eine Optimierung der gesamträumlichen Struktur.

Demgegenüber ist die Energiewirtschaft marktwirtschaftlich ausgerichtet. Die wenigen großen und insgesamt privatwirtschaftlichen Akteure verfolgen gewinnorientierte Ziele und agieren nicht nur regions-, sondern auch staatenübergreifend. Fragen des Netzausbaus betreffen daher europäische und nationale Zusammenhänge und werden zu einem Großteil auf diesen Ebenen reguliert. Die Planung von energiebezogenen Investitionsentscheidungen findet daher nicht im öffentlichen Rahmen wie bei vergleichbaren Fachplanungen im Bereich des Verkehrs oder der Wasserwirtschaft statt, wodurch das grundsätzliche Spannungsverhältnis zwischen Raumordnung und ihrer Funktion der Einschränkung (Begrenzung) einerseits und der Gestaltung des Energiesystems über die Förderung von klimaschützenden und energiebezogenen Vorhaben andererseits deutlich wird.

Der Beitrag der Raumplanung zur Gestaltung des Energiesystems ist jedoch nur einer von mehreren Ansätzen des raumplanerischen Klimaschutzes. Im Rahmen einer Klimaschutzstrategie hat die MKRO 2009 folgende Handlungsfelder der Raumordnung identifiziert (MKRO 2009: 2):

[1] Zur Abgrenzung der Begriffe Raumplanung, Raumordnung und Raumentwicklung s. das Glossar im Anhang.

- energiesparende und verkehrsvermeidende Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung,
- räumliche Vorsorge für den raumverträglichen Ausbau erneuerbarer Energien unter Einbeziehung auch der Meeresgebiete einschließlich der zugehörigen Infrastruktur und effizienter Nutzung einheimischer Energien,
- vorsorgende Standortsicherung für Anlagen zur CO_2-Speicherung und die zugehörigen Leitungsnetze,
- Erstellung/Unterstützung regionaler Energiekonzepte (s. dazu ausführlich BMVBS 2011).

5.5 Energiesparende und verkehrsvermeidende Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung

Gebäude und Siedlungen sind eine wesentliche Quelle klimarelevanter Emissionen, einerseits aufgrund des Energiebedarfs für Heizung, Kühlung etc., andererseits aufgrund des Energieverbrauchs von Personen- und Güterverkehr. So gilt laut dem Nationalen Inventarbericht des UBA (2009c) der Straßenverkehr als eine der Hauptquellengruppen, dessen Anteil an den Gesamtemissionen von 1990 (11,9 %) bis 2007 (14,3 %) darüber hinaus deutlich gestiegen ist. Reduktionserfolgen in diesen Handlungsfeldern kommt somit eine große Bedeutung für das Erreichen der Klimaschutzziele zu. Bergmann et al. (1993: 495) betonten bereits 1993: „Unsere Raumstruktur ist (...) offensichtlich nicht ‚energieverträglich'" und weisen auf die Notwendigkeit der (räumlichen) Steuerung von Raumnutzungsprozessen hin, „um langfristig Rahmenbedingungen für CO_2-günstige Lebens- und Wirtschaftsweisen zu schaffen bzw. zu erhalten". Vor dem Hintergrund der aktuellen Klimaschutzdebatte wird diese Aussage vielfach bekräftigt (z. B. Endlicher, Kress 2008; BMVBS, BBSR 2009).

Auch technologischen Entwicklungen (z. B. Verbesserung der Energieeffizienz in der Automobil- und Gebäudetechnik) kommt bei der Reduktion von Emissionen im Siedlungs- und Verkehrsbereich eine wichtige Rolle zu. Allerdings besteht hier meist keine Raumrelevanz. Im Blickpunkt der folgenden Ausführungen stehen daher die Möglichkeiten zur Entwicklung energieeffizienter Siedlungsstrukturen auf der kommunalen und überörtlichen Ebene.

5.5.1 Rechtliche Rahmenbedingungen, Prinzipien und Leitbilder

Gemäß § 1 Abs. 5 Satz 2 BauGB sollen Bauleitpläne dazu beitragen „auch in Verantwortung für den allgemeinen Klimaschutz" eine menschenwürdige Umwelt zu sichern. Allerdings leitet sich nach Krautzberger (2008b) hieraus aufgrund der globalen Dimension des Klimaschutzes keine Verantwortung für den allgemeinen Klimaschutz ab; im Vordergrund stehen vielmehr städtebauliche Planungen und Maßnahmen, „die den Stadtumbau als Sachaufgabe treffen" (ebd.: 155). BauGB und BauNVO ermöglichen im Rahmen der Bebauungsplanung dennoch eine Reihe klimaschutzrelevanter Festsetzungen, wie z. B. Gebäudestandort und -ausrichtung; Gebäudehöhe, technische Festsetzung zur Ermöglichung des Einsatzes von erneuerbaren Energien, rationelle Energieversorgung, Energiekonzepte etc. (s. Fleischhauer, Bornefeld 2006; Janssen, Albrecht 2008: 69). Diese Vorgaben bzw. deren Umsetzung können zur Reduktion des Energieverbrauchs beitragen.

Auch städtebauliche Verträge können dem Klimaschutz dienen, insb. Vereinbarungen über die Nutzung von Kraft-Wärme-Kopplung für die Wärme- und Energieversorgung und von Solaranlagen gemäß § 11 Abs. 1 Satz 2 Nr. 4 BauGB (Krautzberger 2008a, 2008b). Auf der Ebene der Flächennutzungsplanung können Kriterien der Energieeffizienz und des Klimaschutzes bei Standortentscheidungen eingehen (Janssen, Albrecht 2008: 68).

Weitet man die Sichtweise vom Einzelobjekt auf Stadtteile und Siedlungsstrukturen aus, auch im regionalen Maßstab, wird offensichtlich, dass ein enger Zusammenhang zwischen Siedlungsstruktur und Energieeffizienz besteht: In geringer verdichteten Siedlungsräumen ist der Pro-Kopf-Kraftstoffverbrauch deutlich größer, aufgrund größerer Wegstrecken einerseits, einer höheren Abhängigkeit vom Auto andererseits (Bergmann et al. 1993: 499 ff.). Eine Reihe planerischer bzw. raumordnerischer Konzeptionen und Strategien kann an diesem Zusammenhang ansetzen und zur Reduktion von Emissionen durch Verkehr beitragen:

- Die konsequente Orientierung der Siedlungsentwicklung am Zentrale-Orte-System und am Achsen-System ist eine Grundvoraussetzung für die Reduktion von Verkehr und damit von Emissionen, da sie zur Konzentration von bebauten Strukturen und zum Schutz von bisher nicht bebauten Bereichen beitragen (z. B. Bergmann et al. 1993; Janssen, Albrecht 2008: 67).
- Von besonderer Bedeutung ist in diesem Zusammenhang die Verknüpfung der Siedlungsplanung mit der Planung bzw. dem Ausbau des Öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV), da dies ermöglicht, Neubaugebiete an Haltestellen des ÖPNV zu konzentrieren (vgl. Region Hannover 2011: 28).
- Die Umsetzung der Prinzipien der Funktionsmischung und der Verdichtung kann dazu beitragen, dass Grundfunktionen (z. B. Wohnen, Arbeiten, Erholung, Versorgung) enge räumliche Bezüge aufweisen und somit Verkehr vermieden wird (Bergmann et al. 1993: 516). Dies entspricht letztlich dem Leitbild der „kompakten Stadt"; der Grundgedanke lässt sich jedoch auch auf übergeordnete räumliche Ebenen übertragen, indem – statt funktionsräumlicher Spezialisierungen – die räumliche Integration von Funktionen angestrebt wird (ebd.: 510).
- Zur Erhaltung kompakter Siedlungsstrukturen leisten Strategien der Innenentwicklung und der Brachflächenrevitalisierung wichtige Beiträge, wie auch die Ausweisung von Bereichen für verkehrsintensive Gewerbe, z. B. Logistikunternehmen, an entsprechend geeigneten Standorten durch die Raumordnung, mit dem Ziel, eine Erhöhung des Gesamtverkehrsaufkommen zu vermeiden.

5.5.2 Grenzen und Potenziale im Bestand

Diese Prinzipien und Leitbilder können – neben einigen weiteren – generell als ressourcenschonend betrachtet werden, da sie neben der Vermeidung von Verkehr und der damit verbundenen Verringerung von CO_2-Emissionen letztlich auch zum Schutz von Freiräumen (und damit zur Sicherung zahlreicher ökologischer Funktionen) beitragen. Allerdings besteht das Grundproblem, dass eine umfassende Umsetzung im Falle der überörtlichen Strukturen vielfach kaum möglich ist, da die Siedlungsstrukturen im Wesentlichen bereits bestehen. Die Umsetzung der angesprochenen planerischen Konzepte kann somit vor allem zur Optimierung des Bestands beitragen, kaum jedoch die Siedlungsstruktur insgesamt stark beeinflussen. Ein wichtiges Element dieser Optimierung ist beispielsweise ein konsequenter Vorrang der Innenentwicklung vor der Neuerschließung von Standorten. Raumplanung kann hier mit formellen und informellen Instrumenten wichtige Beiträge leisten. Allerdings werden die bestehenden Möglichkeiten (z. B. Beschränkung auf Eigenentwicklung in Nicht-Zentralen-Orten; Nachweis des Bedarfs für die Genehmigung von Bebauungsplänen etc.) nicht immer konsequent ausgeschöpft werden, weil in Politik und Öffentlichkeit das Problembewusstsein fehlt und andere Aspekte in der Abwägung letztlich höher gewichtet werden. Anders stellt sich die Situation in schrumpfenden Regionen dar: Hier besteht zumindest theoretisch das Potenzial, Schrumpfungsprozesse derart zu steuern, dass die Energieeffizienz von Siedlungsstrukturen insgesamt erhöht wird.

Potenziale bei bestehenden Verkehrs- und Siedlungsstrukturen bestehen auf kommunaler Ebene in einem verstärkten Zugang auf Eigentümer über Information und Kommunikation und ein verstärktes „Mainstreaming" von Klimaschutz bei örtlich und überörtlich bedeutsamen Investitionen, beispielsweise in Verbindung mit Förderprogrammen des Stadtumbaus oder der städtebaulichen Sanierung.

5.5.3 Nutzerverhalten als entscheidender Faktor

Bezüglich der Bedeutung der angesprochenen planerischen Strategien und Leitbilder besteht ein weiteres Grundproblem, das dazu führt, dass deren Beitrag zur Emissionsminderung letztlich kaum quantifiziert werden kann: Die vielfach in Zusammenhang mit Klimaschutz und Ressourceneffizienz proklamierte „Nutzungsmischung" ist nur dann ressourcenschonend, wenn die Raumnutzer tatsächlich Wege vermeiden, also beispielsweise große Teile der Wohnbevölkerung tatsächlich wohnungsnah arbeiten und einkaufen. Strukturen, die ein ressourcensparendes Verhalten der Raumnutzer auf der städtischen (oder auch regionalen Ebene) schaffen, sind kein Garant für eine Reduktion des Verkehrsaufkommens. So bezweifeln Siedentop und Hesse (2005: 50), dass eine hohe Siedlungs- und Bevölkerungsdichte sowie gemischte Siedlungsstrukturen tatsächlich einen erheblichen Einfluss auf das individuelle Verkehrsverhalten ausüben. Bauriedl et al. (2008: 69) betonen, dass bereits in den 1990er Jahren darauf hingewiesen wurde, „dass das räumliche Leitbild der kompakten Stadt mit seiner kleinteiligen Funktionsmischung keineswegs automatisch verkehrsreduzierend wirkt" (vgl. Holz-Rau 1997) und somit mittelbar auch nicht per se emissionsmindernd ist. Kagermeier (1997: 321) geht davon aus, dass der zunehmend bedeutsame Faktor des Freizeitverkehrs den möglichen Dämpfungseffekt nivelliert. Es ist somit fraglich, ob die erwünschten und häufig proklamierten Effekte erreicht werden, gerade in Anbetracht der ständig zunehmenden Verkehrsleistung (von 1991 bis 2007 eine Zunahme um 66 % im Güterverkehr und 21 % im Personenverkehr, gemessen in Tonnenkilometern; Reim 2009: 585). Dennoch kommt den entsprechenden Konzepten eine große Bedeutung zu, um Notwendigkeit und grundsätzliche Möglichkeiten eines ressourceneffizienten Siedelns deutlich zu machen.

5.5.4 Fazit zur Rolle der Raumordnung

Raumordnung, die sich an o. g. Prinzipien orientiert, spannt somit v. a. einen Rahmen auf, in dem sich Standort- und Mobilitätsentscheidungen abspielen; die genannten technologischen Innovationen und eine gezielt Leitbild-gestützte Steuerung der Raumentwicklung stellen laut Bauriedl et al. (2008: 69) „notwendige strategische Ansatzpunkte [dar], greifen ohne hinreichende organisatorische und kommunikative Maßnahmen allerdings zu kurz". Dies gilt insbesondere dann, wenn Veränderungen im Bestand der Siedlungs- und Verkehrsflächen erzielt werden sollen. Bergmann et al. (1993: 559) weisen darauf hin, dass eine Verkehrswegeplanung, die als Instrument zur Vermeidung von Treibhausgasemissionen genutzt werden soll, eigentlich darauf abzielen müsste, auf den Abbau von Raumwiderständen und insbesondere auf die Beseitigung großräumiger Verkehrsengpässe zu verzichten und statt dessen lokale und regionale Verflechtungen zu fördern. Vor dem Hintergrund des Klimaschutzes müssten daher Subventionen und Fördermöglichkeiten, die Raumwiderstände verringern (z. B. Pendlerpauschale), abgeschafft werden und stattdessen Ansätze entwickelt werden, die die Umweltfolgekosten von Verkehr internalisieren. Während Bewusstseinsbildung und Kommunikation für Verhaltensänderungen im Bezug auf das Mobilitätsverhalten förderlich sind, dürfte es letzten Endes doch die Verteuerung von Energiedienstleistungen und von Mobilität sein, die zu einer Reduktion des Verkehrs, zu technischen Innovationen und langfristig zu einer höheren Gewichtung des Kriteriums

der Energieeffizienz bei Standortentscheidungen von Haushalten und Unternehmen führen würde (Bergmann et al. 1993).

Leitbilder der Raumentwicklung im Sinne einer „Schaffung ressourcenschonender Siedlungsstrukturen" werfen die Frage nach dem Spannungsverhältnis zwischen diesen und anderen räumlichen Leitbildern, wie z. B. der Stärkung des ländlichen Raums, auf. Hier bestehen Diskrepanzen zwischen kompakter und somit energieeffizienter Siedlungsstruktur und der damit verbundenen Fokussierung auf Agglomerationsräume bzw. Metropolregionen einerseits und andererseits der Stärkung des ländlichen Raums, wie beispielsweise durch das EU-Programm „LEADER" zur Entwicklung der ländlichen Wirtschaft oder die Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes". Die Ausräumung dieser Diskrepanzen wird eine politische Schlüsselstellung im Hinblick auf den Umsetzungserfolg ressourcenschonender Siedlungsstrukturen haben. Erfolgsansätze kommen bisher meist aus städtischen Räumen, diese greifen in ländlichen Räumen – wenn überhaupt – aber nur bedingt.

5.6 Räumliche Vorsorge für den raumverträglichen Ausbau erneuerbarer Energien

Die strukturellen Unterschiede bei der Energieerzeugung aus fossilen und regenerativen Quellen sowie der zukünftige weitere Ausbau der regenerativen Energien führen zu räumlichen Auswirkungen, die sich insbesondere in einem neuen Verhältnis von Stadt und Land niederschlagen, da der Großteil der installierten Leistung sich im ländlichen Raum befindet, der sich zunehmend zum Erneuerbare-Energien-Produzenten entwickeln wird (BBSR 2010a: 14). Neben den Raumansprüchen der neuen Anlagen besteht in der Anpassung der Infrastruktur an die Anforderungen einer dezentralen Energieversorgung eine große Herausforderung. In der Schlussfolgerung heißt dies, dass „Stadt-, Regional- und Raumplanung die fachlichen Aspekte der Energiebedarfs- und -versorgungsplanung aktiv integrieren müssen" (BBSR 2010a: 14).

Grundlage für den planerischen Umgang mit erneuerbaren Energien sind meist regionale Energiekonzepte oder Teilabschnitte des Regionalplans (vgl. z. B. Regionalverband Nordschwarzwald 2007; VRRN 2007a etc.). Sie tragen dazu bei, regenerative Energien in energiepolitische Konzepte zu integrieren, könnten eine Grundlage für die von der EU geforderten Nationalen Aktionspläne für erneuerbare Energien sein, leisten einen Beitrag dazu, eine ausgewogene Raumentwicklung zu ermöglichen und helfen, raumunverträgliche Belastungen zu vermeiden (BBSR 2010a: 14).

Sinnvoll erscheint dabei, regionale Zielgrößen für erneuerbare Energien aufzusetzen, für die dann entsprechend den regionalen Gegebenheiten ein angemessener Energiemix vorgesehen werden kann (Wachter et al. 2006). So wird z. B. in der Planungsregion Trier verfahren, aber auch im Regionalplan Nordschwarzwald, im Regionalplan Oberlausitz-Niederschlesien oder in einem Forschungsprojekt für die Region Uckermark-Barnim (Günnewig, Wachter 2006). Hierbei stellt sich die Frage, wie die globalen/nationalen Ziele auf die Region „heruntergebrochen" werden: Welchen Anteil an Reduktionsminderung müssen die jeweiligen Regionen erbringen? Inwieweit werden hierbei z. B. ländliche und städtische Regionen differenziert betrachtet?

Ein grundsätzliches Problem besteht darin, dass derzeit eine geeignete konzeptionelle Fachplanung im Energiebereich fehlt und der Bestand fortgeschrieben wird (vgl. Tietz 2007). Durch den Wandel im Energieversorgungssystem werden sich hier jedoch Änderungen ergeben müssen. Aufgrund der bestehenden planerischen Lücke hat die Raumordnung – im Rahmen ihrer Kompetenzen – die (räumliche) Steuerung von erneuerbaren

Energien „übernommen". Hier stellt sich insbesondere die Frage nach neuen Trassen für eine dezentralere Energieversorgung als raumplanerisches Aufgabengebiet dar (vgl. Tietz 2007). Durch den Wandel in der Energieproduktion werden sich auch hier raumwirksame Änderungen ergeben müssen, insbesondere auch durch den Ausbau der Offshore-Energieerzeugung bzw. den Import von Energie aus anderen Staaten. So zeigt die Variante „Solare Vollversorgung" des großräumigen REG-/REN-Szenarios 2050 sogar die Vollversorgung mit erneuerbaren Energien bis 2050 auf (vgl. Prognos AG et al. 2002: 115 ff.).

In der aktuellen Energiedebatte hat sich die Unterscheidung zwischen den Sektoren Strom, Wärme/Kälte und Verkehr etabliert. Im Folgenden beziehen sich die Ausführungen jedoch beispielhaft hauptsächlich auf den Sektor Strom und dabei insbesondere auf dessen Ausbauleistung, um daran exemplarisch das Spannungsverhältnis zwischen Raumplanung und energiebezogener Planung darzustellen.

5.6.1 Rechtliche Rahmenbedingungen

Eine Klimaschutzklausel ist im Raumordnungsgesetz innerhalb der Grundsätze des § 2 ROG in Abs. 2 Nr. 6 Satz 6 explizit aufgeführt. Danach ist im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung innerhalb der Raumplanung den räumlichen Erfordernissen des Klimaschutzes durch Maßnahmen, die dem Klimawandel entgegenwirken (Klimaschutz), Rechnung zu tragen. Dies bezieht sich auf die Schaffung räumlicher Voraussetzungen für den Ausbau erneuerbarer Energien, für eine sparsame Energienutzung und den Erhalt natürlicher Senken zur Einlagerung klimaschädlicher Stoffe (§ 2 Abs. 2 Nr. 6 Satz 7 ROG; Birkmann et al. 2010: 8).

Konkrete Klimaschutzmaßnahmen tangieren das Planungsrecht unmittelbar dort, wo die Förderung der Nutzung erneuerbarer Energien vom Standort der Anlage (z. B. im Gebiet eines Bebauungsplans) abhängig ist. Ganz überwiegend ist das Planungsrecht nur mittelbar über die Frage der Standortwahl (z. B. bei einer Anlage zur Kraft-Wärme-Kopplung) betroffen. Die Erhöhung der Energieeffizienz durch technische Mittel und Energieeinsparung (in Industrie, Gewerbe, Haushalten) ist i. d. R. nicht direkt raumrelevant. Die rechtliche Grundlage hierfür, das Energieeinsparungsgesetz (EnEG), ist objektbezogen, womit sich die Raumrelevanz in der Verortung eines entsprechenden Objektes im Raum ergeben kann (Janssen, Albrecht 2008). Demgegenüber benötigt der Ausbau erneuerbarer Energien i. d. R. Flächen mit einer je nach Energieträger spezifischen Eignung (z. B. Windhöfigkeit, Strahlungsgenuss, Nähe zu Produktionsflächen von Biomasse), sodass hier eine klare Raumrelevanz besteht. Auch die Auswirkungen der Energieerzeugung sind vielfach raumrelevant (z. B. Windkraft: Lärmemissionen, Auswirkungen auf das Landschaftsbild, Auswirkungen auf den Naturhaushalt, bspw. auf die Fauna; Freiflächensolaranlagen: Landschaftsbild, Naturhaushalt; Biomasse: eher punktuelle anlagenbezogene Auswirkungen, aber flächenhafte Auswirkungen des Anbaus von Energiepflanzen) (Birkmann et al. 2010: 8).

In fast allen Regionen hat die Raumordnung die Aufgabe übernommen, geeignete Räume für erneuerbare Energien zu bestimmen bzw. sensible Räume von dieser Nutzung freizuhalten. Darüber hinaus spielen infrastrukturelle Fragen eine wichtige Rolle, so z. B. die Frage nach der Netzintegration von dezentralen Anlagen der Energieerzeugung oder die Nähe von Abnehmern von Wärmeproduktion.

Insgesamt muss der Ausbau erneuerbarer Energien mit einer Vielzahl anderer Ansprüche an den Raum abgestimmt werden, um negative Folgen zu vermeiden. Da für den Klimaschutz keine eigene Fachplanung existiert, sind viele Akteure gefordert, fachliche Beiträge zu leisten. Entsprechend sind auch Fragen nach der am besten geeigneten Orga-

nisationsstruktur und der Einbindung der regionalen und lokalen Akteure in den Vordergrund von Forschungsaktivitäten gerückt worden, wie beispielsweise im MORO-Vorhaben „Strategische Einbindung der erneuerbaren Energien in regionale Energiekonzepte" und in den KLIMZUG-Projekten (Birkmann et al. 2010: 8).

Die erfolgte Aufnahme des globalen Klimaschutzes als Planungsleitlinie für die Bauleitplanung im Baugesetzbuch (§ 1 Abs. 5 Satz 2 BauGB) hat, obwohl sie aus Sicht der Reduktion von Treibhausgasen zu begrüßen ist, lediglich deklaratorischen Charakter. Denn der Klimaschutz ist Bestandteil des allgemeinen Umwelt- und Naturschutzes und als solcher im Rahmen der Auswirkungen von Bauleitplänen seit jeher Gegenstand der Bauleitplanung. Ausgangspunkt ist dabei der Beitrag der Planung zum Klimaschutz aus dem Plangebiet heraus; für einen altruistischen globalen Klimaschutz darf die Bauleitplanung aus verfassungsrechtlichen Gründen hingegen nicht herangezogen werden (Janssen, Albrecht 2008: 130; Birkmann et al. 2010: 8).

Ein effektiverer Weg, die Möglichkeiten der Bauleitplanung für Klimaschutzmaßnahmen im BauGB weiter zu stärken, wird stattdessen in der Einführung einer speziellen Klimaschutzklausel in § 1a BauGB nach dem Vorbild der Bodenschutzklausel gesehen. Dabei ist darauf zu achten, dass sie durch strikte Kriterien (z. B. Vorrang der Nutzung erneuerbarer Energien und KWK-Anlagen) ergänzt wird, wie dies im Falle der Bodenschutzklausel geschehen ist, um sie nicht der Wirkungslosigkeit preiszugeben (Janssen, Albrecht 2008: 55).

Die entscheidenden Impulse für den Klimaschutz gehen von verschiedenen Fachgesetzen aus. Von diesen zeigen insbesondere das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) sowie das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG) über die damit verbundenen Finanzanreize für die Betreiber von Anlagen zur Energiegewinnung Raumrelevanz.

Das neue EEG trat am 1. Januar 2009 in Kraft und löste das EEG in der Fassung von 2004 ab. Im Vergleich zum ersten EEG ist die Grundstruktur beibehalten worden. Im Detail erfolgten jedoch Verbesserungen, die insbesondere der Umsetzung des Integrierten Energie- und Klimaprogramms (IEKP) dienen, welches zum Ziel hat, den Anteil erneuerbarer Energien an der Stromproduktion bis 2020 weiter auszubauen. Um dieses Ziel zu erreichen, wurden die Möglichkeiten des Repowerings attraktiver gestaltet, die Bedingungen für die Offshore-Windkraft und die Netzintegration von Anlagen zur Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien mitsamt der Regelung des Einspeisemanagements verbessert (EEG). Nach wie vor werden Netzbetreiber verpflichtet, Strom aus erneuerbaren Energien abzunehmen und nach gesetzlich festgesetzten Preisen zu vergüten. Planungsrelevanz erhalten die Aussagen des EEG erst im Genehmigungsverfahren bei der Frage danach, wo eine Anlage platziert wird. Die Einspeisevergütung richtet sich z. T. auch nach der Lage der Anlage (z. B. Solaranlagen: Vorhaben im Gebiet eines Bebauungsplans oder nicht), ansonsten hat das Förderinstrument selber keinen direkten Bezug zur Raumplanung.

Neben dem EEG ist insbesondere das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG) aus dem Jahr 2006 auf der Ebene der Bauleitplanung bzw. der städtebaulichen Steuerung von Relevanz. Bis zum Jahr 2005 sollte im Vergleich zum Basisjahr 1998 durch die Nutzung der Kraft-Wärme-Kopplung eine Minderung der jährlichen CO_2-Emissionen von 10 Millionen Tonnen und bis zum Jahr 2010 um bis zu 23 Millionen Tonnen, mindestens jedoch 20 Millionen Tonnen gemindert werden (KWKG). Das KWKG regelt im Wesentlichen die Abnahme und die Vergütung von Strom aus KWK-Anlagen, indem Netzbetreiber gemäß § 4 Abs. 1 KWKG verpflichtet sind, KWK-Anlagen an ihr Netz anzuschließen. Raumrelevanz bei dieser gesetzlichen Regelung besteht insbesondere auf der Ebene der Bauleitplanung bzw. städtebaulichen Steuerung einerseits durch den Einsatz von Abfallprodukten (insb. schadstoffhaltiges Altholz), was zu Problemen bei der bauplanerischen Genehmigung

führen kann. Andererseits betrifft dies neben der eigentlichen KWK-Anlage auch das zum Transport der erzeugten Energie erforderliche Leitungsnetz (Janssen, Albrecht 2008: 34).

Im Rahmen ihres Energiekonzepts hat die Bundesregierung angekündigt, eine Initiative auf den Weg bringen zu wollen, „um gemeinsam mit den Ländern und Kommunen die Raumordnungspläne mit dem Ziel weiterzuentwickeln, dass ausreichende Flächen für neue Windenergiegebiete ausgewiesen werden" (BMWi, BMU 2010: 9). Dies ist ein sehr bedeutender Schritt in Richtung einer ebenenübergreifenden Koordination zwischen Klimaschutz- und Energiepolitik einerseits und Raumplanung andererseits.

5.6.2 Windenergie

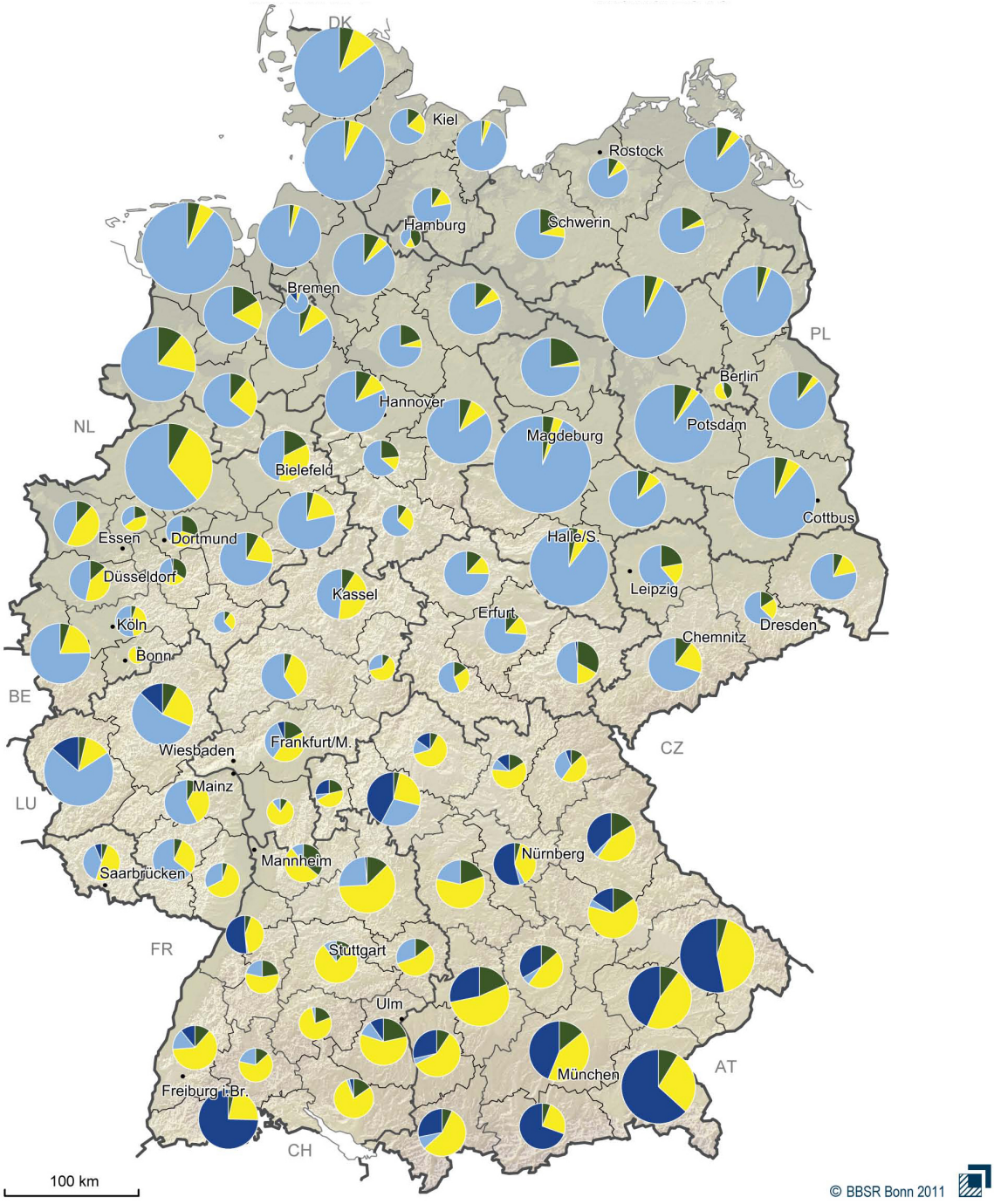
Im Jahr 2009 wurden in Deutschland an Land und offshore 37.809 GWh Strom durch Windenergie erzeugt, was einen Anteil von 6,5 % am Stromverbrauch ausmacht. Die im Jahr 2009 bestehenden Windkraftanlagen machten eine installierte Leistung von 25.777 MW aus. Damit hat die Windenergie einen Anteil von mehr als 40 % an der Stromerzeugung durch erneuerbare Energien (BMU 2010: 10). Bei der Windenergie werden zukünftig noch erhebliche Potenziale bei der Stromerzeugung (110.000 GWh an Land, 300.000 GWh offshore) gesehen. Dies entspricht einer Gesamtleistung von installierten 130.000 MW (BMU 2010: 38). Räumlich konzentriert sich die Nutzung der Windenergie auf Norddeutschland sowie deutschlandweit betrachtet auf ländliche Räume (vgl. Abb. 5.2).

Planerische Steuerung

Die Einrichtung von Windkraftanlagen im Außenbereich ist nach § 35 Abs. 1 Nr. 5 BauGB privilegiert. Deren Steuerung geschieht durch den Regional- bzw. Flächennutzungsplan (§ 35 Abs. 3 Satz 3 BauGB). Regionalplanerische Bedeutsamkeit erlangen Windkraftanlagen ab Erreichen bestimmter Schwellengrößen (z. B. Gesamthöhe mehr als 50 m, mehr als drei Anlagen, Flächengröße größer als 3 ha). Die regionalplanerische Steuerung erfolgt i. d. R. über Ziele und Grundsätze, d. h. über die Ausweisung von Vorrang-, Vorbehalts- und Eignungsgebieten, die z. T. den Charakter von Ausschlussgebieten haben. Hierbei bestehen Unterschiede zwischen den Bundesländern. Die meisten Regionen haben klare Kriterien erarbeitet, die der Ausweisung von Standorten für Windenergieanlagen zugrunde liegen. Die klimapolitischen Zielsetzungen und damit Ziele zum Anteil der Windenergie werden von den Bundesländern derzeit selbst festgelegt (Köck, Bovet 2008).

Probleme bei der Nutzung der Windenergie bzw. bei ihrer planungsrechtlichen Umsetzung bestehen in erster Linie bei der Akzeptanz in der Bevölkerung aufgrund landschaftlicher Auswirkungen sowie Emissionen (Schattenwurf, Lärm). Aber auch der Flächenverbrauch durch Sicherheitszonen und Versorgungswege steht in der Kritik. Umgekehrt wird die gegenwärtige gesetzliche Lage und Praxis von den Betreibern der Anlagen häufig als zu restriktiv und somit als „Verhinderungsplanung" empfunden. Problematisch gestaltet sich oft auch das Repowering älterer Anlagen, die außerhalb der heute ausgewiesenen Vorrang- und Eignungsgebiete liegen, da die Positivflächen bereits weitgehend „ausgebucht" sind (Janssen, Albrecht 2008: 61, 64).

Abb. 5.2: Räumliche Verteilung installierter elektrischer Leistung erneuerbarer Energieträger



Quelle: BBSR 2012

5.6.3 Photovoltaik

Mit der im Jahr 2009 in Photovoltaikanlagen installierten Leistung von 9.800 MWp (Megawatt Peak) wurden 6.200 GWh (Gigawattstunden) Strom erzeugt. Damit nimmt die Photovoltaik einen Anteil von 6,6 % an der regenerativen Stromerzeugung ein (BMU 2010: 10). Ein Großteil der Anlagen ist auf Dach- und Fassadenflächen installiert, etwa 11 % der gesamten Leistung von Photovoltaikanlagen wird auf Freiflächen erzeugt, davon rund 73 % auf Ackerland (BMU 2008). Insgesamt bedeutet dies eine Anlagengesamtfläche auf Freiflächen von ca. 800 ha (Günnewig 2008). Für Photovoltaikanlagen auf Freiflächen bieten sich insbesondere Konversionsflächen, Brachen usw. an. Zukünftige Potenziale auf geeigneten Dach-, Fassaden- und Siedlungsflächen werden auf eine Stromproduktion von 115.000 GWh/Jahr geschätzt, was einem installierten Leistungspotenzial von 125.000 MWp entspricht.

Planerische Steuerung

Photovoltaikanlagen an oder auf Gebäuden sind nach den Landesbauordnungen i. d. R. genehmigungsfrei. Da Photovoltaik-Freiflächenanlagen im Außenbereich nicht privilegiert sind, ist eine regionalplanerische Steuerung sinnvoll. In einigen Ländern ist der Betrieb von Photovoltaikanlagen im Außenbereich (noch) genehmigungsfrei, in anderen Ländern gelten Mindestgrößen (vgl. VRRN 2007b). In vielen Regionen gilt allerdings generell der Grundsatz „Solarenergie gehört auf Dächer", sodass dort eine raumplanerische Regelung als nicht sinnvoll erachtet wird (vgl. VRRN 2007b). In den Fällen, in denen der Betrieb von Photovoltaikanlagen im Außenbereich raumordnerisch geregelt werden soll, können Vorrang- und Vorbehaltsgebiete ausgewiesen werden. In der Praxis ist das Vorgehen jedoch sehr unterschiedlich. So weisen einige Regionalplanungsstellen sowohl Vorrang- als auch Vorbehaltsgebiete aus, wohingegen andere sich lediglich auf Vorbehaltsgebiete (z. T. kombiniert mit Ausschlusswirkung) beschränken und andere gar nichts ausweisen. Bei der Bewertung von Standortalternativen lassen sich verschiedene Kriterien heranziehen. Zur Bewertung der Naturverträglichkeit sind beispielsweise Kriterien erarbeitet und in einer Vereinbarung zwischen der Unternehmensvereinigung Solarwirtschaft und dem Naturschutzbund Deutschland festgehalten worden (UVS, NABU 2005).

Problematisch sind insbesondere bei den Freiflächen-Photovoltaikanlagen landschaftsästhetische Auswirkungen, die z. T. zu einer geringen Akzeptanz bei der Bevölkerung führen. Hinzu kommt die Belastung des Bodens mit Pestiziden, um die Verschattung der Module zu verhindern. Des Weiteren tritt durch Umzäunung der Anlage eine Barrierewirkung ein, die wandernde Tierarten bedrohen. Dazu tritt oft ein Verlust von Ackerflächen, wenngleich der Flächenbedarf insgesamt als nicht sehr groß angesehen wird (Günnewig 2008). Bei derartigen konfliktreichen überörtlich raumbedeutsamen Einzelvorhaben dienen Raumordnungsverfahren als „Vorverfahren" eines Genehmigungsverfahrens dazu, die raumordnerische Verträglichkeit eines Verfahrens zu klären (s. Praxisbeispiel).

Praxisbeispiel: Das Raumordnungsverfahren als räumliches Sicherungsinstrument für klimaverträgliche Energieversorgung: das Beispiel der geplanten Freiflächen-Photovoltaikanlage „Schornhof" in Oberbayern

Problemstellung

- Das Raumordnungsverfahren ist in der Praxis ein wichtiges landesplanerisches Abstimmungsinstrument zur Lösung von überörtlich raumbedeutsamen Nutzungskonflikten.
- Die Sicherung raumverträglicher Gebiete für Photovoltaikanlagen in der freien Landschaft dient in diesem Zusammenhang auch dem Klimaschutz und ist im Rahmen einer Gesamtstrategie zur Bewältigung des Klimawandels „Minderung des Energieverbrauchs, Erhöhung der Energieeffizienz und Reduzierung des CO_2-Ausstoßes" zu betrachten.
- Es stellt sich dabei die grundsätzliche Frage, welche Instrumente der Raumordnung herangezogen werden können, um zu dieser Thematik einen raumbedeutsamen Beitrag zum Klimaschutz und/oder zur Klimaanpassung zu leisten.

Lösungsansätze

- Neben in textlicher und/oder zeichnerischer Form festgelegten Zielen und Grundsätzen auf der Ebene der Raumordnungspläne gibt es auch die Möglichkeit, durch vorhabenbezogene Instrumente wie z. B. das Raumordnungsverfahren (Art. 24 BayLplG) zu einer stärkeren Berücksichtigung von Aspekten des Klimaschutzes und des Klimawandels beizutragen.
- Das Raumordnungsverfahren als „Vorverfahren" eines Genehmigungsverfahrens bietet gute Möglichkeiten, bereits im Vorfeld Nutzungskonflikte zu erkennen und zu deren Lösung beizutragen. Gerade im Sinne einer Sicherungsfunktion für regenerative Energieprojekte (hier: Freiflächen-Photovoltaikanlagen) zielt das sog. „harte" Instrument der Raumordnung auf einen proaktiven Klimaschutz.

Umsetzung

Die geplante Freiflächen-Photovoltaikanlage „Solarpark Schornhof" in der Gemeinde Berg im Gau, Region Ingolstadt (Oberbayern), mit einer beantragten Gesamtgröße von ca. 140 Hektar und einer geplanten Leistung von mindestens 52 MWp beurteilte die Regierung von Oberbayern landesplanerisch grundsätzlich positiv. Sie forderte über sog. Maßgaben für dieses bis dato größte oberbayerische Solarprojekt eine möglichst natur- und landschaftsschonende Bauausführung. Das Vorhaben leistet einen wesentlichen Beitrag zum Ausbau erneuerbarer Energien sowie zur verbrauchernahen, inländischen Stromerzeugung. Die emissionsfreie Stromerzeugung wirkt sich positiv auf Klimaschutz und Luftreinhaltung aus.

Die Regierung von Oberbayern hat als höhere Landesplanungsbehörde im Rahmen des parallel zum Bauleitplanverfahren am 10.02.2010 eingeleiteten vereinfachten Raumordnungsverfahrens die eingegangenen Stellungnahmen geprüft und abgewogen. Das geplante Vorhaben kann im Plangebiet zu positiven Auswirkungen für den Natur-, Boden- und Grundwasserschutz führen. In der Folge kann dadurch auch

die Retentionswirkung des Gebietes und damit der Hochwasserschutz verbessert werden. Durch die nachhaltige Extensivierung des bislang intensiv landwirtschaftlich genutzten Areals ist ein Aufhalten der Moorsackung bis hin zur Regeneration des Moorbodens zu erwarten, die sich aufgrund dessen Funktion als CO_2-Speicher positiv auch auf den Klimaschutz auswirken. Die mit dem Projekt verbundenen negativen Auswirkungen insbesondere auf das Landschaftsbild können durch zahlreiche Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen und eingehende Planungsoptimierung maßgeblich verringert werden. Durch flankierende Maßnahmen (Infopavillon, Forschungsprojekte) lassen sich darüber hinaus auch positive Aspekte für Freizeit und Erholung sowie Bildung und Wissenschaft erzeugen. Nach eingehender Abwägung aller Vor- und Nachteile kam die Regierung von Oberbayern zu dem Ergebnis, dass – bei Einhaltung der festgelegten Maßgaben – die positiven Auswirkungen des geplanten Projekts insbesondere für die Belange der Energieversorgung, des Natur- und Bodenschutzes, des Grund- und Hochwasserschutzes sowie in mehrfacher Weise auch des Klimaschutzes die Nachteile überwiegen.

Resümee

Das konkrete Praxisbeispiel einer geplanten Freiflächen-Photovoltaikanlage in Oberbayern zeigt, dass

1. das Raumordnungsverfahren als vorhabenbezogenes Instrument der Raumordnung eine räumliche Vorsorgefunktion für eine klimaverträgliche Energieversorgung übernehmen und somit ein Beispiel für proaktiven Klimaschutz sein kann.
2. die Raumordnung wichtige Beiträge zu einer räumlichen Gesamtstrategie zur Bewältigung des Klimawandels „Minderung des Energieverbrauchs, Erhöhung der Energieeffizienz und Reduzierung des CO_2-Ausstoßes“ leisten kann.
3. das Raumordnungsverfahren als „Vorverfahren“ zu daran anschließenden Zulassungsverfahren Nutzungskonflikte in einer frühen Phase aufzeigt, Planungsoptimierungen ermöglicht und Lösungen im Sinne einer vorausschauenden und nachhaltigen Planung bietet. In diesem Zusammenhang spielen auch raumrelevante Aspekte des Klimaschutzes und der Klimaanpassung eine immer wichtigere Rolle, wie das hier gewählte Praxisbeispiel verdeutlicht.

5.6.4 Biomasse

Bereits 2006 wurden in Deutschland 1,56 Mio. ha, also rund 13 % der Ackerfläche zum Anbau von Nachwachsenden Rohstoffen genutzt (Kruska, Emmerling 2008). Biomasse (inkl. Anteil des biogenen Abfalls) hatte im Jahr 2009 einen Anteil von 32,6 % an der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energieträgern. Aus Biomasse wurden 2009 30.500 GWh (Gigawattstunden) Strom erzeugt bei einer installierten Leistung von 5.969 MW (Megawatt) in Biomassekraftwerken (BMU 2010: 10). Das Potenzial zur Stromproduktion aus Biomasse wird auf 60.000 GWh geschätzt, was einem installierten Leistungspotenzial der Biomassekraftwerke von 10.000 MW entspricht (BMU 2010: 38). Im ländlichen Raum ist bei nicht allzu hoher Bevölkerungsdichte eine Vollversorgung aus erneuerbaren Energiequellen – mit überwiegendem Anteil an Biomasse – möglich. Dabei reicht die Restbiomasse allein jedoch nicht aus, es muss zusätzlich der Anbau von Energiepflanzen miteinbezogen wer-

den (Alber 2007). In Biogasanlagen wird derzeit zu 80 % Mais eingesetzt. Bioethanol wird hingegen v. a. aus Raps erzeugt. Dabei bestehen bedeutende Unterschiede, da beispielsweise der Anbau von Mais, aus dem durch die Verbrennung der Ganzpflanzen Wärme gewonnen wird, etwa fünf- bis sechsmal soviel Energie liefert wie der Anbau von Raps für die Produktion von Biodiesel (vgl. Leitinger 2007).

Planerische Steuerung

Der Anbau von Biomasse für die Energiegewinnung wird durch zahlreiche Steuerungsmechanismen bestimmt (z. B. Nawaro-Bonus im EEG, privilegierte Anlagen gemäß § 35 Abs. 1 Nr. 6 BauGB; vgl. Schultze, Köppel 2007). Landwirtschaftliche Nutzung entzieht sich jedoch der raumplanerischen Steuerung, da sie grundsätzlich genehmigungsfrei ist. Auch mangels anderer Rechtsgrundlagen kann Landwirten die Fruchtfolge oder Kulturtechnik nicht vorgeschrieben werden, solange sie im Rahmen der „guten fachlichen Praxis" und der Cross-Compliance-Regelungen (EU-Agrarpolitik) stattfindet. So können auch Vorranggebiete für bestimmte landwirtschaftliche Nutzungen als raumordnerische Festsetzungen nicht greifen. Schultze und Köppel (2007) schlagen jedoch vor, die ökonomische Begünstigung, also z. B. den Nawaro-Bonus („Bonus für Strom aus nachwachsenden Rohstoffen") an bestimmte Gebietskulissen zu koppeln. In einem Fachgutachten (im Landschaftsplan oder Landschaftsrahmenplan) könnte eine entsprechende Gebietskulisse formuliert werden. Dies erfordert entsprechende Klauseln z. B. im EEG. Grundlage hierfür muss eine standortbezogene Landschaftsanalyse sein. Zur Ausgestaltung nachhaltiger Möglichkeiten der Biomassenutzung für die Energiegewinnung liegt eine Reihe von Empfehlungen vor, beispielsweise vom Deutschen Rat für Landschaftspflege (DRL 2006), vom Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU 2007) sowie vom Nachhaltigkeitsbeirat Baden-Württembergs (NBBW 2008).

Mögliche negative Folgen des Biomasseanbaus sind die Verengung von Fruchtfolgen in den Einzugsgebieten von Biogasanlangen sowie die Gefahr negativer Auswirkungen auf Wasser, Boden, Landschafts-/Artenvielfalt etc. durch deren intensive Kultur. Zudem sind Konflikte mit anderen Raumnutzungsansprüchen zu erwarten wie z. B. mit dem Tourismus in landschaftlich sensiblen Bereichen. Grundsätzlich bestehen Probleme in Bezug auf den Flächenverlust durch die direkte Konkurrenz zur Erzeugung von Nahrungs- und Futtermitteln sowie durch ggf. einen höheren Einsatz von Wasserressourcen.

5.6.5 Wasserkraft

Wasserkraft umfasste 2009 einen Anteil von 20,3 % an der Stromerzeugung durch erneuerbare Energien, was 19.000 GWh bei einer installierten Leistung von 4.760 MW entsprach (BMU 2010: 10). Bei der Wasserkraft bestehen geringere Ausbaupotenziale als bei den anderen erneuerbaren Energien. So wird aktuell von einem Potenzial für die Stromproduktion aus Wasserkraft von 25.000 GWh/Jahr sowie einer Ausweitung der installierten Leistung auf 5.200 MW ausgegangen (BMU 2010: 38). Aufgrund der natürlichen Gefälleverhältnisse liegen die größten Potenziale zur Nutzung der Wasserkraft in Bayern und Baden-Württemberg (Karl 2006: 10), wo auch gegenwärtig noch Staustufen ausgebaut werden.

Planerische Steuerung

Insgesamt gilt das Potenzial für große Speicher- und Laufwasserkraftwerke in Deutschland als weitgehend ausgeschöpft. Ausbaupotenziale bestehen in erster Linie noch bei kleineren Anlagen, die durch die Einspeisevergütung wirtschaftlich wieder interessant geworden

sind (Karl 2006: 11). Für Laufwasserkraftwerke wird i. d. R. kein Steuerungsbedarf gesehen, wohingegen die Standortsicherung von Pumpspeicherkraftwerken über den Regionalplan geschehen kann (Tebbe, Winter 2010). Da die Ausbaupotenziale bei der Wasserkraft als weitgehend erschöpft gelten, besteht hier aus raumordnerischer Sicht kein aktueller Regelungsbedarf.

Als größte Probleme werden ökologische Schäden in den Gewässern aufgrund von Veränderungen des natürlichen Laufs, der Strömung, der Fließgeschwindigkeiten und der Wasserstände mit negativen Folgen für das Ökosystem und die Gewässergüte gesehen, wodurch es zur Gefährdung der Pflanzen- und Tierarten, insbesondere der Wander- und Jungfische kommt (Karl 2006: 11).

5.6.6 Geothermie

Bei der Geothermie-Nutzung unterscheidet man die stärker industriell genutzte Tiefengeothermie von der eher privat genutzten Oberflächengeothermie. Tiefengeothermie kann direkt zur Wärmeförderung sowie indirekt zur Stromerzeugung genutzt werden, wohingegen oberflächennahe Geothermie vorwiegend direkt zum Heizen und Kühlen genutzt wird.

Planerische Steuerung

Geothermie spielt bislang noch eine recht unbedeutende Rolle bei den erneuerbaren Energien. So wurden in Deutschland 2009 aus Geothermie 18,8 GWh Strom produziert. Die installierte Leistung betrug 6,6 MW (BMU 2010: 10). Hier werden allerdings erhebliche Potenziale vermutet, die bei 90.000 GWh/Jahr mit einer installierten Leistung von 15.000 MW liegen (BMU 2010: 38).

Geothermie ist bislang – abgesehen von allgemeinen Grundsätzen zu einem ausgewogenem Energiemix unter Berücksichtigung der Erhöhung des Anteils regenerativer Energien o. ä. – nicht Gegenstand der Regionalplanung. Allerdings können die erheblichen Potenziale für die Gewinnung von Erdwärme planerisch gesichert werden (Vorrang- u. Vorbehaltsgebiete). Aufgrund des geringen Störfaktors geothermischer Tiefensysteme sind sie insbesondere für den Innenbereich gut geeignet (Janssen, Albrecht 2008: 58).

5.6.7 Fazit zur Rolle der Raumordnung

Das Ziel, den Anteil erneuerbarer Energien deutlich zu erhöhen, erfordert zum einen eine Umgestaltung des Energiesystems. Die sich daraus ergebenden Nutzungsansprüche an den Raum sind untereinander, aber auch bzgl. anderer räumlicher Nutzungen nicht konfliktfrei, sodass hier zum anderen auch eine Lenkung von Standorten für die Erzeugung regenerativer Energien und den dadurch notwendigen Ausbau der Leitungsnetze notwendig ist.

Die Gestaltung des Energiesystems geschieht derzeit im Spannungsfeld zwischen Zielvorgaben auf Bundesebene und der Umsetzung auf regionaler und kommunaler Ebene, wobei die Akteure der Energiewirtschaft mit ihren Investitionsentscheidungen die Ansprüche an den Raum formulieren. In diesem Spannungsfeld liegt die Rolle der Regionen bzw. der Regionalplanung insbesondere in der Initiierung und Gestaltung oder Begleitung informeller Instrumente wie beispielsweise Regionaler Energiekonzepte. Darüber hinaus verfügen die Regionen bislang jedoch noch nicht in allen Bereichen erneuerbarer Energien über die nötigen Kompetenzen, Instrumente und Ressourcen für die Umsetzung eigener energiepolitischer Konzepte und Strategien (Tietz, Fromme 2010).

Die Förderung erneuerbarer Energien durch die Raumplanung auf regionaler Ebene zeigt insbesondere bei der Standortlenkung von Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energien ein vielfältiges Gestaltungspotenzial, bisweilen wird der Raumordnung sogar eine Schlüsselrolle zugeteilt (Seht 2010: 277 f.). Durch die Kombination von Vorrang- und Eignungsgebieten (mit letzteren ist gleichzeitig eine Ausschlusswirkung verbunden, s. § 8 Abs. 7 ROG) als raumordnerische Gebietskategorien ergibt sich eine Konzentrationszonenregelung für Standorte erneuerbarer Energien, die idealerweise in der Regionalplanung ohne außergebietliche Ausschlusswirkung dargestellt werden sollte, um auf diese Weise erneuerbare Energien zu fördern und den Kommunen Handlungsspielräume zu belassen (Seht 2010: 279). So kann die Regionalplanung bereits jetzt aufgrund der bauplanungsrechtlichen Außenbereichs-Privilegierung insbesondere einen großen Einfluss auf den Ausbau der Windenergienutzung ausüben.

Neben den großflächigen Gebietskategorien können konkrete Standortsicherungen (grafische Standortsicherungen, textliche Einzelstandortdefinitionen) für einzelne raumbedeutsame Vorhaben dargestellt werden (Seht 2010: 279). Darüber hinaus besteht die Möglichkeit für Gebietskörperschaften, bei der Planung und Bewirtschaftung der eigenen Liegenschaften diese für erneuerbare Energien gezielt zu nutzen (Tietz, Fromme 2010).

Ausgehend von der funktionsräumlichen Arbeitsteilung, wonach in Städten viel Energie verbraucht, aber wenig produziert wird, stellt sich die Frage, welche unterschiedlichen Ausbauziele für einzelne erneuerbare Energien sinnvoll erscheinen. Sollten die Räume unterschiedliche Zielgrößen erhalten oder sollten Städte und ihr Umland zu funktionsräumlichen Einheiten zusammengefasst werden, für die dann gemeinsame Zielgrößen festgelegt werden? Im Bereich der Windenergie hat Niedersachsen für Teile des Landes der Regionalplanung Mindestausbauziele vorgegeben. So müssen im Landkreis Cuxhaven beispielsweise mindestens 300 MW Windkraftleistung oder im Landkreis Wesermarsch 150 MW ermöglicht werden (Seht 2010: 279, 282). Interessant wäre hier auch der Abgleich der Ziele zum Klimaschutz bzw. des hierbei jeweils geplanten Beitrags der einzelnen Energieträger mit dem derzeitigen Zustand bzw. den regionalen Zielgrößen. In diesem Zusammenhang ist auch die Frage nach einem Monitoring zum Erreichungsgrad der Zielgrößen zu stellen.

5.7 Vorsorgende Standortsicherung für Anlagen zur CO_2-Speicherung

Bei der Speicherung von CO_2 wird gegenwärtig die technische Speicherung von CO_2 diskutiert. Bedeutsam ist aber v. a. die natürliche Speicher- und Senkenfunktion der Ökosysteme.

5.7.1 Speicher- und Senkenfunktion natürlicher Systeme

Klima und Ökosysteme sind eng miteinander gekoppelt. Ökosysteme unterliegen nicht nur Veränderungen durch den Klimawandel, sondern beeinflussen aufgrund ihrer Fähigkeit, Kohlenstoff zu speichern oder freizusetzen, ihrerseits auch die klimatische Entwicklung. Sowohl Böden als auch die Vegetation können wichtige Kohlenstoffspeicher darstellen: Weltweit sind gemäß Angaben des WBGU (1998) mind. 2.200 Gt Kohlenstoff in den Landökosystemen der Erde gespeichert, also über dreimal so viel, wie in der Atmosphäre in Form von Kohlendioxid enthalten ist. Den größten Beitrag zur Kohlenstoffspeicherung leisten – aufgrund ihrer Ausdehnung – Wälder, insbesondere der borealen Zone und der Tropen; pro Flächeneinheit sind jedoch Moore aufgrund des großen Gehalts an organischem Material die größten Kohlenstoffspeicher (Freibauer et al. 2009). Aufgrund unterschiedlicher klimawirksamer Gase müssen für die Gesamtbilanz lange Zeiträume betrach-

tet werden (SRU 2008: 159). In Deutschland entfallen rund 78 % der Kohlenstoffvorräte in Höhe von insgesamt 7,1 ± 4,6 Gt Kohlenstoff auf Böden, 22 % auf Biomasse (ebd.).

Die Landnutzung hat beim Großteil der Ökosysteme einen wichtigen Einfluss darauf, ob die Speicherfunktion dauerhaft erhalten wird oder ob sogar mehr Kohlenstoff gebunden werden kann, das Ökosystem somit zur Kohlenstoffsenke wird. Insbesondere bei intensiver Nutzung kann es jedoch auch zu einem Abbau von organischer Substanz und damit zur Freisetzung von Kohlenstoff kommen: Das Ökosystem wird zur Kohlenstoffquelle. Die Speicherfähigkeit der Ökosysteme wird wesentlich durch die Landnutzung bestimmt, wobei die genauen Prozesse nur regional bzw. je nach genauer Situation bestimmt werden können (SRU 2008: 155):

- Eine Intensivierung der Nutzung von Wäldern (stärkerer Einschlag) kann zu einer Abnahme des Kohlenstoffspeichers dort führen; biodiversitäts- und bodenschonende Verfahren tragen zur Erhaltung der Wälder als Kohlenstoffsenken bei. Dem Klimaschutz zuträglich ist insbesondere die Ausweisung eines bestimmten Waldanteils als Totalreservat, da in ungenutzten Wäldern die Funktion des Waldes als Kohlenstoffspeicher zunimmt (vorgeschlagen sind z. B. 5 %, s. SRU 2008).
- Die Entwässerung von Mooren führt zu einem Abbau organischer Substanz (Mineralisierung des Kohlenstoffs, der z. B. in Torf gebunden ist) und damit zu einer starken Quellenwirkung von Mooren. In Deutschland gelten 90 % der Moore in Deutschland als degradiert, v. a. aufgrund von Entwässerung, und wirken somit als Quellen für Treibhausgase (Sauerbrey, Zentz 1999 zitiert in Freibauer et al. 2009). Nach Wegener (2006 zitiert in SRU 2008) ist die ackerbauliche Nutzung von Mooren in Deutschland die größte Treibhausgas-Einzelemissionsquelle im Sektor Landwirtschaft. Durch Renaturierungsmaßnahmen kann die Speicherfunktion auch von degradierten Mooren wiederhergestellt werden: Freibauer et al. (2009: 24) gehen für Niedermoore in Deutschland von einem jährlichen Entlastungspotenzial in Höhe von 30 t CO_2-Äquivalenten pro ha und Jahr aus, für Hochmoore in Höhe von 15 t CO_2-Äquivalenten pro ha und Jahr.
- Die landwirtschaftliche Nutzung hat einen Einfluss auf die Kohlenstoffbilanz: Bewirtschaftungsweisen, die den Verlust der organischen Substanz verstärken, führen zu erhöhter Freisetzung von Kohlenstoff. Böden unter Grünland haben i. d. R. höhere Kohlenstoffgehalte als Böden unter Ackerland (s. Abb. 6–8 in SRU 2008); Entwässerung und Umbruch organischer Grünlandböden führt zu einer starken Freisetzung von Treibhausgasen.

Der Schutz von Mooren und Wäldern als Ökosystemsenken wie auch eine angepasste landwirtschaftliche Nutzung weisen i. d. R. große Synergieeffekte zu Zielen des Naturschutzes auf (BfN 2009) und können auch zur Steigerung der Anpassungsfähigkeit beitragen. Heiland und Kowarik (2008) weisen darauf hin, dass mit Blick auf die Anpassungsleistungen des Naturhaushalts für den Menschen die abiotischen Schutzgüter stärker in Naturschutzstrategien einbezogen werden sollten als bisher. Dies gilt insbesondere für die Potenziale des Klimaschutzes durch Schutz und Renaturierung von Ökosystemen: Die Wirkung von Mooren, Wäldern oder Grünlandflächen als Kohlenstoffspeicher oder gar -senken ist eine wichtige Schutzbegründung, die sich auch flächenbezogen darstellen lässt.

Entsprechend sollte in Raum- und v. a. Landschaftsplanung auch eine Darstellung von Klimaschutzfunktionen der Ökosysteme bzw. von Restriktionskriterien für die Landnutzung erfolgen. Die Raumordnung kann über die entsprechende Begründung von Vorranggebieten für Natur und Landschaft oder auch für Wälder hier eine unterstützende Rolle

einnehmen, in der der langfristigen Vorsorge eine hohe Bedeutung zukommen sollte. Aufgrund der notwendigen kleinräumigen Betrachtung ist eine Berücksichtigung auf der Ebene der Landschaftsplanung von großer Bedeutung, zumal die Klimaschutzwirkung der unterschiedlichen Ökosystemtypen i. d. R. vom Management abhängig ist (vgl. Janssens et al. 2005; vgl. auch SRU 2008) und somit auch entsprechende Pflege- und Nutzungskonzepte des Naturschutzes entwickelt werden müssen.

Die Sicherung und Stärkung von Kohlenstoffsenken kann nur in enger Abstimmung zwischen den Ressorts und den entsprechenden Fachplanungen – v. a. Naturschutz, Landwirtschaft – erfolgen: integrierte Konzepte sind notwendig (SRU 2008; BfN 2009). Insbesondere eine Berücksichtigung der Klimaschutzziele im Bereich der Agrarpolitik ist von großer Bedeutung, u. a. auch deswegen, weil Maßnahmen (z. B. Verbot bestimmter Nutzungen) zu erheblichen betrieblichen Einbußen in der Landwirtschaft führen würden, die letztlich über finanzielle Förderung kompensiert werden müssten (Freibauer et al. 2009). Insgesamt sollte ein Landmanagement vor dem Hintergrund des Klimawandels aus Sicht des SRU (2008: 162) folgende Ziele anstreben:

- die heutigen Kohlenstoffspeicher bzw. -senken (Wälder, Grünland, wachsende Moore, Böden) erhalten und stärken,
- angepasste landwirtschaftliche Bewirtschaftungsformen entwickeln und fördern, um Treibhausgasemissionen von Ackerböden zu reduzieren oder diese in Senken umzuwandeln,
- Feucht- und Moorgebiete, kohlenstoffreiche Böden und alte Wälder strikt schützen, da ihre Zerstörung sehr große Kohlenstoffmengen freisetzt.

5.7.2 Technische Speicherung

Neben den natürlichen Systemen werden in jüngerer Vergangenheit verstärkt auch Möglichkeiten der Speicherung von Treibhausgasen in künstlichen Systemen bzw. mit technischen Mitteln diskutiert, insbesondere die Abscheidung und nachfolgende Speicherung von Kohlendioxid bei Kohlekraftwerken (engl. Carbon Capture and Storage, CCS). Auch in Deutschland sind bereits erste Pilotvorhaben gestartet (z. B. Jänschewalde, Brandenburg).[2]

Der SRU (2009) weist jedoch darauf hin, dass bzgl. der tatsächlichen Möglichkeiten des Einsatzes von CCS noch große Unsicherheiten bestehen und insbesondere langfristige Risiken kaum abgeschätzt werden können. Auch stelle sich angesichts der begrenzten Speicherkapazitäten die Frage, ob CCS wirklich einen dauerhaften Beitrag leisten könne. Seit 2012 regelt das Gesetz zur Demonstration der dauerhaften Speicherung von Kohlenstoffdioxid (Kohlendioxid-Speicherungsgesetz, KSpG) den Einsatz von CCS, womit die Richtlinie 2009/31/EG (CCS-Richtlinie)[3] vom 23.04.2009 umgesetzt wurde.

[2] Die Aussagen in diesem Abschnitt basieren z. T. auf dem internen Arbeitspapier „Kurzinfo zu: CCS und Raumplanung" (Alexander Boehringer, Umweltbundesamt 2008), welches dem ARL–Arbeitskreis „Klimawandel und Raumplanung" von Achim Daschkeit zur Verfügung gestellt wurde.

[3] Richtlinie 2009/31/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2009 über die geologische Speicherung von Kohlendioxid und zur Änderung der Richtlinie 85/337/EWG des Rates sowie der Richtlinien 2000/60/EG, 2001/80/EG, 2004/35/EG, 2006/12/EG und 2008/1/EG des Europäischen Parlaments und des Rates sowie der Verordnung (EG) Nr. 1013/2006 (ABl. L 140/114).

5.7.3 Rechtliche Rahmenbedingungen

Zusammenhänge zwischen der geologischen Speicherung von CO_2 und Raumplanung bestehen in mehrerer Hinsicht. Zum einen müssen entsprechende Speicherstandorte für CO_2 gefunden werden, die möglicherweise in Konkurrenz zu anderen Nutzungen des tiefen Untergrunds stehen, wie z. B. zur Geothermie, zu Erdgasspeichern, Kavernen, zur Erdöl-/Erdgasgewinnung, evtl. auch zur Wassergewinnung sowie ggf. zusätzlich zu ihren Schutzzonen. Hier besteht die Gefahr von Nutzungskonflikten, da die Potenziale für geeignete Standorte beschränkt sind. Darüber hinaus ist die zu schaffende Transportinfrastruktur raumordnerisch bedeutsam; ebenso kann es auch zu einer Verschiebung von Kraftwerkstandorten kommen, da diese sich nicht mehr nur wie bisher an der Verfügbarkeit von Brennstoffen, ggf. (Kühl-)Wasser, und Marktnähe orientieren, sondern auch den Zugang zu CO_2-Speichern/Transportinfrastruktur zusätzlich berücksichtigen müssen. Zur Lösung des ersteren Punktes wäre die Entwicklung einer „unterirdischen Raumordnung" (UBA 2009b: 6) notwendig. Derzeit ist in Deutschland die Nutzung des Untergrunds über das Bergrecht geregelt, die dem Konzessionsinhaber die volle Nutzung bis zur „ewigen Teufe" zugesteht. Da durch Geothermie und CO_2-Speicherung neue Akteure im Untergrund aktiv sind/sein werden, erscheinen die bestehenden Regelungen nicht mehr angemessen.

Zur raumordnungsrechtlichen Steuerung untertägiger Vorhaben wie die Speicherung von Energie, aber auch von (klima)schädlichen Stoffen fasst Erbguth (2011) zusammen, dass diese der Raumordnung allgemein und insbesondere ihrem landesplanerischen Instrumentarium wie an der Oberfläche zugänglich ist. Somit sind die raumordnerische Koordinierung sowie die Bindung (aber nicht Ersetzung) der Aktivitäten der Fachplanungen unter Tage zulässig. Auch einer (unterirdischen) Ausweisung von Eignungsgebieten i. S. d. § 8 Abs. 7 S. 1 Nr. 3 ROG stehen keine rechtlichen Bedenken entgegen.

5.7.4 Fazit zur Rolle der Raumordnung

Daraus folgt nach Erbguth (2011), dass die Verortung der CO_2-Speicherung und die Abstimmung mit anderen unterirdischen Nutzungen oder Schutzansprüchen Gegenstand der Raumordnung ist. Die planerische Ausweisung von Eignungsgebieten ist somit zulässig, allerdings auch zulasten der CO_2-Speicherung.

5.8 Synergien und Konflikte zwischen Klimaschutz und Klimaanpassung

In der deutschen Anpassungspolitik wird die Betrachtung von Wirkungen geplanter Maßnahmen und Instrumente zum Klimaschutz und zur Anpassung als bedeutend angesehen und umfasst die frühzeitige Erkennung von Synergien und Konflikten. So sollen nach der Deutschen Anpassungsstrategie jene Anpassungsmaßnahmen eine hohe Priorität erhalten, „die eine flexible Nachsteuerung ermöglichen, bestehende Unsicherheiten berücksichtigen und Synergieeffekte zu weiteren Politikzielen haben, die auf die Abschwächung anderer Stressfaktoren (wie Umweltverschmutzung, Klimaschutz, Flächenversiegelung) gerichtet sind" (Bundesregierung 2008: 2).

Unter Synergien sind jene Schnittmengen zwischen Handlungsbereichen zu verstehen, die sowohl einen Beitrag zum Klimaschutz als auch zur Klimaanpassung leisten. Maßnahmen des Klimaschutzes oder der Klimaanpassung, die sich in ihrer Umsetzung negativ auf einen der beiden Bereiche auswirken, führen zu Konflikten (Wiegand 2010: 72).

Dabei können Synergien und Konflikte in mehrfacher Hinsicht auftreten (Beck et al. 2011: 4 f.):

- Konflikt: Maßnahmen des Klimaschutzes können zu einer erhöhten „ökologischen" Verletzlichkeit gegenüber dem Klimawandel führen (z. B. landwirtschaftliche Erzeugung von Biotreibstoffen);
- Konflikt: Maßnahmen zur Klimaanpassung können Klimaschutzmaßnahmen beeinträchtigen (z. B. Schutz vor Hitze durch den Einsatz von Klimaanlagen erhöht den Stromverbrauch und Treibhausgasemissionen);
- Synergie: Klimaschutzmaßnahmen können die Verletzlichkeit gegenüber dem Klimawandel senken (z. B. Ausbau von Frischluftkorridoren in Städten durch Grünanlagen);
- Synergie: Maßnahmen der Klimaanpassung können mit anderen Nachhaltigkeitspolitiken oder -strategien Synergien entfalten (z. B. Entsiegelung im Rahmen von Hochwasserschutzmaßnahmen trägt auch zur Verwirklichung einer städtebaulichen Entwicklungsstrategie bei);
- Neutral: Maßnahmen des Klimaschutzes und der Klimaanpassung können darüber hinaus neutral sein, d. h. sie konfligieren weder noch beeinträchtigen sie sich gegenseitig.

Synergien und Konfliktpotenziale werden insbesondere dann deutlich, wenn es um Entscheidungen über die einzusetzenden Instrumente (z. B. ordnungsrechtliche oder ökonomische Instrumente) oder über die institutionellen Zuständigkeiten (Region oder Kommune, Gesamt- oder Fachplanung) geht (Beck et al. 2011: 60). Dies bedeutet, dass es – bevor eine Bewertung und Priorisierung von Klimaschutz- und Anpassungsmaßnahmen überhaupt stattfinden kann – einer Klärung der einzusetzenden Zuständigkeiten und Instrumente bedarf. Eine Forderung, die sich allein schon aus der Tatsache ergibt, dass keine originär klimabezogene Fachplanung existiert, die zugleich die Komplexität und Vielschichtigkeit einer Bewertung von Synergien und Konflikten aufzeigt.

Daher sind Bewertungen von Klimaschutz- und Klimaanpassungsmaßnahmen immer kontextabhängig unter Einbeziehung von politischen Entscheidungsträgern, Experten und Stakeholdern vorzunehmen, um die unterschiedlichen Perspektiven, Interessenlagen und Zielvorstellungen berücksichtigen zu können (Beck et al. 2011: 61).

In Tab. 5.1 sind – ohne Anspruch auf Vollständigkeit – Beispiele für Synergien und Konflikte zwischen raumplanerischen Maßnahmen, Klimaschutz- und Anpassungsmaßnahmen zusammengestellt, die insbesondere für die regionale Betrachtungsebene relevant sind. Der Übergang zur stadtregionalen und/oder lokalen Betrachtungsebene ist dabei jedoch fließend, da Synergien und Konflikte nicht nur auf horizontaler Ebene zwischen verschiedenen räumlichen Planungsmaßnahmen in der Region auftreten können, sondern auch vertikal zwischen der regionalen und der kommunalen Ebene.

Die Übersicht zeigt die Vielschichtigkeit und die komplexen Zusammenhänge zwischen allgemeinen raumordnerischen Maßnahmen und spezifischen Klimaschutz- sowie Klimaanpassungsmaßnahmen auf. Eine vorausschauende Planung muss sich also von Anfang an mit beiden Strategien auseinandersetzen und versuchen, sie integrativ einzubinden. Dies setzt jedoch eine Identifikation und Bewertung von Synergien und Konflikten voraus, um diese gegebenenfalls zu unterstützen bzw. möglichst zu vermeiden (Wiegand 2010: 27; Langlais 2009: 2).

Tab. 5.1: Beispiele für Synergien und Konflikte zwischen raumplanerischen Maßnahmen, Klimaschutz- und Anpassungsmaßnahmen

Maßnahme	Synergie mit...	Konflikt mit...
Handlungsfeld Siedlungsentwicklung		
Anschluss der Siedlungsstrukturen an Wärme- und Stromverbundsysteme/ integrierte Energiekonzepte	▪ Anpassung: Versorgungssicherheit bei Extremwetterlagen durch dezentrale Strukturen ▪ Klimaschutz: Einsatz von treibhausgasreduzierenden erneuerbaren Energieträgern	
Freihalten von Frischluftentstehungsgebieten (Boden und Vegetation)	▪ Anpassung: Produktion von Frisch- und Kaltluft ▪ Klimaschutz: Binden von Treibhausgasen	
Flächen- und Gebäuderecycling (Nutzung vorhandener Flächen und Gebäude)	▪ Anpassung: lässt keine neuen extremwetteranfälligen Strukturen entstehen ▪ Klimaschutz und Anpassung: erhält bzw. schafft Freiräume	
Erhalt und Schaffung von Grünbereichen	▪ Anpassung: Vegetation sorgt für Verschattung ▪ Klimaschutz: Vegetation sorgt für CO_2-Aufnahme	▪ Klimaschutz: Einschränkung der Nutzbarkeit direkter Besonnung (Photovoltaik, Sonnenkollektoren, Erwärmung Gebäudeinneres)
„Kurze Wege“ durch Anschluss und Kombination von ÖPNV, Nahversorgung, Wohnen und Arbeiten	▪ Anpassung: Versorgungssicherheit bei Extremwetterlagen durch dezentrale Strukturen ▪ Klimaschutz: Reduzierung von CO_2-Emissionen durch geringeren Verkehrsbedarf	▪ Anpassung: Verdichtung verhindert Kalt- und Frischluftschneisen und somit gut durchlüftete Strukturen

Maßnahme	Synergie mit...	Konflikt mit...
Handlungsfeld Siedlungsentwicklung		
Förderung des Einbaus von Klimaanlagen	▪ Anpassung: Kühlung bei hohen Temperaturen durch Klimaanlagen	▪ Anpassung: Aufheizung durch Wärmeemissionen der Klimaanlagen ▪ Klimaschutz: Erhöhung des Energieverbrauchs und Treibhausgasemissions-zunahme
Förderung der Wasserbereitstellung zur Bewässerung (und damit verbunden verstärkte Grundwasserentnahme)	▪ Anpassung: Bewässerung in Trockenperioden	▪ Anpassung: Bodendegradation und Verschlechterung der Retentionswirkung durch reduzierte Absorption von Starkregen ▪ Klimaschutz: Vegetation erreicht Wasser nicht mehr, dadurch Absterben von Pflanzen, keine Aufnahme von CO_2 mehr möglich
Handlungsfeld Einzelhandel		
Optimale Abstimmung der Standorte und Kombination von Wohnen und Versorgen („kurze Wege“)	▪ Klimaschutz: geringerer Treibhausgasausstoß durch Verkehrsvermeidung ▪ Anpassung: Reduzierung des Flächenverbrauchs, dadurch Verhinderung unnötiger Versiegelung und Erhalt der Aufnahmefähigkeit bei Starkregenereignissen, somit Schutz vor Überflutungen ▪ Klimaschutz und Anpassung: Erhalt von Frisch- und Kaltluftentstehungs-gebieten außerhalb der Kernbereiche (CO_2-Bindung, Zufuhr kühler Luft)	▪ Anpassung: Verminderung grüner und somit kühlender sowie CO_2-bindender Freiflächen in Kernbereichen

Maßnahme	Synergie mit...	Konflikt mit...
Handlungsfeld Freiraum und Landwirtschaft		
Sicherung von Freiflächen, Landschafts- und Erholungsgebieten	▪ Klimaschutz: Treibhausgassenken ▪ Anpassung: Frischluftentstehungs-gebiete, dienen der Niederschlags-versickerung und Grundwasserbildung, besitzen eine Pufferwirkung vor Überschwemmungen, schützen vor Bodenerosion, sorgen für einen Temperaturausgleich und sind Erholungsbereiche ▪ Klimaschutz: Rauigkeit der Vegetation verringert Windgeschwindigkeit, senkt Heizenergie-aufwand im Winter ▪ Anpassung: Evapotranspiration sorgt für Temperaturausgleich im Sommer	▪ Anpassung: starke Vegetation kann Funktion von Frisch- und Kaltluftleitbahnen unterbinden
Förderung des Anbaus von Energiepflanzen	▪ Klimaschutz: erneuerbare Energieträger, Verhinderung CO_2-Emissionen	▪ Anpassung: Biogasproduktion mit Standort in Erholungsgebieten oder in der Nähe von Frischluftschneisen beeinträchtigt Luftqualität

Maßnahme	Synergie mit...	Konflikt mit...
Handlungsfeld Natur- und Umweltschutz		
Sicherung von Natur- und Landschaftsschutzgebieten; Förderung eines bodenschonenden landwirtschaftlichen Anbaus	▪ Klimaschutz: Erhalt des Bodens als CO_2-Speicher ▪ Anpassung: Erhalt des Bodens als Retentionsfläche ▪ Anpassung: Erhöhung des Ertrags durch Verwendung angepasster Pflanzenarten bei Temperaturanstieg ▪ Klimaschutz und Anpassung: Aufforstung geeigneter Baumarten, die mit Klimaveränderungen zurechtkommen und zusätzlich CO_2 binden sowie Holzerträge sichern	▪ Anpassung: Flächenbedarf technischer Infrastruktur zum Schutz vor Extremereignissen (z. B. Deiche)
Handlungsfeld Hochwasserschutz		
Schaffung von Retentionsräumen	▪ Anpassung: Versickerungsmöglich-keiten und Hochwasservorbeugung ▪ Anpassung: Rückhalt des Wassers bei Starkregenereignissen, kühlende Funktion in Hitzeperioden und Bewässerungsvorrat ▪ Klimaschutz: Bindung von Treibhausgasen	▪ Klimaschutz: Reduzierung von Energiepflanzen-produktion, da meist zuvor landwirtschaftlich genutzte Flächen
Handlungsfeld Naherholung		
Sicherung regionaler Erholungsgebiete	▪ Klimaschutz: Minderung der Treibhausgasemissionen durch eine gute Erreichbarkeit ▪ Anpassung: durch Erholungs-potenzial Verringerung der volkswirtschaftlichen Kosten im medizinischen Bereich	

Maßnahme	Synergie mit...	Konflikt mit...
Handlungsfeld Rohstoffgewinnung		
Sicherung der Erschließung heimischer Rohstoffe	▪ Klimaschutz: verbrauchsnah gewonnenes Material vermeidet Verkehr ▪ Anpassung: Rohstoffe stehen für Anpassungsmaßnahmen (z. B. Deiche etc.) zur Verfügung ▪ Anpassung und Klimaschutz: Nachnutzung ehemaliger Abbaugebiete lässt Erholungsgebiete und Biotope entstehen, die gesundheitlichen Aspekten und der Funktion als Treibhausgassenke dienen	▪ Klimaschutz: Schädigung bestehender Biotope und Treibhausgassenken
Handlungsfeld Windenergie		
Ausbau der Windenergienutzung	▪ Klimaschutz: Reduktion der CO_2-Emissionen ▪ Anpassung: in Kombination mit dem Waldumbau Installation in durch Stürme zerstörten Waldgebieten	
Ausbau bestehender Windenergiestandorte (Repowering)	▪ Klimaschutz: Erhöhung der Leistung von Anlagen ohne weiteren Anlagenbau ▪ Anpassung: verringerter Flächenverbrauch, Erhalt von Bodenfunktionen	
Handlungsfeld Verkehr		
Ausbau des schienengebundenen Verkehrsnetzes	▪ Anpassung und Klimaschutz: Luftleitbahnen, die von emissionsarmen schienengebundenen Verkehrsträgern des ÖPNV als kombiniert bepflanzte Trasse genutzt werden	▪ Anpassung und Klimaschutz: zunehmende Schäden durch Extremwetter – Fällen von Bäumen zur Gefahrenabwehr, die dann kein CO_2 mehr binden können

Maßnahme	Synergie mit...	Konflikt mit...
Handlungsfeld Wirtschaft		
Förderung regionaler Wirtschaftsbeziehungen, Vermarktung regionaler Produkte	▪ Klimaschutz: Verringerung von Transport- und Verkehrswegen ▪ Anpassung: flächensparende Integration des Gewerbes führt zu geringerer Versiegelung	

Quellen: Eigene Darstellung (nach Wiegand 2010: 73 ff.; BBSR 2011a)

5.9 Fazit

Rolle der räumlichen Planung

Beiträge zum Klimaschutz durch räumliche Planung können prinzipiell in drei Bereichen erfolgen:

- Beiträge zur Energieeinsparung durch „klimagerechte" Siedlungsstrukturen wie die Senkung des Energieverbrauchs im Verkehrsbereich oder im Siedlungs- und Gebäudebereich: Hier besteht eine hohe Zahl an Ansatzpunkten und Instrumenten. Faktisch werden durch raumplanerische Maßnahmen in diesem Bereich jedoch nur allmählich CO_2-Emissionen in großem Umfang vermieden werden können. Gründe sind hier der Bestandsschutz, hohe Kosten für Entschädigungen, die im Gebäudebereich nicht anwendbaren raumplanerischen Instrumente usw. Potenziale bestehen hier auf kommunaler Ebene in einem verstärkten Zugang auf Eigentümer über Information und Kommunikation und ein intensiveres „Mainstreaming" von Klimaschutz bei örtlich und überörtlich bedeutsamen Investitionen, beispielsweise in Verbindung mit Förderprogrammen des Stadtumbaus oder der städtebaulichen Sanierung.
- Entwicklung bzw. Sicherung von Flächen für erneuerbare Energien: Dabei geht es darum, fossile, treibhausgasintensive Energieträger durch regenerative Energien zu substituieren. Der hiermit verbundene Flächenbedarf für erneuerbare Energien erzeugt in hohem Maße Raumrelevanz insb. durch die damit einhergehenden Konflikte wie konkurrierende Raumnutzungsansprüche, Akzeptanzprobleme usw. Demzufolge wird hier der stärkste Bedarf an raumplanerischen Beiträgen gesehen, wobei diese, wie in Abschnitt 5.6 angemerkt, noch erhöht werden könnten.
- Sicherung von Kohlenstoffsenken: Hier ist die Diskussion noch recht offen und die Rolle der Raumplanung lässt sich noch nicht genau bestimmen. Die bestehenden Synergien mit Anpassungsmaßnahmen sollten hier beachtet und ggf. quantitativ gegenübergestellt werden.

Bedeutung von Rahmenbedingungen

Die bisherigen Ausführungen haben gezeigt, dass die gesetzlichen Grundlagen einerseits sowie die Dynamik des Energiemarkts andererseits wichtige Rahmenbedingungen insbesondere im Zusammenhang mit der Standortnachfrage durch erneuerbare Energien darstellen. Diese Rahmenbedingungen lassen sich nur bedingt durch raumplanerische Ins-

trumente steuern. Gleichwohl bestehen aktuelle und potenzielle Konflikte mit anderen Raumfunktionen und Raumnutzungen. Ähnlich wie bei der Klimaanpassung sind hier verschiedene Interessen aufeinander abzustimmen sowie Fachplanungen zu koordinieren. Daraus lässt sich ableiten, dass hier die Koordinationsfunktion insbesondere der Regionalplanung an Bedeutung gewinnt.

Dies führt zu der Frage nach den Grenzen der Raumordnung und Bauleitplanung beim Klimaschutz und bei der Klimaanpassung. So erscheint die potenzielle Gestaltungskraft zu der tatsächlichen/faktischen Gestaltungskraft bislang noch in einem gewissen Missverhältnis zu stehen. Die Zusammenarbeit mit insbesondere der energiebezogenen Fachplanung, der gezielte Einsatz von Förderinstrumenten, aber auch die Rolle informeller Ansätze werden hier an Bedeutung gewinnen.

Zu den Rahmenbedingungen, welche die Gestaltungskraft der Raumplanung beeinflussen, ist letztlich auch die jeweils aktuelle Wahrnehmung von bestimmten Problemen zu zählen. So vergrößert die kollektive Erfahrung, die beispielsweise mit Hitzewellen oder Hochwasserereignissen gemacht wurde, die Handlungsmöglichkeiten zur Klimaanpassung, aber auch zum Klimaschutz in Politik und Planung.

Synergien und Konflikte

Die Vielschichtigkeit und z. T. auch Widersprüchlichkeit bestehender Synergien und Konflikte zeigt, dass es kein Patentrezept zum Umgang mit Synergien und Konflikten an der Schnittstelle zwischen Klimaschutz und Klimaanpassung geben kann, denn stets sind der regionale oder kommunale Kontext und die Priorisierung von Maßnahmen durch die Entscheidungsträger ausschlaggebend für die Nutzung von Synergien oder das Inkaufnehmen von Konflikten.

6 Die Rolle der räumlichen Planung bei der Anpassung an die Folgen des Klimawandels

Birte Frommer, Sonja Schlipf, Hans Reiner Böhm, Gerold Janssen, Petra Sommerfeldt

6.1 Einführung

Wenn es darum geht, Raumnutzungen, -funktionen und -strukturen unter den Auswirkungen des Klimawandels zu prüfen, ggf. neu zu überdenken und räumliche Vorsorge zu treffen, kommt der räumlichen Planung – sowohl im Rahmen der räumlichen Gesamtplanung als interdisziplinär und integrierend agierender Disziplin als auch im Rahmen der raumbezogenen Fachplanungen – eine wichtige Funktion zu. Denn auch wenn zur Entwicklung umfassender Anpassungsstrategien alle Politikbereiche gefordert sind und die räumliche Planung nur einen Teil der Anpassungsleistungen zu übernehmen imstande ist, so kann sie doch wesentlich dazu beitragen, einschneidende Veränderungen im Raum, die der Klimawandel bewirken wird, zu erkennen, zu bewerten und entsprechende Anpassungsoptionen zu identifizieren.

Daher hat die Raumplanung als räumliche Gesamtplanung – unter Berücksichtigung der raumbedeutsamen Planungen und Maßnahmen der Fachplanungen (u. a. Verkehrsplanung, Naturschutz, Forst- und Landwirtschaft) – die Aufgabe, die unterschiedlichen Ansprüche an den Raum abzustimmen, Konflikte nach Möglichkeit auszugleichen und Vorsorge für einzelne Nutzungen und Funktionen des Raumes zu treffen. Dabei ist auch den räumlichen Erfordernissen des Klimas sowohl durch Maßnahmen, die dem Klimawandel entgegenwirken, als auch durch solche, die der Anpassung an den Klimawandel dienen, Rechnung zu tragen (vgl. § 2 Abs. 2 Nr. 6 ROG).

Für die Klimaanpassung maßgebliche Politikdokumente wie das Grünbuch (Kommission der Europäischen Gemeinschaften 2007) und Weißbuch (Kommission der Europäischen Gemeinschaften 2009) der EU zur Anpassung an den Klimawandel sowie die Deutsche Anpassungsstrategie (Bundesregierung 2008) betonen daher die Bedeutung der Raumplanung als querschnittsorientierte und integrierende Disziplin. Auf den unterschiedlichen planerischen Ebenen, von der übergeordneten Raumordnung (Landesplanung, Regionalplanung) bis zur kommunalen Bauleitplanung sowie im Rahmen der engen Abstimmung mit den raumrelevanten Fachplanungen, verfügt die Raumplanung über zahlreiche Einflussmöglichkeiten zur Anpassung an den Klimawandel. Sie kann dabei ein umfangreiches formelles und informelles Instrumentarium einsetzen (vgl. Tab. 6.1).

Dieses Kapitel behandelt die Rolle der räumlichen Planung bei der Anpassung an die Folgen des Klimawandels und bezieht sich dabei auf die in den vorangestellten Kap. 2.10 und 2.14 sowie 4.3 geschilderten potenziellen Auswirkungen des Klimawandels auf Europa und Deutschland. Es geht zunächst auf die unions- und bundesrechtlichen Regelungen ein (Kap. 6.2 und 6.3) und gibt sodann beispielhafte Einblicke in die Regelungsmöglichkeiten zur Klimaanpassung auf der Landesebene (Kap. 6.4), um danach vertiefend für die regionale Ebene Maßnahmen der Klimaanpassung durch formelle und informelle raumplanerische Instrumente (Kap. 6.5) zu behandeln. Im Weiteren wird Klimaanpassung durch kommunale Planung (Kap. 6.6) behandelt und es wird das Verhältnis von Raumplanung und Fachplanung im Kontext „Anpassung an den Klimawandel“ beleuchtet (Kap. 6.7), bevor in einem Fazit (Kap. 6.8) die Bedeutung räumlicher Planung zur Bewältigung der Aufgabe einer Anpassung an den Klimawandel zusammengefasst wird.

Tab. 6.1: Einflussmöglichkeiten der räumlichen Planung auf die Anpassung an den Klimawandel

<table>
<tr><td>Sicherung von Flächen</td><td>Aufstellen von Regeln für Siedlungs- und Bautätigkeit in gefährdeten Gebieten</td><td>Fachbezogene Raumnutzungssteuerung</td><td>Unterstützung von Raumnutzern und (Fach-)Planern bei Einschätzung von Risiken und Chancen</td></tr>
<tr><td>Landes- und Regionalplanung</td><td>Kommunale Planung</td><td>Fachplanung</td><td>Alle Planungsebenen</td></tr>
<tr><td>Ausweisung von Flächen zur Abwehr oder zum Auffangen der Folgen von Naturereignissen vor Ort
z. B. Freihaltung lawinengefährdeter Flächen, Ausweisung von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten für den vorsorgenden Hochwasserschutz</td><td>Gestaltung der Siedlung und Bebauung
z. B. Verringerung baulicher Dichte (FNP + B-Plan) sowie Pflanzgebote, Fassaden- und Dachbegrünung sowie Regenwasserwieder-verwendungskonzepte (beides B-Plan)</td><td rowspan="4">Technische und nicht-technische Lösungen, die über Fachressorts umgesetzt werden
z. B. Technischer Hochwasserschutz; Sicherung von Leitungstrassen und Verkehrsinfrastruktur,
Bewirtschaftungspläne gemäß EU WRRL,
Hochwasserrisiko-managementpläne gemäß EU HWRM-RL,
Anbaumethoden, Anbauspektrum und „Gute fachliche Praxis“ in der Landwirtschaft,
Waldbewirtschaftungs-pläne der Forstwirtschaft</td><td>Analyse:
Ermittlung von Gefahren, Vulnerabilitäten und Risiken
Anhand von z. B. Vulnerabilitätskarten
oder durch Differenzierung von Risikoklassen z. B. im Rahmen der erweiterten Umweltverträglich-keitsprüfung [UVP] oder der Strategischen Umweltprüfung [SUP]</td></tr>
<tr><td>Ausweisung von Flächen zur Vermeidung oder Minderung von Risiken anderenorts
z. B. Deichrück-verlegungen, Wasserrückhalte-becken (Schutzfunktion); Erweiterung von Waldflächen (Entwicklungs-funktion) oder Sicherung der Effektivität von Reaktionsmaß-nahmen (Freihaltung von Rettungs-schneisen und Sammelpunkten)</td><td>Spezifische Aussagen zur Bauvorsorge im B-Plan
z. B. Festsetzung bestimmter Gebäudeausstattungen (bspw. Dachneigung, Verbot von Unterkellerung)</td><td>Bewertung:
Unterstützende Bewertungsmethoden (auch zur Ermittlung möglicher Chancen)
z. B. Kosten-Nutzen-Analyse, Kosten-Wirksamkeits-Analyse, Multikriterien-Analyse oder Expertenbewertung</td></tr>
<tr><td>Freihaltung von Flächen zur Frischluftversorgung
z. B. Grünzüge, Grünzäsuren, Freiflächen für besondere Klimafunktionen</td><td></td><td>Kommunikation:
Einsatz kooperativer und diskursiver Verfahren
z. B. Regionale Entwicklungskonzepte (REK), Stadtentwicklungs-konzepte, Regionalkonferenzen/ -foren, Agenda-21-Prozesse</td></tr>
</table>

Quelle: Verändert nach Frommer 2009: 133

6.2 Europäische Ebene

Bereits im Sechsten Umweltaktionsprogramm der EG aus dem Jahre 2002 wurde festgelegt, dass bei Investitionsentscheidungen der Klimawandel berücksichtigt werden soll und zudem regionale Klimamodelle zu fördern sind, welche zur Vorbereitung regionaler Anpassungsmaßnahmen und zur Sensibilisierung von Bürgern und Wirtschaft dienen (Beschl. 1600/2002, Abl. EG 2002, L 242/1).

Die europäische Adaptionspolitik brachte im Jahre 2007 das Grünbuch der EU-Kommission hervor, das sich dem Thema „Anpassung an den Klimawandel in Europa" widmete (Kommission der Europäischen Gemeinschaften 2007). Es wurde 2009 um das Weißbuch der Europäischen Kommission erweitert, das den Titel „Anpassung an den Klimawandel" trägt (Kommission der Europäischen Gemeinschaften 2009). Dieses Strategiepapier zeigt Arbeitsfelder der EU im Bereich der Klimafolgenbewältigung auf. Hierzu zählen die Schaffung einer europaweit zugänglichen Wissensgrundlage sowie die Fortentwicklung der Adaptationspolitik zu einer Querschnittspolitik der EU. Das Weißbuch verdeutlicht des Weiteren, dass es keine europaweit einheitliche Strategie zur Klimafolgenbekämpfung gibt, sondern dass die Entwicklung der Anpassungsstrategien und die Entwicklung besonderer rechtlicher Instrumente bei den Mitgliedstaaten verbleiben. Allerdings werden im Weißbuch Richtlinien in Bezug genommen, die schon vor seiner Veröffentlichung galten und z. T. schon Adaptationscharakter besitzen, wie z. B. die Hochwasserrisikomanagementrichtlinie (HWRM-RL) (Richtlinie 2007/60/EG) oder die Meeresstrategie-Richtlinie (Richtlinie 2008/56/EG). Weitere Instrumente bieten die Richtlinien zur Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) und zur Strategischen Umweltprüfung (SUP) sowie die Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) (Richtlinie 2000/60/EG).

Die EU besitzt keine umfassende Raumordnungskompetenz (vgl. Art. 3 und 4 EU-Arbeitsweisevertrag, AEUV). Daran hat auch die Erweiterung der Kohäsionspolitik im Lissabon-Vertrag um die Zielsetzung des „territorialen" Zusammenhalts nichts geändert. Dennoch hat sich die EU auf der Basis des die Kompetenzverteilung zwischen der EG und den Mitgliedstaaten beherrschenden Prinzips der begrenzten Einzelermächtigung (principe de compétence d´attribution) sukzessive eine Kompetenz für die europäische Raumentwicklung in Gestalt einer Addition von Einzelermächtigungen geschaffen (Spannowsky et al. 2010: § 2 Rn. 158). Teilweise wird die Raumordnung sogar direkt angesprochen. So werden im Rahmen der Vorgaben von Formvorschriften für umweltpolitische Maßnahmen besondere Anforderungen (hier das Einstimmigkeitsgebot) gestellt, wenn die Raumordnung betroffen ist (Art. 192 Abs. 2 lit. b erster Anstrich AEUV). Daraus ist zu schließen, dass die EU auch legislative Maßnahmen im Bereich der Raumordnung ergreifen darf, hier vorausgesetzt, sie werden im Rahmen von umweltpolitischen Zielen im Sinne von Art. 191 AEUV getroffen.

Auf dieser Kompetenzgrundlage basieren zahlreiche Richtlinien, die den Klimaschutz und die Klimaanpassung, zumindest indirekt, zum Gegenstand haben. Auch wenn sich ein Großteil der genannten Richtlinien auf das Medium Wasser beschränkt, so lassen sich die Grundpfeiler der europäischen Adaptionspolitik erkennen. Es tritt ein sich wiederholendes Muster auf, um auf ungewisse Extremereignisse und schleichende ökologische Veränderungen reagieren zu können: Hierfür wird zunächst die Ausgangslage erfasst, danach folgt eine Bewertung und auf der dritten Stufe das Management. Am Beispiel der HWRM-RL soll dieser dreistufige Ansatz verdeutlicht werden.

Auf der ersten Stufe muss für jede Flussgebietseinheit, Bewirtschaftungseinheit oder für den Teil eines internationalen Flussgebiets eine vorläufige Bewertung der Hochwasserrisiken durchgeführt werden. Hinsichtlich der Festlegung der Einzugsgebiete und der

zuständigen Behörden können die Mitgliedstaaten auf Strukturen und Vereinbarungen zurückgreifen, die schon zum Zwecke der Umsetzung der europäischen Wasserrahmenrichtlinie getroffen wurden. Für diese Gebiete wird eine Zusammenstellung der relevanten geografischen Informationen über die Flussgebietseinheiten vorgenommen sowie eine Analyse vergangener Hochwasser und weiterhin eine Bewertung der potenziellen signifikanten nachteiligen Folgen für Gesundheit, Umwelt, Wirtschaft und Kulturerbe im Falle eines künftigen Hochwassers. Auf der Grundlage dieser Informationen bewertet jeder Mitgliedstaat für jedes ihm zugehörige Flussgebiet, jede Bewirtschaftungseinheit oder jeden Teil eines internationalen Flussgebiets, ob in diesem Gebiet ein potenzielles signifikantes Hochwasserrisiko besteht oder für wahrscheinlich gehalten werden kann.

Auf der zweiten Stufe sind für die im Rahmen der vorläufigen Bewertung festgestellten signifikanten Hochwasserrisikogebiete Gefahren- und Risikokarten zu erstellen. In den Gefahrenkarten sind Hochwasserszenarien mit niedriger Wahrscheinlichkeit sowie mit mittlerer Wahrscheinlichkeit darzustellen. Zudem können optional auch Hochwasser mit hohem Risiko in den Karten berücksichtigt werden. Es sind hierbei die flächenmäßigen Ausmaße der Überflutung, die Wassertiefe bzw. ggf. die Wasserstände für die überfluteten Flächen sowie die Fließgeschwindigkeit bzw. ggf. der Abfluss in die Karten einzutragen. In den Risikokarten sind bestimmte Risikofaktoren dargestellt. Hier sind als Orientierungswert die Anzahl potenziell betroffener Einwohner in den Risikogebieten, die wirtschaftlichen Tätigkeiten in diesem Gebiet, die im Falle einer Überflutung unbeabsichtigte Verschmutzungen verursachende Anlagen und sonstige Informationen, wie z. B. der Gehalt von mitgeführten Sedimenten, anzugeben.

Auf der dritten Stufe sind die Pläne für ein Hochwasserrisikomanagement zu erstellen. Die Mitgliedstaaten sollen in eigener Verantwortung notwendige Maßnahmen treffen und angemessene Ziele formulieren. Die Richtlinie enthält keine konkreten Vorgaben, welche Art von Maßnahmen getroffen bzw. bis wann diese umgesetzt werden müssen.

In den Hochwasserrisikomanagementplänen wird der Schwerpunkt auf Vorsorge, Schutz, Vermeidung – insbesondere Hochwasservorhersagen und Frühwarnsysteme unter Berücksichtigung der besonderen Merkmale des Gebiets – gelegt. Des Weiteren können Maßnahmen wie Verbesserung des Wasserrückhalts, kontrollierte Überflutungen im Falle eines Hochwassers und nachhaltige Flächennutzungssysteme betrachtet werden. Die festgelegten Maßnahmen dürfen jedoch keine negativen signifikanten Auswirkungen auf das Hochwasserrisiko in den anderen Ländern haben, es sei denn, es ist diesbezüglich eine Koordinierung erfolgt, um eine einvernehmliche Lösung zu finden.

Des Weiteren verpflichtet die Hochwasserrisikomanagementrichtlinie zur Prüfung der Auswirkungen des Klimawandels auf das Auftreten von Hochwasser (Art. 4 Abs. 2 HWRM-RL) und zur regelmäßigen Fortschreibung der Hochwassergefahrenkarten sowie der Hochwasserrisikomanagementpläne (Art. 14 Abs. 2 HWRM-RL).

Ähnliche Regelungsstrukturen finden sich auch im sonstigen europäischen Umweltrecht, wie z. B. in der Meeresstrategie-Richtlinie, der Wasserrahmenrichtlinie sowie in der immissionsschutzrechtlichen Lärmminderungsplanung und der Luftreinhalteplanung (Richtlinie 2002/49/EG; Richtlinie 2008/50/EG). Aus der Summe solcher Regelungen lässt sich nach und nach ein einheitlicher europäischer Regelungsansatz erkennen. Bei einer ungewissen Sachlage wird den Mitgliedstaaten also ein rechtlicher Rahmen gesetzt, welcher sie schrittweise anleitet, individuelle Regelungsziele einzelfallspezifisch zu erarbeiten. Dabei ist eine präzise Verfahrensvorgabe zu beachten, die durch bestimmte Prüfkriterien bei der materiellen Ergebnisfindung ergänzt wird (Kment 2010a: 67). Die Unwägbarkeiten des Klimawandels und die daraus resultierenden neuen Regelungsstrukturen

der Richtlinien haben das Potenzial, eine neue Generation der Umweltverträglichkeitsprüfung hervorzubringen (Kment 2010b).

Neben der Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) und der Strategischen Umweltprüfung (SUP) kündigt sich eine weitere Umweltprüfung an, eine Strategische Adaptionsprüfung (SAP) (Kment 2010a). Diese könnte als Prüfprogramm dienen, um das adaptionsrelevante öffentliche Recht in ein zielorientiertes, steuerungsorientiertes System zu überführen. Das Verwaltungsverfahren wird damit zu einem offenen Prozess, an dessen Ende die möglichst richtige Entscheidung, nicht aber die einzig richtige Entscheidung steht (Kment 2010b).

6.3 Bundesebene

Bis zur Novellierung des Raumordnungsgesetzes im Jahre 2008 beschränkte sich die Bundesraumordnung auf die Entwicklung von „Leitbildern der räumlichen Entwicklung" gemäß § 18 Abs. 1 ROG a. F. Im Zuge der Föderalismusreform 2006 wurde die Rahmengesetzgebungskompetenz des Bundes nach Art. 75 GG abgeschafft und die Raumordnung in die konkurrierende Gesetzgebung gemäß Art. 72 ff. GG überführt. Nunmehr hat der Bund die Kompetenz, Vollregelungen auf dem Gebiet der Raumordnung zu erlassen. Solange (zeitlich) und soweit (inhaltlich) der Bund von dieser Kompetenz Gebrauch macht, dürfen die Länder keine eigenen Gesetze bzw. Regelungen erlassen. Allerdings gilt für die Raumordnung eine entscheidende Ausnahme. Die Länder dürfen vom Raumordnungsgesetz abweichende Regelungen treffen (Art. 72 Abs. 3 Nr. 4 GG). Einen sog. abweichungsfesten Kern wie im Wasserhaushaltsrecht oder dem Naturschutzrecht kennt das Raumordnungsrecht nicht.

Klimaanpassung hat – je nach Maßnahme – eine starke räumliche Dimension. Sie zeigt sich in ihren Auswirkungen und den insoweit veränderten Raumnutzungsstrukturen sowie den durch sie hervorgerufenen Raumnutzungskonflikten. Dem wird in § 2 Abs. 2 Nr. 6 Raumordnungsgesetz (ROG) dadurch Rechnung getragen, dass den räumlichen Erfordernissen des Klimaschutzes – dies sind sowohl Maßnahmen, die dem Klimawandel entgegenwirken, als auch solche, die der Anpassung an den Klimawandel dienen – raumordnerisch entsprochen werden muss. Hiermit wurde eine Einteilung nach Mitigations- und Adaptationsmaßnahmen im Raumordnungsrecht vorgenommen. Soweit es um Klimaschutzmaßnahmen im Sinne der CO_2-Minderung geht (Mitigation), benennt das Gesetz in § 2 Abs. 2 Nr. 6 Satz 8 ROG die Kernelemente, die u. a. im Ausbau der erneuerbaren Energien bestehen. Für die Klimaanpassung (Adaption) hingegen fehlen solche Regelbeispiele. Die Anpassungsmöglichkeiten sind von einer derartigen Vielfalt geprägt, dass die Nennung konkreter Beispiele (im Raumordnungsgesetz) offensichtlich als untauglich betrachtet wird.

Gleichwohl bestehen rechtliche Möglichkeiten, dieses Desiderat zu vermeiden. Mit dem novellierten Raumordnungsgesetz 2008 hat die Bundesraumordnungsplanung nämlich neue Instrumente erhalten. Zwar gibt es nach wie vor keine Rechtsgrundlage für eine bundeseigene, mit strikter Bindungswirkung gegenüber den Bundesländern ausgestattete Raumordnungsplanung für das ganze Bundesgebiet. Neben dem schon im Raumordnungsgesetz a. F. enthaltenen Raumordnungsplan für die Ausschließliche Wirtschaftszone (AWZ) (§ 17 Abs. 3 ROG) wurden aber der sog. Grundsätze-Plan gemäß § 17 Abs. 1 ROG und die Standortpläne für See-, Binnen und Flughäfen gemäß § 17 Abs. 2 ROG eingeführt.

Im Kontext des Klimaschutzes und der Klimaanpassung ist insbesondere der Grundsätze-Plan gemäß § 17 Abs. 1 ROG interessant. Gemäß dieser Norm kann das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) einzelne Grundsätze der Raumordnung nach § 2 Abs. 2 ROG für die räumliche Entwicklung des Bundesgebietes durch

Grundsätze in einem Raumordnungsplan konkretisieren. Der Plan entfaltet, anders als in der Hafenplanung nach § 17 Abs. 2 ROG, Bindungswirkung für die Planungen der Länder (arg. e. § 17 Abs. 2 S. 2 ROG)[1]. Zudem sind Grundsätze der Raumordnung gemäß § 3 Abs. 1 Nr. 3 ROG als Vorgaben in nachfolgenden Abwägungs- oder Ermessensentscheidungen zu berücksichtigen.

Denkbar wäre ein Grundsätze-Plan zur Ausgestaltung und Präzisierung des Grundsatzes nach § 2 Abs. 2 Nr. 6 Sätze 7 und 8 ROG mit dem möglichen Titel „Bundesraumordnungsplan zur Klimaanpassung". Hierin ließen sich alle raumbezogenen Planungs- und Maßnahmenvorschläge, die der Klimaanpassung auf Bundes- und Landesebene dienen und u. a. der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) entnommen werden können, integrieren und somit zu Grundsätzen der Raumordnung erheben. Damit wäre der raumordnerische Grundsatz zum Klimaschutz in § 2 Abs. 2 Nr. 6 Satz 7 ROG um Anpassungsmaßnahmen ergänzt und vervollständigt.

Des Weiteren sollte im Rahmen des Einsatzes der raumordnerischen Instrumente, insbesondere bei der Ausweisung von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten, auf Flexibilität geachtet werden. Beispielsweise können im Rahmen der Hochwasservorsorge flankierend zum Wasserrecht Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für den Hochwasserschutz zum Einsatz kommen (vgl. Kap. 6.5.1 und 6.7). Dazu ist ein Konzept auf der Ebene der Regionalplanung erforderlich. Eine besondere Herausforderung liegt in dem Spannungsverhältnis zwischen Hochwasserereignis und Dürre. Hierauf ist bei der Ausweisung der Raumordnungsgebiete besonders zu achten, indem flexible Lösungen in Form von Abweichungsrechten oder Befristungen in Einzelfällen vorzusehen sind. In diesem Zusammenhang ist auf das Instrument des § 6 Abs. 1 ROG hinzuweisen. Gemäß dieser Regelung können von vornherein Ausnahmen von Zielen der Raumordnung festgelegt werden, ohne dass es im Einzelfall eines aufwendigen Zielabweichungsverfahrens gemäß § 6 Abs. 2 ROG bedarf.

Abschließend ist noch auf die Möglichkeit hinzuweisen, Befristungen für Ziele oder Grundsätze der Raumordnung festzulegen. Diese sind beispielsweise nach § 2 Abs. 1 Sächsisches Landesplanungsgesetz möglich und beispielgebend für die Aufnahme in die Landesplanungsgesetze weiterer Bundesländer. Sie ermöglichen im Sinne von „No-regret-Maßnahmen" z. B. „Experimentierklauseln" sowie eine flexible Reaktion auf ungewisse ökologische Phänomene (Umweltrisiken).

6.4 Landesebene

Grundsätzlich liegen die Möglichkeiten der Landesplanung darin, landesweit einheitliche Vorgaben, Abwägungsdirektiven und entsprechende Datengrundlagen zu erarbeiten bzw. in Auftrag zu geben, die dann von der nachgeordneten Regionalplanung zu konkretisieren sind. Möglich ist auch die Erstellung von Leitfäden und öffentlichkeitswirksamen Publikationen, die über die Ebene der Regionalplanung hinaus als Mittel einer informellen Planung Einfluss auf die Landesentwicklung nehmen können. Im Hinblick auf die Anpassung an die Folgen des Klimawandels kann die Landesplanung insbesondere Gebietskategorien für die regionalen Raumordnungspläne festlegen. Hierfür bieten sich z. B. Vorrang-/Vorbehaltsgebiete für den Hochwasserschutz oder ggf. für den besonderen Klimaschutz an. Als Abwägungsdirektive können im Rahmen der Landesentwicklungsprogramme/Landespläne auch Ausschlusskriterien und Eignungskriterien für derartige Gebietskategorien definiert werden.

[1] Eine Überwindung der planerischen Festlegungen könnte durch die Länder jedoch durch eine Abweichungsgesetzgebung erfolgen.

Wie der Herausforderung einer Anpassung an die Folgen des Klimawandels durch die Landesplanung in den Bundeländern aktuell (Frühjahr 2013) begegnet wird, verdeutlichen die folgenden Beispiele.

In Hessen befindet sich der Landesentwicklungsplan derzeit in der Neuaufstellung. Er wird Festlegungen enthalten, wonach durch die Regionalplanung die überregional und regional bedeutsamen Luftleitbahnen sowie die für das Siedlungsklima bedeutsamen Flächen des Freiraums (im räumlichen Zusammenhang mit lufthygienisch und/oder bioklimatisch belasteten Siedlungsbereichen) als „Gebiete für besondere Klimafunktionen" auszuweisen sind. Ob eine Ausweisung entsprechender Gebiete als „Vorranggebiete" oder „nur" – wie bisher – als „Vorbehaltsgebiete" erfolgen soll oder kann, wird durch die für die Landesplanung zuständige Behörde in enger Abstimmung mit dem Fachzentrum Klimawandel Hessen, den zuständigen Regionalplanungsstellen und weiteren Experten (z. B. DWD, Uni Kassel) diskutiert. Erörtert wird auch, inwieweit die Kategorie „Regionaler Grünzug" entsprechende Klimafunktionen – transparenter als bisher – wahrnehmen kann. Um die Frage Vorrang- oder Vorbehaltsgebiet für besondere Klimafunktionen klären zu können, soll zunächst eine Klimamodellierung durchgeführt werden, mithilfe derer die räumliche Ausdehnung der nach den entsprechenden Kriterien zu sichernden Flächen erkennbar ist. Derzeit werden die Anforderungen, die an eine solche Klimamodellierung zu stellen sind, erarbeitet. Dabei orientieren sich die Landesplaner in Hessen u. a. daran, was bereits in anderen Bundesländern erarbeitet wurde. Wie ein bioklimatisch belastetes Gebiet zu definieren und abzugrenzen ist sowie wann Frischluftentstehungsgebiete und Luftleitbahnen regional und wann lokal bedeutsam sind, sind dabei wichtige Fragen, für die aktuell noch eine abgestimmte Lösung gesucht wird.

In Niedersachsen wurde 2009–2012 an der Aktualisierung des Landesraumordnungsprogramms (LROP) gearbeitet. Im Hinblick auf die Klimaanpassung trifft die Fortschreibung u. a. Festlegungen zum Küstenschutz und zur Rohstoffversorgung. Die Grundsätze wurden um „die Möglichkeiten zur Anpassung von Raum- und Siedlungsstrukturen an die Folgen von Klimaänderungen [...], sowie die Möglichkeiten der Reduzierung der Neuinanspruchnahme und Neuversiegelung von Freiflächen [...]" (LROP Niedersachsen 2012) ergänzt. Insbesondere wird nun die Bedeutung des Küstenschutzes hervorgehoben. In den Regionalen Raumordnungsprogrammen sollen Vorranggebiete für die Rohstoffgewinnung die Sand- und Kleigewinnung zum Deichbau binnendeichs ermöglichen. Des Weiteren sollen in sturmflutgefährdeten Gebieten an der Küste – auch in durch Deiche und Sperrwerke gesicherten Gebieten – bei allen Planungen und Maßnahmen die Möglichkeiten der Risikovorsorge gegen Überflutungen in die Abwägung einbezogen werden. „Bereiche mit besonders hohem Gefährdungspotenzial sollen als Vorbehaltsgebiete Hochwasser ausgewiesen werden" (ebd.). Zudem sollen „klimaökologisch bedeutsame Freiflächen gesichert und entwickelt werden", um „in diesen Räumen [...] Maßnahmen zu einer Verminderung des Ausmaßes der Folgen von Klimaänderungen" umzusetzen (ebd.). In Niedersachsen wird also eine Richtung vorgegeben, wie die Regionalen Raumordnungsprogramme Aspekte der Klimaanpassung entsprechend der dortigen Herausforderungen des Klimawandels aufnehmen sollen.

Im Jahr 2010 wurde in Schleswig Holstein ein neues Landesentwicklungsprogramm (LEP) verabschiedet. Der Anpassung an den Klimawandel und dem Umgang mit den Folgen des Klimawandels wird besondere Bedeutung beigemessen, wobei der Küstenschutz aufgrund des steigenden Meerespiegels eine besondere Rolle spielt (Innenministerium des Landes Schleswig-Holstein 2010: 16). Entwicklungsziele des „Generalplans Küstenschutz: Integriertes Küstenschutzmanagement in Schleswig-Holstein (GPK)" aus dem Jahr 2001 (MLR Schleswig-Holstein 2001: 6 f.) werden Zielen der Raumordnung gleichgesetzt und

sind „in der jeweils gültigen Fassung" des GPK „zu gewährleisten" (Innenministerium des Landes Schleswig-Holstein 2010: 122). Das für den GPK eingesetzte Integrierte Küstenzonenmanagement stellte die „Weiterentwicklung des bisherigen Planungsverfahrens dar", indem u. a. Küstenschutz als räumliche Planungsaufgabe betrachtet wird, verschiedene Ansprüche an das Küstengebiet in die Ziele integriert werden, die Öffentlichkeit beteiligt wird sowie der Klimawandel und die damit verbundenen Unsicherheiten v. a. hinsichtlich des Meeresspiegelanstiegs und der Erhöhung der Sturmflutwasserstände eine besondere Rolle spielen (Innenministerium des Landes Schleswig-Holstein 2010: 122 f.). Die Entwicklungsziele des GPK heben v. a. die Bedeutung der Deiche für den Küstenschutz hervor und lassen eine Rückverlegung nur in Ausnahmefällen zu. Zudem sollen frühzeitige Untersuchungen und Szenarien zum Klimawandel ein schnelles Reagieren ermöglichen. Die Gleichstellung der Entwicklungsziele des GPK mit den Zielen der Raumordnung hat zur Folge, dass diese Fragen des Küstenschutzes in den Regionalplänen konkretisiert werden müssen. Grünzüge zur Klimaverbesserung im Siedlungsbereich sind weitere Ziele, die im LEP Schleswig-Holstein genannt werden.

Im Freistaat Sachsen wurde mit Beschluss vom 16.03.2010 durch die Sächsische Staatsregierung die Fortschreibung des Landesentwicklungsplanes aus dem Jahr 2003 festgelegt. Mit dem Inkrafttreten ist im Jahr 2013 zu rechnen (vgl. Sächsisches Staatsministerium des Innern 2012). Im Hinblick auf die Klimaanpassung werden mit der Fortschreibung des LEP 2003 die klimaschutzrelevanten Vorgaben sowie Anpassungsstrategien zur vorausschauenden Bewältigung der Folgen des Klimawandels aktualisiert und fortentwickelt. Neben Festsetzungen über regenerative Energien werden insbesondere Vorgaben zur klimafreundlichen Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung und zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels (z. B. vorbeugender Hochwasserschutz, vorsorgender Schutz von Wasserressourcen, Schutz vor Hitzefolgen in Siedlungsbereichen) überprüft und konkretisiert.

Am 12.07.2011 wurde in Thüringen der erste Entwurf des Landesentwicklungsplans mit einem Planungshorizont für das Jahr 2025 vorgestellt. Schwerpunkte bilden auch hier der Klimawandel sowie die Energiewende. Die Auswertung der ersten Beteiligungsrunde ist abgeschlossen. Mit einem abschließenden Kabinettsbeschluss wird Mitte 2013 gerechnet (vgl. TMBLV 2012). Im Einzelnen finden sich im neu eingeführten Kap. 5.1 Bestimmungen zum Klimawandel. Danach sollen bei raumbedeutsamen Planungen Klimaschutz- und Klimafolgenanpassungsmaßnahmen Berücksichtigung finden (5.1.1). Bei allen Planungen sollen den Prinzipien „Exposition" (Tatsache, einer Gefahr ausgesetzt zu sein), „Stärke" (Schaffung „robuster" Strukturen mit hoher Widerstandsfähigkeit gegenüber äußeren Einwirkungen) und „Redundanz" (Ausstattung mit funktional vergleichbaren Elementen, die im Falle von Störungen diese Funktionen untereinander ausgleichen können) ein besonderes Gewicht beigemessen werden (5.1.2). Um die regionale Wasserknappheit zu vermeiden, wird dem Schutz und der verstärkten Sicherung von lokalen Wasserressourcen einerseits sowie dem Ausbau überregionaler Versorgungssysteme andererseits besonderes Gewicht beigemessen (5.1.4). Außerdem können zum Erhalt oder zur Schaffung von klimaökologischen Puffer- und Ausgleichszonen in den Regionalplänen Vorranggebiete „Siedlungsklima" ausgewiesen werden, soweit dies zum Schutz überörtlicher Funktionen erforderlich ist (5.1.6) (TMBLV 2011). Mit diesen Regelungsinhalten wird der Landesentwicklungsplan 2004 im Hinblick auf die Klimaanpassung deutlich fortentwickelt und spezifiziert.

Der aktuelle Landesentwicklungsplan 2010 des Landes Sachsen-Anhalt wurde im Dezember 2010 von der Landesregierung als Verordnung beschlossen, welche am 12.03.2011 in Kraft trat und das bisherige Gesetz über den Landesentwicklungsplan für das Land

Sachsen-Anhalt 1999 ablöste (Ministerium für Landesentwicklung und Verkehr 2011). Im novellierten Landesentwicklungsplan wurde ebenfalls ein eigenständiges Kapitel zum Klimaschutz und Klimawandel eingeführt (4.1.4). Dort werden die Themen der Zersiedelung, energiesparende, integrierte Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung, Hochwasserschutz und Sicherung von Wasserressourcen angesprochen (Land Sachsen-Anhalt 2010).

Derzeit bereitet die Landesregierung Nordrhein-Westfalen ebenfalls einen neuen Landesentwicklungsplan (LEP 2025) vor. Dieser soll den Landesentwicklungsplan aus dem Jahr 1995 ersetzen und das Landesentwicklungsprogramm NRW integrieren (Niederrheinische IHK 2009). Regelungsgrundlagen für den derzeit gültigen Landesentwicklungsplan 1995 sind das Gesetz zur Landesentwicklung (Landesentwicklungsprogramm – LEPro) und das Landesplanungsgesetz. Die Industrie- und Handelskammern in Nordrhein-Westfalen haben 2009 einen Fachbeitrag der Wirtschaft für die inhaltliche Diskussion im kommenden Aufstellungsverfahren erarbeitet. Er enthält die gemeinsamen landespolitischen Handlungserfordernisse und perspektivischen Vorschläge in den Handlungsfeldern Gewerbeflächen, Verkehr und Logistik, Freiraum und Rohstoffsicherung sowie Energieversorgung (IHK Aachen 2009).

Parallel zur Neuaufstellung wird per Beschluss der Landesregierung vom 02.02.2010 das Verfahren zur 1. Änderung des Landesentwicklungsplans Nordrhein-Westfalen (LEP NRW) – Energieversorgung – durchgeführt. Dabei geht es um den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien, die verstärkte Nutzung der Kraft-Wärme-Kopplung und die Erneuerung des Kraftwerkparks.

Begleitet wird die Fortschreibung des Landesentwicklungsplans von der Schaffung eines eigenständigen Klimaschutzgesetzes für das Land Nordrhein-Westfalen. Laut Gesetzentwurf der Landesregierung vom 21.06.2011 werden damit in Deutschland erstmals Minderungsziele für Treibhausgasemissionen gesetzlich festgelegt. Bis 2020 sollen Treibhausgasemissionen um 25 % und bis 2050 um mindestens 80 % reduziert werden (MKULNV NRW 2011). Der im Klimaschutzgesetzentwurf vorgesehene Klimaschutzplan soll durch den Landesentwicklungsplan raumordernisch umgesetzt werden (§ 4 Abs. 3 S. 2 KlimaSchG-Entwurf). Im Übrigen sind in den Raumordnungsplänen die räumlichen Erfordernisse des Klimaschutzes und der Anpassung an den Klimawandel gemäß § 4 Abs. 3 S. 1 KlimaSchG-Entwurf als Ziele der Raumordnung und Grundsätze der Raumordnung zu konkretisieren.

Diese Beispiele stellen einen Ausschnitt aus den aktuellen Aktivitäten in den Bundesländern zur Integration des Themas „Anpassung an den Klimawandel“ in die Landesplanung dar. Sie verdeutlichen die unterschiedlichen Ansatzpunkte und Schwerpunktsetzungen, machen aber auch deutlich, dass viele offene Fragen wie z. B. die nach der Definition und Abgrenzung von regional und überregional bedeutsamen Frischluftentstehungsgebieten und -leitbahnen noch einer Klärung bedürfen und sich in der Folge in der Praxis dann noch bewähren müssen.

6.5 Regionale Ebene

Die Region ist hinsichtlich der Anpassung an die Folgen des Klimawandels eine wichtige Handlungsebene. Dies lässt sich zum einem mit der regional unterschiedlich ausgeprägten Betroffenheit von den Auswirkungen des Klimawandels begründen (vgl. Kap. 2 in diesem Band), zum anderen mit der Tatsache, dass die Region als intermediäre Ebene ein Bindeglied zwischen den (politischen) Rahmensetzungen der übergeordneten Ebenen (vgl. Kap. 6.2–6.4) und der konkreten Umsetzung auf der lokalen Ebene (vgl. Kap. 6.6) darstellt. Die regionale Ebene ist ein geeigneter Bezugsraum, um vor dem Hintergrund einer regional spezifischen Betroffenheit strategische Konzepte zur Anpassung an

die Folgen des Klimawandels zu entwickeln und dabei unterschiedliche Politikfelder und verschiedene Steuerungsinstrumente zu integrieren (vgl. auch Kap. 7 in diesem Band). Die Auseinandersetzung mit den Einflussmöglichkeiten der räumlichen Planung mittels formeller und informeller Instrumente auf der regionalen Ebene in den folgenden beiden Unterkapiteln bildet daher auch einen Schwerpunkt dieses Beitrags (beruhend auf Frommer 2010a: 37 f.).

6.5.1 Formelle raumplanerische Instrumente

In der Fokussierung auf die Einflussmöglichkeiten formeller raumplanerischer Instrumente sind für die regionale Ebene insbesondere die Instrumente zur Gestaltung von Raumnutzungen, -funktionen und -strukturen von Bedeutung. Zur Koordination der unterschiedlichen Nutzungsansprüche an den Raum dienen insbesondere die Ziele und Grundsätze der Raumordnungspläne durch das Festlegen von Vorrang-, Vorbehalts- und Eignungsgebieten (§ 8 Abs. 7 ROG) und durch Aussagen zur Raumstruktur (Siedlungs-, Freiraum- und Infrastruktur) (§ 8 Abs. 5 ROG). Mit der Möglichkeit, in regionalen Raumordnungsplänen Festlegungen zu der anzustrebenden Siedlungs- und Freiraumstruktur zu treffen, kann die Regionalplanung dazu beitragen, vorbeugenden Klimaschutz zu betreiben und Anpassungsprozesse zu steuern sowie mögliche Schadenspotenziale zu vermindern.

Vor dem Hintergrund der durch den Klimawandel in Häufigkeit und z. T. in der Intensität zunehmenden Extremereignisse gilt es, konsequenter als in der Vergangenheit von den Möglichkeiten Gebrauch zu machen, Flächen von Siedlungsentwicklung freizuhalten, die durch entsprechende Naturereignisse (z. B. Flusshochwässer, Sturzfluten, Lawinen, Murgänge, Bergrutsche) gefährdet sind oder die zur Vermeidung oder Verminderung der Auswirkungen von derartigen Ereignissen anderenorts (z. B. Flächen für Retention, Flächen für Aufforstung von Wald) benötigt werden. In diesem Zusammenhang ist v. a. die Ausweisung von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten für bestimmte raumbedeutsame Nutzungen (z. B. für den vorsorgenden Hochwasserschutz) relevant. Ereignisbezogen ist es ebenfalls bedeutsam – soweit regionalplanerisch möglich – dazu beizutragen, dass Flächen, die zur Sicherung der Effektivität von Reaktionsmaßnahmen beitragen (z. B. Rettungsschneisen und Sammelpunkte, Hochwasserrückhaltebecken, Pufferzonen), freigehalten werden (Birkmann 2008; Fürst 2007; Ritter 2007; Fleischhauer, Bornefeld 2006). Die auf naturräumliche Zusammenhänge achtende und ebenenübergreifende Betrachtung erhält unter den Anzeichen des Klimawandels daher besondere Relevanz.

Neben der Berücksichtigung von extremen Naturereignissen bieten sich auch Möglichkeiten, mit Instrumenten der Regionalplanung auf die projizierten graduellen klimatischen Veränderungen, wie z. B. steigende sommerliche Hitzebelastung in Siedlungsgebieten oder Veränderungen im regionalen Wasserdargebot, reagieren zu können bzw. entsprechend Vorsorge treiben zu können. So gewinnt die Freihaltung von Flächen zur Frischluftversorgung (z. B. durch Grünzüge, Grünzäsuren) unter den Auswirkungen des Klimawandels zunehmend Bedeutung – ebenso wie die Möglichkeit, über Raumkategorien und Vorgaben zur Siedlungsstruktur Einfluss etwa auf die Siedlungsentwicklung zu nehmen. Der viel genannte Zielkonflikt zwischen dem Ziel der flächensparenden Siedlungsentwicklung und der Gewährleistung einer ausgewogenen Freiflächenentwicklung innerhalb der Siedlungsstruktur muss unter den Anzeichen des Klimawandels daher ggf. neu bewertet werden (Ritter 2007). Dieser Aspekt gewinnt umso mehr an Bedeutung, als aktuelle Studien zeigen, dass der räumliche Wirkungsbereich großer Kaltluftentstehungsgebiete und ihrer Abflussbahnen je nach Topographie deutlich geringer als bisher angenommen ist (Stock 2010). Eine zielgerichtete und koordinierte Flächenentwicklung, die unter siedlungsklimatischen Gesichtspunkten optimiert ist, kann diesen Konflikt vermin-

dern, indem klimarelevante Freiflächen gesichert und von Versiegelung und Bebauung freigehalten werden zugunsten verdichteter Siedlungsbereiche an anderen Stellen.

Im Hinblick auf die mögliche Verschärfung regionaler Wasserknappheiten gilt es, Bereiche zum Erhalt von Wasservorkommen zu sichern. Neben der Möglichkeit, monofunktionale Vorrang- und Vorbehaltsgebiete beispielsweise für die Grundwasserneubildung auszuweisen, gewinnen hier die multifunktionalen Instrumente zur Sicherung der Freiraumstruktur an Bedeutung: So können z. B. regionale Grünzüge nicht nur wie bereits angeführt zur Gliederung und Belüftung von Siedlungsgebieten beitragen, sondern gleichfalls dem Schutz des regionalen Wasserhaushalts, der Stärkung des Biotopverbundes (insbesondere hinsichtlich der klimatisch bedingten Verschiebung der Lebensräume von Tieren und Pflanzen relevant) dienen und natürliche Kohlenstoffsenken erhalten bzw. stärken (Beitrag zum Klimaschutz). Auch im Hinblick auf die Erholungsfunktion von Landschaft gewinnt die Freiraumsicherung angesichts zunehmender klimatischer Belastungssituationen in dicht besiedelten Bereichen (z. B. Ozonbelastung, Wärmeinseleffekt) an Bedeutung (Birkmann et al. 2010; BMVBS, BBSR 2009).

Um explizit und vertiefend auf das Thema Klimawandel einzugehen, bietet sich auch die Möglichkeit an, einen sachlichen Teilplan zum Regionalplan anzufertigen. Räumliche oder sachliche Teilpläne nach § 7 Abs. 1 S. 2 ROG setzen wie Regionalpläne Ziele und Grundsätze der Regionalplanung fest. Sie können erstellt werden, sofern gewährleistet ist, dass sich die Teile in eine ausgewogene Gesamtentwicklung einfügen. Während sich ein räumlicher Teilplan nur auf einen Teil einer Planungsregion bezieht und dabei alle Planinhalte behandelt, ist der sachliche Teilplan einem speziellen Gesichtspunkt oder Thema gewidmet und auf das gesamte Planungsgebiet bezogen. In der Praxis werden sachliche Teilpläne derzeit überwiegend für die Themen Windenergienutzung, Rohstoffsicherung bzw. -nutzung und zentrale Orte erstellt. In Bezug auf das Thema „Umgang mit dem Klimawandel" könnte ein sachlicher Teilplan in ergänzenden Klimakarten auf besonders „klimagefährdete", vulnerable Räume (z. B. Tallagen hinsichtlich ihrer Gefährdung bei Starkregenereignissen, verdichtete Innenstadtbereiche und deren Überhitzungsgefahr im Sommer) und „klima- bzw. hitzeempfindliche" überörtlich bedeutsame Einrichtungen (Altersheime, Krankenhäuser, Schulen etc.) hinweisen und insgesamt das komplexe Themenfeld Klimawandel, Ursachen, Auswirkungen und Einflussmöglichkeiten auf der regionalen Ebene zusammenhängend betrachten.

Durch die Instrumente der Raumordnung auf regionaler Ebene kann ein Rahmen der Raumentwicklung vorgegeben werden, jedoch keine umfassende Steuerung der Entwicklung erfolgen. Die Inhalte der Raumordnung werden erst auf kommunaler Ebene in der Bauleitplanung konkretisiert und erlangen so eine rechtliche Bindungswirkung für Dritte. Mögliche Maßnahmen, die nur auf kommunaler Ebene umgesetzt werden können, werden in Kap. 6.6 beschrieben (s. Tab. 6.2).

Mithilfe des bestehenden regionalplanerischen Instrumentariums kann ebenfalls – wenn auch in geringem Maße – Einfluss auf den Bestand ausgeübt werden. So kann z. B. die Ausweisung von überschwemmungsgefährdeten Bereichen hinter den Deichen zumindest als planerische Informationsmaßnahme zu einer verbesserten Risikowahrnehmung beitragen (s. Praxisbeispiel in diesem Kapitel). Diese Maßnahme ist sowohl in Bezug auf den Meeresspiegelanstieg als auch hinsichtlich einer zunehmenden Gefährdung bestimmter Bereiche durch Flusshochwasser denkbar. Auch durch eine langfristige Stärkung von Entwicklungsachsen oder zentralen Orten in Gebieten, die weniger von Auswirkungen des Klimawandels betroffen sind, können wichtige Impulse für die Entwicklung resilienter Raumstrukturen gegeben werden. Denn wenn gewisse Raumnutzungen langfristig nicht

widerstandsfähig gegenüber den negativen Auswirkungen des Klimawandels sind, d. h. ihr Erhalt unter zunehmenden klimatischen Belastungssituationen schwierig wird oder der Wiederaufbau nach einem Schadensereignis (z. B. Zerstörung durch Überschwemmung) unter ökonomischen Gesichtspunkten nicht sinnvoll ist, muss auch die Verlagerung der Nutzung erwogen werden (Hecht 2009). Die Möglichkeit, mittels formeller planerischer Instrumente hierauf einzuwirken, ist zwar gering. Die angeführten Maßnahmen stellen aber sinnvolle Ergänzungen zu anderen (informatorischen und v. a. ökonomischen) Instrumenten wie z. B. der Gestaltung von Versicherungsprämien oder auch der Einführung eines obligatorischen Versicherungsschutzes dar (Fröhlich et al. 2011: 17).

Eine kreative und rigorose Anwendung des bestehenden regionalplanerischen Instrumentariums in Kopplung mit anderen Steuerungsinstrumenten ist daher ebenso wichtig wie die Weiterentwicklung der planerischen Instrumente. Die vielfach geforderte Flexibilisierung von Planungsinstrumenten, insbesondere von Raumordnungszielen, kann hier als Beispiel angeführt werden (vgl. z. B. Overbeck et al. 2009; Ritter 2007). Kropp und Daschkeit schlagen in diesem Zusammenhang vor, dass „an die Stelle einer statischen Zuweisung von Raumfunktionen eine dynamische Raumentwicklung mit reversiblen Raumfunktionen und Kompensationssystemen treten" sollte (Kropp, Daschkeit 2008: 359). Zurzeit wird die Umsetzbarkeit einer Flexibilisierung der Planungsinstrumente mit der Praxis erörtert. Eine Flexibilisierung der Planung kann demnach nur erfolgreich sein, wenn sie zu politisch und rechtlich verbindlichen Festlegungen führen, die eine Umsetzung gegenüber Dritten legitimieren (Ritter 2007). Im Rahmen des Workshops des ARL-Arbeitskreises „Klimawandel und Raumplanung" am 22. Juni 2010 in Bonn wurde in diesem Zusammenhang die Verwendung der Szenariotechnik in der vorbereitenden Planung begrüßt. Gerade hier kann der Regionalplan durch die Verortung der Gefahrenpunkte beispielsweise bezogen auf Hochwassergefahren oder Hitzeentwicklung eine Warnfunktion entfalten. Die entsprechenden vorbeugenden Maßnahmen müssen dann auf kommunaler Ebene umgesetzt werden (ARL 2010).

Die im Frühjahr 2008 durch denselben Arbeitskreis durchgeführte Befragung von Regionalplanungsstellen in ganz Deutschland machte allerdings deutlich, dass bis dato „der Klimawandel von den befragten Regionalplanern [...] v. a. mit den Aspekten des Klimaschutzes in Zusammenhang gebracht wird, während zur Anpassung an den Klimawandel noch kaum Erfahrungen vorliegen und die Rolle der räumlichen Planung zum Umgang mit Klimawandelfolgen bislang kaum definiert ist" (Overbeck et al. 2009: 193). Obwohl sich zahlreiche Regionalpläne bereits seit Längerem mit Themen wie dem vorbeugenden Hochwasserschutz und der Freiraumsicherung (auch von für die Frischluft-/Kaltluftentstehung wichtigen Flächen) befassen, werden diese Aspekte nicht konsequent in Bezug zu den möglichen Auswirkungen des Klimawandels gesetzt. Dies entspricht auch den Erkenntnissen von Diller und Hebecker (2009), die aufzeigen, dass lediglich jüngere Regionalpläne das Thema Anpassung an die Folgen des Klimawandels teilweise aufgenommen haben. Greiving und Fleischhauer (2008) sowie Schlipf et al. (2008) haben entsprechend dargestellt, wie wichtig die Ergänzung um informelle Ansätze der Regionalentwicklung ist, um das volle Potenzial der Raumplanung zur Wahrnehmung ihrer überfachlichen Koordinationsfunktion für Anpassungsstrategien an den Klimawandel zu entfalten. Das folgende Kapitel 6.5.2 stellt daher den Beitrag informeller Instrumente der Raumplanung zur regionalen Anpassung an den Klimawandel dar.

Praxisbeispiel: Der Regionalplan Köln, Sachlicher Teilabschnitt „Vorbeugender Hochwasserschutz“

Problemstellung

- Wohnlagen und repräsentative Büronutzungen direkt am Fluss sind weiterhin sehr attraktiv. Der Druck, am Gewässer auch in überschwemmungsgefährdeten Bereichen Bauleitplanung zu betreiben, ist entsprechend groß.
- Die Bedenken der wasserwirtschaftlichen Fachplanung als Träger öffentlicher Belange drangen in der bauleitplanerischen Abwägung häufig nicht durch.
- Bislang gibt es an vielen Fließgewässern (noch) keine verbindlichen Abgrenzungen von Überschwemmungsgebieten. Bereiche in den Auen, die sich möglicherweise zur Rückgewinnung für den Wasserrückhalt eignen, wurden in den Verordnungen in der Vergangenheit lediglich nachrichtlich dargestellt, was zukünftig ganz entfällt.
- Ein Versagen von Deichen und anderen Hochwasserschutzanlagen ist möglich.
- Die Wahrscheinlichkeit von Extremhochwasser steigt aufgrund des Klimawandels.

Lösungsansatz

Die Regionalplanung verfügt mit dem Regionalplan über ein geeignetes Instrument, den Vorsorgegedanken des Raumordnungsgesetzes bzgl. des Hochwasserschutzes auf regionaler Ebene zu implementieren. Mit Vorrang- und Vorbehaltsgebieten für den vorbeugenden Hochwasserschutz können in ihrer raumordnerischen Stringenz abgestufte Vorgaben für öffentliche Planungsträger gemacht werden.

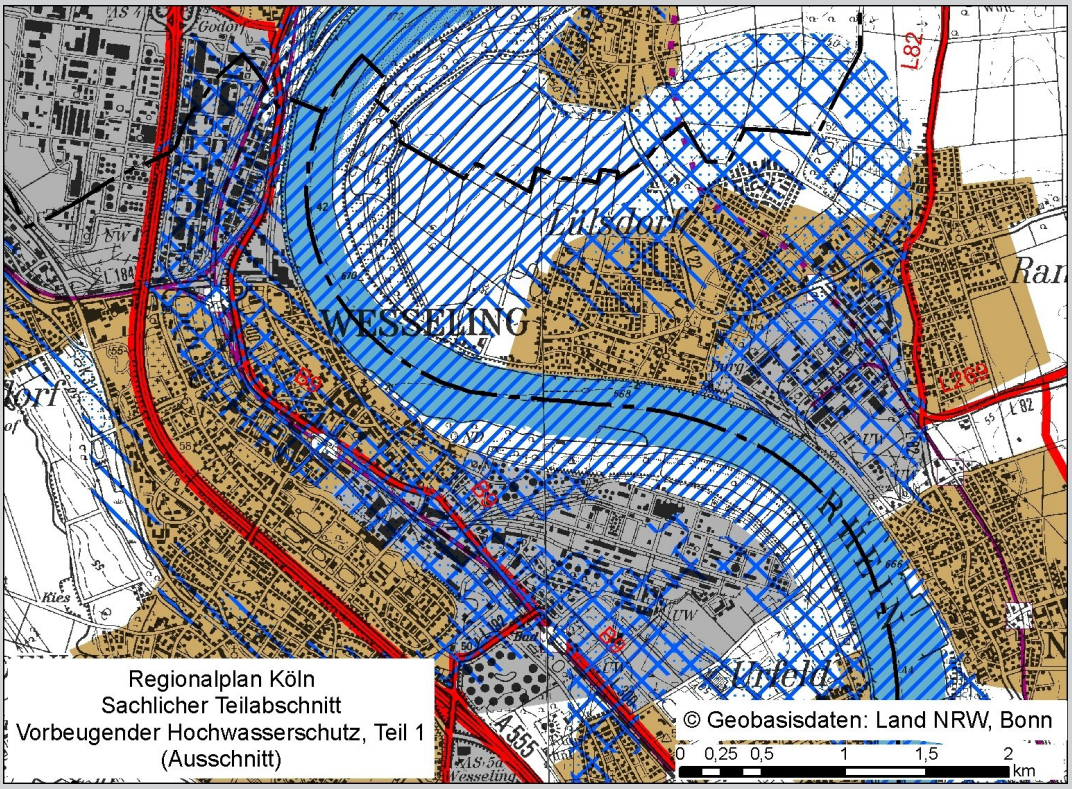
Umsetzung

Der Regionalplan Köln, Sachlicher Teilabschnitt „Vorbeugender Hochwasserschutz“, deckt mit seinen zwei räumlichen Teilabschnitten, die inhaltlich weitgehend kongruent sind, den gesamten Regierungsbezirk Köln ab. Teil 1 wurde 2006, Teil 2 2010 bekannt gemacht.

1. Ziele der Landesplanung und Raumordnung

Die zeichnerischen und textlichen Ziele im Regionalplan sind behördenverbindlich. Zeichnerisches Ziel ist die kartographische Darstellung im Maßstab 1:50.000 von Überschwemmungsbereichen für das 100-jährliche Hochwasser (s. Abb. 6.1 und 6.2). Innerhalb der Überschwemmungsbereiche gelten textliche Ziele, deren Schwerpunkt die Vermeidung weiterer Siedlungsflächen/Baugebiete ist.

Abb. 6.1: Vorbeugender Hochwasserschutz im Regierungsbezirk Köln



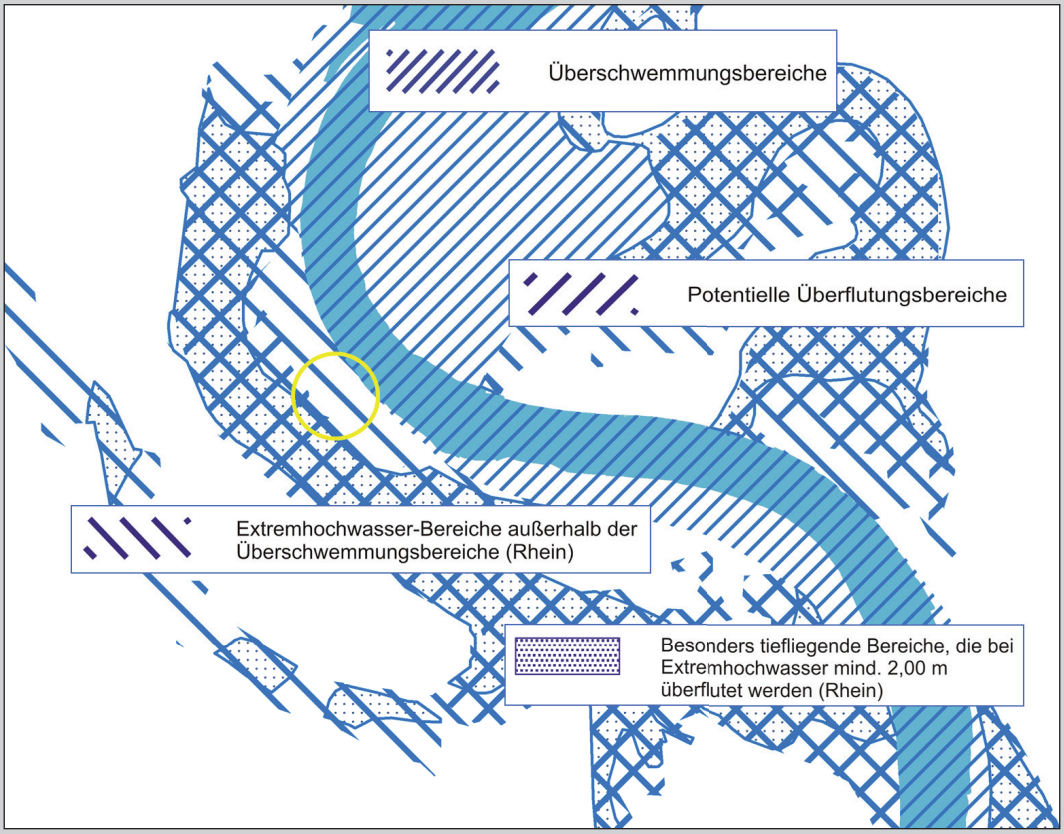
Hinweis: Die Inhalte zum vorbeugenden Hochwasserschutz sind in Blau, die Siedlungsbereiche in Braun und Grau dargestellt.

Quelle: Bezirksregierung Köln 2006

Progressive Inhalte der Darstellung der Überschwemmungsbereiche:

- Bereits der 2006 bekannt gemachte räumliche Teil 1 schließt überplante und bebaute Siedlungsflächen in die Überschwemmungsbereiche ein und betont damit den Risikoaspekt und das Gefahrenpotenzial.
- Die Überschwemmungsbereiche mit ihrer stringenten Zielsetzung enthalten auch Bereiche, die möglicherweise zur Rückgewinnung von Retentionsraum geeignet sind.
- Im Teil 1 enthalten die Überschwemmungsbereiche auch kleinflächige „zukünftige Überschwemmungsbereiche", die derzeit nicht von Überflutung bedroht sind, die aber in ca. 100 Jahren aufgrund des Wiederanstiegs des Grundwasserspiegels wegen der Aufgabe des Braunkohlentagebaus bei einem 100-jährlichen Hochwasser überschwemmt werden.

Abb. 6.2: Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für den vorbeugenden Hochwasserschutz im Regionalplan Köln



Hinweis: Derselbe Kartenausschnitt wie in Abbildung 6.1 zeigt hier nur die Signaturen zum vorbeugenden Hochwasserschutz.

Quelle: Bezirksregierung Köln 2006

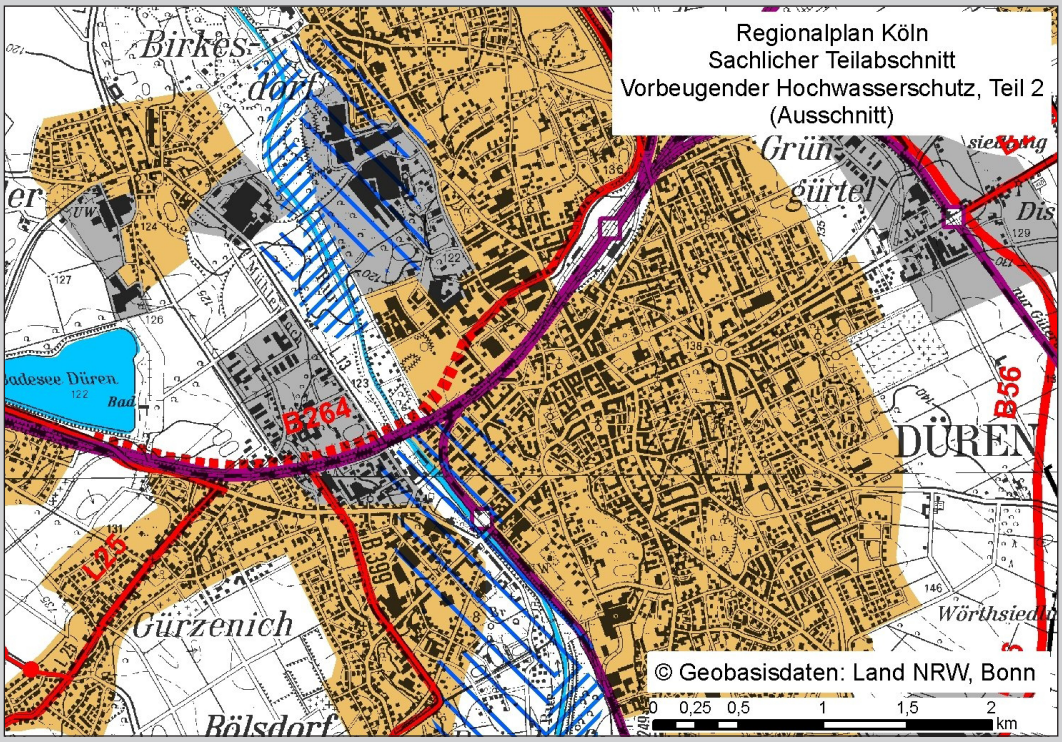
2. Grundsätze und Erläuterungen

In der Erläuterungskarte werden potenzielle Überflutungsbereiche, Extremhochwasser-Bereiche und besonders tief liegende Bereiche abgebildet, alle im Maßstab 1:50.000 (s. Abb. 6.1 und 6.2). Potenzielle Überflutungsbereiche werden beim Versagen von Deichen oder anderen Hochwasserschutzanlagen bei einem 100-jährlichen Hochwasser überflutet.

Progressive Inhalte der Abbildungen:

- Zur Bildung eines Problembewusstseins bei Behörden, Planern und in der Bevölkerung werden als Aspekt der Anpassung an den Klimawandel zusätzlich Extremhochwasser-Bereiche abgebildet, am Rhein für ein 500-jährliches Hochwasser.
- Zusätzlich werden am Rhein die besonders tief liegenden Bereiche abgebildet, die bei einem 500-jährlichen Extremhochwasser 2 m und höher überflutet werden.
- Im räumlichen Teil 2 werden wegen der Fortentwicklung der fachplanerischen Ermittlungen sogar Extremhochwasser-Bereiche für ein 1.000-jährliches Hochwasser abgebildet (s. Abb. 6.3).

Abb. 6.3: Vorbeugender Hochwasserschutz im Regierungsbezirk Köln



Hinweis: Die Inhalte zum vorbeugenden Hochwasserschutz sind in Blau, die Siedlungsbereiche in Braun und Grau dargestellt.

Quelle: Bezirksregierung Köln 2010

Alle genannten Abbildungen in der Erläuterungskarte sind Vorbehaltsgebiete für den vorbeugenden Hochwasserschutz. In ihnen gilt nicht wie in den Überschwemmungsbereichen das stringente Ziel der Vermeidung weiterer Bebauung, sondern der Grundsatz, bei der Raumnutzung dem Überflutungsrisiko ein besonderes Gewicht beizumessen.

Resümee

1. Der Regionalplan als formelles Verfahren und Instrument ist zur Konfliktlösung bei Flächenkonkurrenzen an Fließgewässern gut geeignet. Die Anwendung der Ziele zum vorbeugenden Hochwasserschutz in der täglichen Praxis bei der Beurteilung von kommunalen Flächennutzungsplanänderungen hat sich bewährt.
2. Auch wenn in den Vorbehaltsgebieten die stringenten Ziele nicht gelten, öffnet diese Kategorie die Tür zu Information und Bewusstseinsbildung bei Planern und in der Bevölkerung, zum Einstieg in Szenarien der Vulnerabilität. Gerade diese raumordnerische Kategorie bietet die Chance zum schrittweisen Vortasten an neue Planungsinhalte und somit zur Fortentwicklung der Regionalplanung.
3. Insbesondere für Bereiche hinter Hochwasserschutzanlagen sollte zukünftig eine landesplanerische Strategie zum vorbeugenden Hochwasserschutz entwickelt werden.

6.5.2 Informelle raumplanerische Instrumente

Die Anpassung an den Klimawandel stellt ein komplexes Problem dar, weil nicht nur die Auswirkungen von Klimaänderungen, sondern auch andere sozioökonomische Veränderungsprozesse (z. B. demografischer Wandel, Globalisierung) berücksichtigt werden müssen. Nach Kilper (2006) können komplexe Probleme, die eine integrierte Betrachtungsweise erfordern, „nur dann erfolgreich bewältigt werden, wenn neue Akteure in die Problembearbeitung eingebunden werden und neue Formen der Ideenfindung und -umsetzung gefördert und praktiziert werden. Insofern ist die Fokussierung [...] auf informelle, netzwerkartige Formen der Kommunikation und Kooperation zwischen öffentlichen und privaten Akteuren durchaus zutreffend" (Kilper 2006: 144).

Um auf der regionalen Ebene mittels informeller Instrumente diskursive Prozesse anregen und steuern zu können, bieten sich vielfältige Ansätze an, die nach Knieling und Weick (2005) sowie Wiechmann (2008) wie folgt systematisiert werden können:

- *diskursiv/kommunikativ:*
  Beratung und Information mittels informationsbasierter Instrumente (z. B. GIS); Entwicklung räumlicher Leitbilder und Szenarien; Moderation und Mediation z. B. im Rahmen regionaler Akteursnetzwerke und Regionalkonferenzen
- *institutionell:*
  Initiierung von regionalen Netzwerken, Regionalkonferenzen und Regionalforen; Aufbau von Regionalmanagement/regionalem Flächenmanagement; Gründung regionaler Entwicklungsagenturen; Erstellung Regionaler Entwicklungskonzepte
- *finanziell (im Rahmen von Finanzhilfen und Marktteilnahme):*
  Verfügung über eigenes Budget durch Fördermittelkompetenz bzw. vermittlung (Regionalfonds, Sponsoring, Stiftungen), durch Trägerschaftsaufgaben oder im Rahmen von Public-private-Partnerships

In all diesen Punkten kann eine kooperations- und konsensorientierte Regionalplanung im Sinne eines regionalen „Informationsbrokers" einen wesentlichen Beitrag leisten, indem sie Informationsbedarfe ermittelt, verfügbare Informationen aufbereitet und anwendet, einen öffentlichen Diskurs zur gemeinsamen Entscheidungsfindung initiiert und damit Bewusstsein für Klimaveränderungen bei den verschiedenen Akteuren bildet. Verfügt sie auch über ein eigenes Budget bzw. über eine Fördermittelkompetenz oder wirkt vermittelnd bei der Akquise von Fördergeldern, kann sie vielfältige Handlungsanreize setzen (Knieling 2003).

Gerade im Umgang mit den Auswirkungen des Klimawandels sind Beratungs- und Informationsstrukturen notwendig,

- weil es in vielen Bereichen noch eine fehlende Wahrnehmung der möglichen Auswirkungen des Klimawandels gibt (fehlendes Bewusstsein, fehlende Sensibilität dafür, dass der Klimawandel die Region betrifft),
- weil konkrete Informationen über die möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf die Region fehlen (fehlende Kenntnis darüber, wie sich der Klimawandel in der Region auswirkt) oder weil die Verfügbarkeit von aktuellen Ergebnissen der Klimafolgenforschung nicht bekannt ist (fehlende Kenntnis darüber, wo Informationen und Daten der Klimafolgenforschung für einzelne Regionen erhältlich sind) und
- weil Informationen über die möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf eine Region, sofern bereits vorhanden und verfügbar, interpretiert werden müssen (Hilfestellung bei der Durchführung von Betroffenheitsanalysen für Teilräume und Sektoren) (hierzu auch ARL 2009b; Overbeck et al. 2009).

Um Klimadaten und -informationen so aufzubereiten, dass Entscheidungsträger daraus einen konkreten Handlungsbedarf erkennen und diesen aufgrund der Datenlage auch gegenüber Dritten belegen können, empfiehlt sich der Einsatz informationsbasierter Instrumente und unterstützender Bewertungsmethoden. Im Rahmen aktueller Forschungsprojekte wird daher auch die (Weiter-)Entwicklung von Vulnerabilitätsanalysen unter Einsatz von z. B. Geographischen Informationssystemen oder auch die Entwicklung von Entscheidungsunterstützungssystemen forciert. Damit lassen sich mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf einen konkreten Raum anschaulich darstellen und Bewertungsmethoden (wie z. B. Kosten-Nutzen-Analyse, Nutzwertanalyse, Multikriterienanalyse, Expertenbewertung) können auch für Anpassungsmaßnahmen eingesetzt werden. Allerdings muss auch hier beachtet werden, dass es eben nicht die „eine, richtige" Projektion des Klimawandels gibt (auch wenn dieser Wunsch in der Praxis oft geäußert wird), sondern vielmehr eine Bandbreite möglicher Entwicklungen betrachtet werden muss. Auch für diese Situation ist Bewusstsein zu schaffen. Hierzu eignet sich der Einsatz von Techniken der Szenarioplanung, die im Kontext mit den Auswirkungen des demografischen Wandels in den vergangenen Jahren vielfach erfolgreich eingesetzt wurde (Neumann 2005) (vgl. auch Kap. 7. 3 in diesem Band). Die Szenarioplanung eignet sich insbesondere für den Kontext des Klimawandels, weil damit „frei von den Zwängen des Alltagsgeschäfts [...] auch Tabuthemen frei von politischen Befindlichkeiten [angesprochen werden können], z. B. das Durchspielen eines extremen Sturmflut- oder eines extremen Trockenheitsszenarios" (BMVBS, BBSR 2009: 30). Ein an die Szenarioplanung angehängter (oder auch eigenständig durchgeführter) Leitbildprozess kann dazu beitragen, eine möglichst breit getragene regionale Vorstellung darüber abzustimmen, was unter einer anpassungsfähigen und klimaresilienten Region zu verstehen ist (Knieling 2000). Allerdings gilt es zu beachten, dass beim Einsatz stark divergierender Szenarien die Akteure in der Problemwahrnehmung überfordert werden können.

Die bis hierher ausgeführten Methoden stellen Hilfsmittel zur Unterstützung von Raumnutzern und (Fach-)Planern bei der Einschätzung von Risiken und Chancen des Klimawandels dar (vgl. Tab. 6.1). Sie können im Rahmen formeller Planungsprozesse (z. B. bei der Aufstellung eines Regionalplans) unterstützend angewendet werden. Sie können aber auch einen wichtigen Beitrag für informelle regionale Kommunikations- und Kooperationsprozesse zur Anpassung an den Klimawandel leisten. So können sie beispielsweise Gegenstand von Regionalforen, Regionalkonferenzen, Regionalen Entwicklungskonzepten und regionalen Netzwerken sein (vgl. Kemper, Schlipf 2011). Diese in § 13 ROG genannten informellen Instrumente regionaler Planung tragen dazu bei, ein breites Spektrum auch nichtstaatlicher Akteure einzubinden und dienen damit der Vorbereitung und Verwirklichung regionaler Raumordnungspläne und anderer raumbedeutsamer Pläne und Maßnahmen.

Bei Regionalkonferenzen und Regionalforen handelt es sich um Einzeltermine oder eine Reihe von Einzelterminen, bei denen unter Beteiligung vieler Akteure Themen von besonderer regionaler Relevanz behandelt werden (Zarth 1997). Sie werden häufig in Verbindung mit Regionalen Entwicklungskonzepten als deren „kommunikative Einheit" durchgeführt. Regionale Entwicklungskonzepte (REK) sind Entwicklungsinstrumente der Raumordnung, der regionalen Strukturpolitik, der europäischen Regionalpolitik und der ländlichen Regionalentwicklung. Im Rahmen der entsprechenden europäischen Förderpolitiken ist die Mittelvergabe häufig an die Erstellung Regionaler Entwicklungskonzepte gebunden. Daher genießen sie trotz ihrer fehlenden Verbindlichkeit einen hohen politischen Stellenwert. Als Handlungskonzept und Orientierungshilfe beschreiben REK das Ergebnis eines Diskussions- und Aushandlungsprozesses, bei dem regional relevante Akteure Vereinbarungen über Ziele, Maßnahmen und deren Umsetzung treffen. Obwohl es keine rechtlich definierten Anforderungen gibt, lassen sich die folgenden idealtypischen Elemente eines REK nennen: Bestandsaufnahme, SWOT-Analyse, Leitbilddiskussion, Handlungsrahmen

und daraus entwickelte Maßnahmen und Projekte. In alle diese Elemente des REK-Prozesses lassen sich neue Themen wie z. B. der Umgang mit zunehmenden Hitzeperioden oder die Anpassung landwirtschaftlicher Anbaumethoden (wie Sortenauswahl, Bewässerungstechniken und Erosionsschutz) zur Anpassung an den Klimawandel integrieren. (Knieling, Weick 2005; Keim, Kühn 2002).

Die Umsetzung von Regionalen Entwicklungskonzepten wird in der Regel durch ein Regionalmanagement gesteuert. Ein Regionalmanagement dient der Verbindung und Koordinierung regionaler Entscheidungsträger und Fachexperten in themengerichteten regionalen Netzwerken. Da die Praxis – auch aufgrund unterschiedlicher Förderansätze in den Bundesländern – vielfältige Formen des Regionalmanagements (z. B. regionales Projektmanagement, Regionalmarketing) hervorgebracht hat, lässt sich das Konzept des Regionalmanagements nicht allgemeingültig definieren. Allen Ansätzen gemein ist jedoch, dass es sich beim Regionalmanagement nicht um ein „hierarchisches Führungsinstrument, sondern um einen Modus angeleiteter Selbstorganisation handelt" (Löb 2005: 942). Regionale Organisationen, die dieses leisten (wie z. B. Regionalverbände, regionale Entwicklungsagenturen etc.), können je nachdem, unter welchen rechtlichen und politischen Rahmenbedingungen sie gegründet wurden, unterschiedliche Handlungs- und Entscheidungsspielräume entfalten (Löb 2006; Wiechmann 1998).

Auch unabhängig von der Entwicklung und Umsetzung eines REK kann ein Regionalmanagement mit seiner Dienstleistungsfunktion als Ideengeber, Berater, Moderator und Promotor regionaler Entwicklungsprozesse eine wichtige Rolle für die Anpassung an den Klimawandel auf der regionalen Ebene einnehmen. So zum Beispiel bei der Initiierung und Koordinierung regionaler Netzwerke zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels. Diese im Vergleich zum REK weniger formalisierte und stärker akteurszentrierte Variante regionaler Zusammenarbeit bietet vielfältige Möglichkeiten zur Bewusstseinsbildung und für den Erfahrungs- und Informationsaustausch. Besonderes Kennzeichen regionaler Netzwerke ist, dass sie vielfältige regionale Akteure aus unterschiedlichen fachlichen und organisatorischen Hintergründen zusammenbringen. Die offene Struktur eines Netzwerks birgt zwar die Gefahr der Unverbindlichkeit im Bezug auf die Umsetzung der gewonnenen Erkenntnisse und identifizierten Handlungsnotwendigkeiten. Über ein Netzwerk können aber neue Inhalte in bestehende regionale Strukturen integriert werden, ohne dass neue Organisationsformen geschaffen werden müssen. Die Implementierung der Inhalte hängt hier sehr stark von der Motivation und Entscheidungskompetenz der beteiligten Akteure ab (vgl. Riechel 2011; Riechel et al. 2009). Kooperative Entwicklungsprozesse sollten daher durch Anreizsysteme unterstützt werden. Denn gerade die Einführung neuer Ideen scheitert meist an fehlenden finanziellen und personellen Ressourcen. Bei Fördermittelkompetenz oder -vermittlung können entsprechende Anreizsysteme von den Regionen selbst geschaffen werden. In den meisten Fällen werden jedoch zusätzliche finanzielle oder organisatorische Leistungen von staatlicher Seite (Bund, Land) oder durch regionale Unternehmen erforderlich sein, um auf der regionalen Ebene derartige Anreize setzen zu können.

6.6 Kommunale Ebene

Die kommunale Ebene ist von den Folgen des Klimawandels in vielerlei Hinsicht direkt betroffen. Lang anhaltende Hitzewellen und extreme Niederschlagsereignisse wirken sich auf Bevölkerung und Infrastrukturen in dichten und kompakten Siedlungsgebieten, u. a. aufgrund der höheren Anzahl an Betroffenen, stärker aus als in locker bebauten und durchgrünten Räumen. Besondere Bedeutung für Siedlungsgebiete haben Überschwemmungen durch Hochwasser und Starkniederschläge, Überflutungen von Küstengebieten und die Entwicklung urbaner Hitzeinseln (Endlicher, Kress 2008). Die Bandbreite der

raumplanerischen Handlungsmöglichkeiten zum Umgang mit den Folgen des Klimawandels ist auf der kommunalen Ebene im Vergleich zu den übergeordneten Ebenen (Bund, Land und Region) größer. Im Rahmen der Deutschen Anpassungsstrategie und dem Beschluss der Bauministerkonferenz vom 14. März 2008 werden die Kommunen daher dazu aufgefordert, einen aktiven Beitrag zur Ergreifung von Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel zu leisten.

Die zukünftige Entwicklung des Klimas ist heute nur im Rahmen von Trends abschätzbar. Die Bemessung extremer Wetterereignisse ist zurzeit für die kommunalen Akteure noch nicht ausreichend beantwortet. Gerade der Umgang mit extremen Wetterereignissen ist in der Planungspraxis selten im Bewusstsein (BMVBS, BBSR 2010: 13). Dennoch gilt es, für die Bewohner lebenswerte Siedlungsstrukturen zu schaffen und diesbezüglich unter den Anzeichen des Klimawandels die zunehmende Entwicklung von Hitzeinseln im Siedlungskern zu verhindern bzw. zu mindern und für eine in Qualität und Quantität gesicherte Wasserver- und -entsorgung sowohl in Trockenzeiten als auch bei extremen Niederschlagsereignissen zu sorgen.

Hinsichtlich zunehmender Hitzebelastungen im Siedlungsbereich ist die Stadtentwicklung zukünftig stärker als bisher gefordert, dafür zu sorgen, dass

- ausreichend Frischluftschneisen zwischen funktionierenden Kaltluftentstehungsgebieten und dem Stadtkern aufrechterhalten oder durch die gezielte Nutzung von Brachflächen entwickelt werden,
- Abkühlung innerhalb des Siedlungsgebiets u. a. durch Verdunstung in Grünanlagen ermöglicht wird,
- die Erwärmung des Siedlungskörpers insbesondere der Straßenräume eingedämmt wird durch die Beschattung mit Bäumen oder die Nutzung des Albedoeffekts, indem vermehrt helle Oberflächen eingesetzt werden,
- hohe Verkehrsdichten in schwach belüfteten Bereichen (Überhitzung und Lufthygiene) vermieden werden.

Die Lage sozialer Einrichtungen wie Krankenhäuser, Kindergärten, Altersheime und Schulen in Innenstadtgebieten muss unter dem Gesichtspunkt überhitzender Stadtkerne einerseits und sozialer Integration und Teilhabe am öffentlichen Leben andererseits erörtert werden. Die Entwicklung von Klimafunktionskarten und Klimaatlanten in Städten wie Stuttgart (Klimaatlas Stuttgart), Berlin (Digitaler Umweltatlas Berlin), Frankfurt (Klimaplan Atlas Frankfurt), dem Ruhrgebiet (Klimaatlas Ruhrgebiet), Köln (Köln_21) oder Karlsruhe (ExWoSt) kann dazu beitragen, diesen Diskurs zu unterstützen und durch gezielte Maßnahmen der Stadtentwicklung und des Städtebaus Einfluss auf das Siedlungsklima zu nehmen (VDI 2008a; Frommer, Schlipf 2008).

Sowohl lang anhaltende Trockenheit als auch das vermehrte Auftreten von Extremniederschlägen beeinträchtigen die Wasserver- und -entsorgung. Schäden durch Hochwasser und Starkniederschläge können mit folgenden Strategien und Maßnahmen minimiert werden (s. a. Abb. 6.4):

- Versickerung der Niederschläge durch den Rückbau versiegelter Flächen ermöglichen
- Vermeidung der zu behandelnden Regenwassermengen durch eine angepasste Siedlungsentwässerung (z. B. Trennkanalisation)
- Schaffung multifunktional genutzter Stadträume (z. B. Freiflächen, die überflutet werden können), die neben anderen Nutzungen auch als Regenrückhalt dienen (Benden, Siekmann 2010; Kaiser 2006)

Um diesen Herausforderungen zu begegnen und entsprechende Anpassungsleistungen planerisch zu konkretisieren, stehen auf der kommunalen Ebene mit der Bauleitplanung die erprobten Instrumente der Flächennutzungsplanung und Bebauungsplanung zur Verfügung. In diesem Rahmen verfügt die kommunale Planung über vielfältige Möglichkeiten, Anpassungsmaßnahmen bauleitplanerisch festzusetzen (vgl. Tab. 6.2). Im Gegensatz zur Regionalplanung trifft die kommunale Planung dabei parzellenscharfe Festlegungen und stimmt konkurrierende Belange auf diesen Flächen ab, um die „Anliegen des Bauens" zu koordinieren (Goppel 1999: 97).

Die bauleitplanerischen Oberziele in § 1 Abs. 5 Satz 2 BauGB und die Planungsgrundsätze in § 1 Abs. 6 Nr. 7a und 7c BauGB verpflichten die Kommunen in der Bauleitplanung, auf die Auswirkungen ihrer Planung u. a. auf die Schutzgüter Klima und Luft im Rahmen der Umweltprüfung und weiterer Begleitgutachten einzugehen und im Umweltbericht zu dokumentieren. Eine Möglichkeit der Steuerung in den Bauleitplänen ist die Festlegung von Art und Maß der baulichen Nutzung innerhalb des Geltungsbereichs des Plans. (Fleischhauer, Bornefeld 2006; Lülf 2008; MKULV NRW 2010; Staiger 2011).

Auf der Ebene der Bebauungspläne kann zudem auf die Bauweise Einfluss genommen werden, indem beispielsweise Festlegungen zur Dachneigung oder zur Ausstattung der Kellergeschosse getroffen werden können. Zur Sicherung der Belüftungsachsen können dort Höhenbegrenzungen, Grünflächenausweisungen, Bepflanzungen oder Dachbegrünungen festgelegt werden. Gerade die Dach- und Fassadenbegrünung hat mehrere Funktionen, indem sie die Wärmedämmung ergänzt, Lebensraum für Pflanzen und Tiere ist, Regenwasser zurückhält und das Kleinklima verbessert (Baumüller 2008). Weiterführende Vereinbarungen können Kommunen im Rahmen Städtebaulicher Verträge und Vorhabenbezogener Bebauungspläne treffen, indem sie die Vertragspartner dazu verpflichten können, vorbereitende Untersuchungen (z. B. zum Stadtklima), Entsiegelungsmaßnahmen und Bepflanzungen durchzuführen und aufgrund der Bebauung zusätzlich entstehende Folgekosten der Kommune für Infrastrukturmaßnahmen zu tragen. Der Vorhabenbezogene Bebauungsplan (§ 12 BauGB) eröffnet der Kommune Möglichkeiten, über den vorgeschriebenen Festsetzungskatalog (§ 9 Abs.1 BauGB) für Bebauungspläne hinaus detailliertere Vereinbarungen und Festlegungen zu treffen. Die konkrete Darstellung des Vorhabens im Vorhaben- und Erschließungsplan ermöglicht die Bewertung der klimatischen Auswirkungen des Baukörpers auf die Umgebung (Staiger 2011: 84).

Neben neu geplanten Flächen, auf die Einfluss genommen werden kann, bleibt im Rahmen der Bauleitplanung der Großteil der bestehenden Siedlungsfläche unberührt. Das Schadenspotenzial in bestehenden Siedlungsbereichen ist gerade bei Starkniederschlägen oder Hitzewellen besonders hoch. Hier können Instrumente wie Stadtumbaumaßnahmen (§ 171 a–d BauGB), städtebauliche Sanierungsmaßnahmen (§ 136 BauGB) und die private Mitverantwortung der Stadtentwicklung (§ 171 f BauGB) genutzt werden, um die bioklimatischen Verhältnisse positiv zu beeinflussen (Janssen 2010). Im Zuge von Stadtumbaumaßnahmen können Städte die Chance nutzen, versiegelte Flächen rückzubauen. Ein Entsiegelungsgebot für dauerhaft nicht mehr genutzte Flächen nach § 179 BauGB kann durchgesetzt werden, wenn dies der Umsetzung eines Bebauungsplans dient. Mit einer Baumschutzsatzung können Kommunen den Beitrag des Baumbestandes im bestehenden Siedlungsgebiet zu einem besseren Siedlungsklima sichern.

Die Relevanz des Klimawandels für die Bauleitplanung orientiert sich an der bodengebundenen Nutzung. Grün- und Freiflächen haben die wichtige Funktion der Regenwasserspeicherung, der Grundwasserneubildung, der Reduktion des Wärmeinseleffekts, des thermischen Wohlbefindens, der Kaltluftproduktion, des Filterns der Luftschadstoffe, der Erholung und der Holzproduktion (Baumüller 2008). Das Leitbild des Stuttgarter FNP 2010 lautet deshalb „kompakt, urban, grün" und verfolgt eine nachhaltige und umweltgerechte

Entwicklung. Aufgrund der Kessellage Stuttgarts spielen die „Halbhöhenlagen" eine besondere Rolle für das Stadtklima. Diese wurden in einem gesonderten Rahmenplan 2007 gesichert. Zum Teil wurden dort sogar zukünftige Baumöglichkeiten zurückgenommen (Baumüller 2008).

Ein weiterer wichtiger Faktor auf kommunaler Ebene ist die Beteiligung und Information von Entscheidungsträgern und der Bevölkerung. Denn die Verwundbarkeit durch die Folgen des Klimawandels wird hier auf der kommunalen Ebene sichtbar und erfahrbar. Gerade in der Umsetzung von Planungen durch Bauherren wird die Verantwortung an Private übertragen. Unter dem Gesichtspunkt der zunehmenden Wahrscheinlichkeit extremer Wetterereignisse und zunehmender Schadenspotenziale sind private Bauherren gefordert, Vorsorge zu leisten. Die Informations- und Beteiligungsmöglichkeiten auf regionaler Ebene werden in Kap. 6.5.2 vertieft beschrieben. Die meisten dieser Ansätze können generell auch auf die kommunale Ebene übertragen werden. So bieten sich der Einsatz informationsbasierter Instrumente und unterstützender Bewertungsmethoden (vgl. auch Tab. 6.1) ebenso für die kommunale Ebene an. Auch Szenario- und Leitbildprozesse können hier eingesetzt werden ebenso wie alle erprobten Methoden der Bürgerbeteiligung (Bürgerforen, Planungswerkstätten u. a.) zur lokalen Auseinandersetzung mit dem Themenkomplex „Klimawandel – Folgen – Anpassungsbedarf – Anpassungsoptionen" Einsatz finden können.

Die Befassung mit den Folgen des Klimawandels wird von den Kommunen bisher als eine rein freiwillige Aufgabe betrachtet. Allerdings sieht § 1 Abs. 6 BauGB vor, dass „gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse und die Sicherheit der Wohn- und Arbeitsbevölkerung" bei der Aufstellung der Bauleitpläne berücksichtigt werden müssen. Werden die möglichen Auswirkungen des Klimawandels ernstgenommen, bedeutet dies, dass Kommunen im Rahmen der Bauleitplanung dazu verpflichtet sind, die negativen Folgen des Klimawandels in ihre Planungen einzubeziehen. Oft sind Kommunen mit dieser Aufgabe finanziell und personell überfordert. Nur größere Städte waren bisher in der Lage, aufgrund ihrer breiteren Verwaltungskapazität sich mit neuen umweltthematischen Aufgaben auseinanderzusetzen. Die Auseinandersetzung mit den bestehenden Pflichtaufgaben und den vorhandenen finanziellen Engpässen führt dazu, dass die Kommunen selten die Initiative von sich aus ergreifen können. Oft wird dabei vernachlässigt, dass es um die Gewährleistung des Gemeinwesens geht. Bereits heute sind viele öffentliche Haushalte von den Folgen zunehmender Extremwetterereignisse belastet. Die zeitliche Dimension und die Bandbreiten der Klimawandelprojektionen führen in vielen Kommunen dazu, den Bedarf, vorsorgend zu handeln, gegenüber akuten Problemlösungen zurückzustellen. Auch schwächere Kommunen dazu zu befähigen, sich der Herausforderung „Klimawandel" zu stellen, muss in der Zukunft noch intensiver betrachtet werden. Die Bündelung kommunaler Interessen und Ressourcen durch die Erarbeitung gemeinsamer Lösungen im Rahmen regionaler Abstimmungsprozesse (vgl. Kap. 6.5.2) bietet hier Chancen.

Einen entsprechenden staatlichen Anreiz zur Auseinandersetzung mit der Herausforderung der Klimaanpassung auf der kommunalen Ebene setzten beispielsweise BMVBS und BBSR mit der Ausschreibung des Programms „Urbane Konzepte zum Klimawandel" im Rahmen des Experimentellen Wohnungs- und Städtebaus (ExWoSt). Nach der Ausschreibung von KlimaExWoSt im September 2009 wurden für den Forschungsschwerpunkt „Kommunale Strategien und Potenziale zum Klimawandel" bundesweit neun Modellprojekte ausgewählt. In Bezug auf die lokalen Potenziale des jeweiligen Modellraums sollen bis Anfang 2012 Erkenntnisse gewonnen und Maßnahmen initiiert werden, wie eine klimagerechte Stadtentwicklung den Ursachen und Folgen des Klimawandels durch urbane Konzepte begegnen kann. Wesentliches Forschungsziel sind „Kommunale Aktionspläne Klimaanpassung" (BBSR 2011b).

Tab. 6.2: Beispiele für Festsetzungsmöglichkeiten für Anpassungsmaßnahmen im Rahmen der Bauleitplanung

Maßnahmenbereich	Regelungsgegenstand	Rechtsgrundlage
Flächennutzungsplan		
Freihalten von Luftleitbahnen, Kaltluftentstehungsflächen (z. B. Hänge von hangparalleler Riegelbebauung freihalten)	Darstellung von Grünflächen	§ 5 (2) Nr. 5 BauGB
	Darstellung von Wasserflächen	§ 5 (2) Nr. 7 BauGB
	Darstellung von Flächen für die Landwirtschaft und für Wald	§ 5 (2) Nr. 9 BauGB
	Darstellung von Flächen und Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft	§ 5 (2) Nr. 10 BauGB
Freihalten von Flächen zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen	Immissionsschutz	§ 5 (2) Nr. 6 BauGB
Standortentscheidungen für soziale Infrastrukturen	Flächen für Einrichtungen des Allgemeinbedarfs	§ 5 (2) Nr. 2a BauGB
Hinweis auf das Erfordernis einer baulichen Vorsorge gegenüber Naturgefahren auf besonders gefährdeten Flächen	Kennzeichnung der Flächen mit Gefährdungspotenzial durch Naturgefahren (Überschwemmung, Steinschlag)	§ 5 (3) Nr. 1 BauGB
Überschwemmungsgebiete, Fachplanerische Festlegungen (Wasserwirtschaft, Luftreinhaltepläne etc.)	Nachrichtliche Übernahmen der festgesetzter Überschwemmungsgebiete	§ 5 (4a) BauGB
	Hochwasserschutz, Gewährleistungen des Wasserabflusses	§ 5 (2) Nr. 7 BauGB
Bebauungsplan		
Verringerung der baulichen Verdichtung	Festsetzung der Mindestmaße von Baugrundstücken	§ 9 (1) Nr. 3 BauGB
Freihalten von Luftleitbahnen, Kaltluftentstehungsflächen	Festsetzung von Flächen, die von Bebauung freizuhalten sind, und ihrer Nutzung	§ 9 (1) Nr. 10 BauGB
	Festsetzung öffentlicher und privater Grünflächen	§ 9 (1) Nr. 15 BauGB
	Festsetzung von Wasserflächen	§ 9 (1) Nr. 16 BauGB
	Festsetzung von Flächen für die Land- und Forstwirtschaft	§ 9 (1) Nr. 18 und 18a BauGB
	Festsetzung von Flächen und Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft	§ 9 (1) Nr. 20 BauGB

Maßnahmenbereich	Regelungsgegenstand	Rechtsgrundlage
Bebauungsplan		
Verbesserung des Kleinklimas und Verminderung der Erwärmung	Pflanzgebote und Bindungen für Bepflanzungen, die Erhaltung von Bäumen, Sträuchern, Dach- und Fassadenbegrünung, sonstigen Bepflanzungen und Gewässern	§ 9 (1) Nr. 25 BauGB
	Festsetzung von Fassadenmaterial, Fassadenfarbe etc.	Gestaltungs-satzungen
Lokalklimatische Bedeutung der Fläche hervorheben	Begründung des Bebauungsplans zu den betreffenden Flächen	§ 9 (8) BauGB
Naturgefahrenvorsorge	Flächen mit Gefährdungspotenzial durch Naturgefahren (Überschwemmung, Steinschlag)	§ 9 (5) Nr. 1 BauGB
Verbesserung bzw. Ermöglichung der Versickerung	Festsetzen von Flächen für die Abfall- und Abwasserbeseitigung, einschließlich Rückhaltung und Versickerung von Niederschlagswasser	§ 9 (1) Nr. 14 BauGB
Hochwasserschutz und Regelung des Niederschlagsabflusses	Festsetzung von Flächen für Hochwasserschutzanlagen und Regelung des Wasserabflusses	§ 9 (1) Nr. 16 BauGB
Überschwemmungs-gebiete, Fachplanerische Festlegungen	Nachrichtliche Übernahme aus der Wasserwirtschaft	§ 9 (6a) BauGB

Quellen: Eigene Darstellung (nach Lülf 2008; MKULV NRW 2010; Fleischhauer, Bornefeld 2006)

6.7 Zum Verhältnis von Raumplanung und Fachplanung im Kontext der Anpassung an den Klimawandel

Die Folgen des Klimawandels wirken sich auf verschiedene Ressorts der Fachplanung unterschiedlich aus. Hier kommt der Raumordnung als koordinierende räumliche Gesamtplanung, die die verschiedenen Ansprüche der raumbedeutsamen Fachplanungen gegeneinander und untereinander abstimmen soll, eine besondere Rolle zu, indem sie Flächen für Planungen und Vorhaben der Fachplanung sichert und auf ihre Raumverträglichkeit überprüft.

Die Herausforderungen, die der Klimawandel mit sich bringt, erfordern gegebenenfalls eine Neuorientierung der Ressortpolitiken, wie sie auch in der Deutschen Anpassungsstrategie (Bundesregierung 2008) beschrieben werden, und somit auch der ressortorientierten Fachplanungen. Dementsprechend gibt es im Bezug auf die Anpassung an die Folgen des Klimawandels zwischen Raumplanung und Fachplanungen noch Abstimmungsbedarf in den verschiedenen Zuständigkeitsbereichen. Aufgrund der zu erwartenden Folgen des Klimawandels wird eine enge Zusammenarbeit zwischen der Raumordnung und der Fachplanung v. a. hinsichtlich der folgenden Aufgaben erforderlich sein:

- Vorbeugender Hochwasserschutz und Küstenschutz
- Grundwasserschutz

- Landschaftsplanung und Naturschutz
- Luftreinhaltung und Klimaschutz
- Land- und Forstwirtschaft
- Verkehr
- Ver- und Entsorgung
  - Energieversorgung
  - Wasserbewirtschaftung
  - Abwasser- und Abfallwirtschaft

In den o. g. Bereichen wird die gesamträumliche Planung Informationen vonseiten der Fachplanung aufnehmen, auswerten und gegenüber anderen Nutzungsinteressen koordinierend durch Festlegungen in Landesentwicklungsplänen, Regionalplänen und Bauleitplänen steuern. Beispielsweise kann die Regionalplanung für besonders verwundbare Nutzungen, wie kritische Infrastrukturen oder potenziell gefährliche Nutzungen aufgrund extremer Wetterereignisse (wie Kläranlagen oder Deponien), Restriktionen festlegen oder für den Hochwasserschutz Flächen freihalten. Die Fachplanungen hingegen sind als sektoral ausgerichtete räumliche Planungen sind v. a. maßnahmenorientiert und beschränken sich auf ihre fachspezifischen Kompetenzen (Fürst 2010: 28). Durch ihre sektorale Ausrichtung sind Fachplaner auf ihren Gebieten Experten. Zum Teil hat das Fachrecht aber auch die Möglichkeit, Flächen für bestimmte Funktionen zu sichern. So kann die Wasserwirtschaft Überschwemmungsgebiete (z. B. HQ 100) festsetzen. Über diese Flächen hinaus kann die Raumordnung abgestimmt mit anderen Belangen Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für den Hochwasserschutz sichern (BMVBS 2010a: 81).

Wenn für bestimmte Herausforderungen keine fachplanerischen Zuständigkeiten bestehen, ist die räumliche Gesamtplanung gefordert, diese raumbedeutsamen Aufgaben zu übernehmen. Ein Beispiel, das im Zuge des Klimawandels an Bedeutung gewinnen wird, ist die Auseinandersetzung mit siedlungsklimatischen Zusammenhängen. Diese sind bisher noch keiner formellen Fachplanung direkt zugeordnet. Hier ist die räumliche Gesamtplanung gefordert, diese fachspezifischen Aussagen zu treffen (VDI 2008a). Insbesondere die Nutzung regenerativer Energien fordert eine raumplanerische Steuerung, die Fachgutachten miteinbezieht (s. a. Kap. 5 sowie Vallée 2011: 588).

Gemäß § 4 Abs. 1 und 3 ROG haben die Fachplanungsträger die Ziele der Raumordnung zu beachten. Umgekehrt werden im Falle der Erforderlichkeit eines Raumordnungsverfahrens alle eingebrachten Fachbelange von der für das Verfahren zuständigen Behörde gegeneinander abgewogen. Ein Raumordnungsverfahren ist dann erforderlich, wenn bezogen auf ein geplantes überörtlich raumbedeutsames Einzelvorhaben in den formellen Raumordnungsplänen keine entsprechenden Ziele enthalten sind. In diesem Fall soll geprüft werden, ob das Vorhaben mit den Erfordernissen der Raumordnung vereinbar ist. Hierzu werden Gutachten und Stellungnahmen von den Fachplanungsträgern eingeholt (Höhnberg 2005; Vallée 2011: 577). Durch die Integration der Fachbelange in die formelle, räumliche Gesamtplanung gewinnt die Fachplanung an zusätzlicher rechtlicher Verbindlichkeit, auch wenn sie sich in einem „raumordnerischen Gesamtkonzept" einordnen muss. Im Gegenzug müssen das Ergebnis eines Raumordnungsverfahrens und alle dort eingebundenen Fachbelange in den nachfolgenden Fachverfahren berücksichtig werden (Goppel 1999: 98).

In verschiedenen fachplanungsrelevanten Bereichen findet bereits eine Auseinandersetzung mit der Frage statt, wie die Veränderungen durch den Klimawandel in die Vorhabenplanung einbezogen werden können. Folgende Bereiche der Fachplanung werden nun exemplarisch beschrieben:

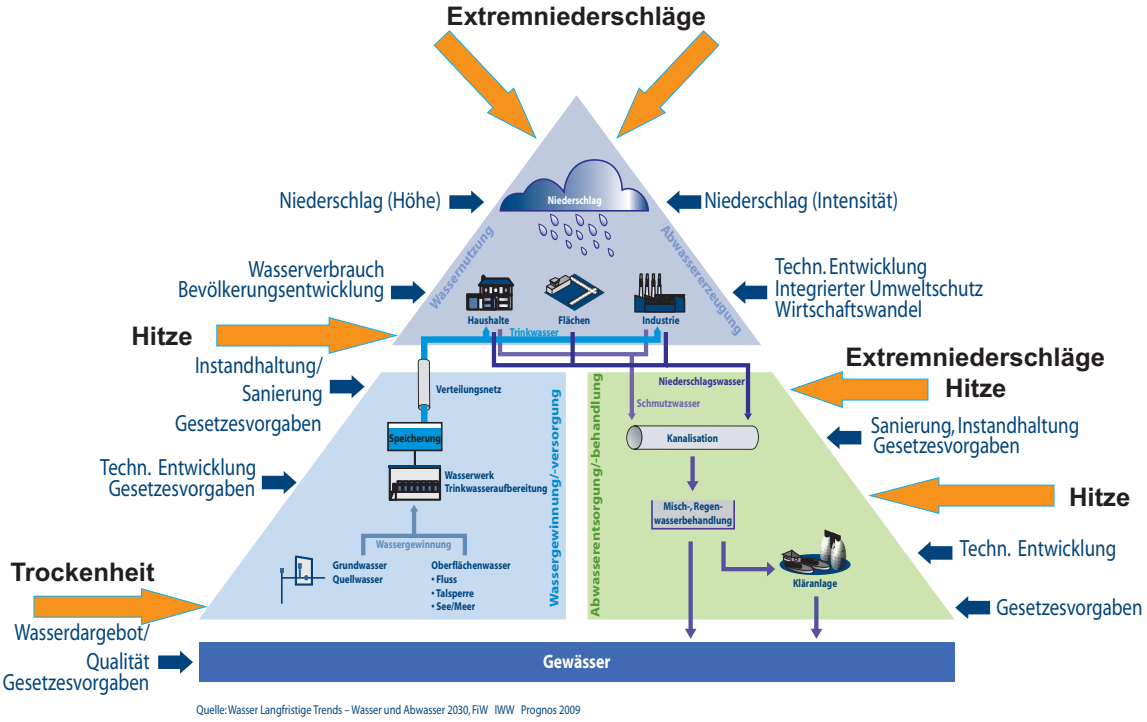
- (Vorsorgender) Hochwasserschutz
- Naturschutz und Landschaftsplanung
- Land- und forstwirtschaftliche Planung
- Brand- und Katastrophenschutz

6.7.1 Vorsorgender Hochwasserschutz

Im Gegensatz zur Regional- und Bauleitplanung, die sich an administrativen Grenzen orientieren, sind die naturräumlichen Bezugsräume mancher Fachplanung im Umgang mit dem Klimawandel angemessener. So legt beispielsweise die Wasserwirtschaft bei der Erstellung der Hochwasserrisikomanagementpläne (§ 75 WHG) und der Bewirtschaftungspläne (§ 83 WHG) für die Flussgebiete den gesamten Raum der Flusseinzugsgebiete als Bezugsraum zugrunde.

Gerade im (vorsorgenden) Hochwasserschutz wurden Ansätze entwickelt, wie mit der unsicheren Entwicklung des Ausmaßes zukünftiger Hochwasserereignisse umgegangen werden kann. Aufgrund des z. T. konkreten Umsetzungsbezuges spielen Orientierungswerte dabei eine wichtige Rolle. Das bisherige Vorgehen im Hochwasserschutz war dadurch geprägt, dass Bemessungen anhand vergangener Ereignisse vorgenommen wurden. Der Dynamik des Klimawandels wurde in diesem Zusammenhang nicht Rechnung getragen. Es wird zurzeit erörtert, wie vermehrt auftretende Starkniederschlagsereignisse in der Regenwasserbewirtschaftung und Hochwasserrisikoplanung miteinbezogen werden können. Im raumbezogenen Wasserrecht werden in der Anwendung der europäischen Richtlinien (EU-Wasserrahmenrichtlinie und Hochwasserrisikomanagementrichtlinie) bereits erste Ansätze der vorsorgenden Planung – bezogen auf mögliche zukünftige Entwicklungen der Hochwasserstände aufgrund des Klimawandels – umgesetzt. Mit dem Beschluss der MKRO im Jahr 2000 zum vorbeugenden Hochwasserschutz durch die Raumordnung wurden Vorschläge zur Festlegung geeigneter Kategorien für den vorsorgenden Hochwasserschutz in Raumordnungsplänen beschlossen. Durch die Ausweisung von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten zum vorbeugenden Hochwasserschutz wird eine Bindungswirkung für die untergeordnete Bauleitplanung entfaltet, die es ermöglicht, diese Flächen von weiterer Bebauung freizuhalten (Vallée 2011: 590). Das Beispiel Hochwasserschutz zeigt allerdings auch, dass in den einzelnen Bundesländern unterschiedliche Bewertungsmaßstäbe gesetzt werden, wie mit der zu erwartenden Variabilität in den Wasserabflüssen umgegangen werden kann. So bewegt sich die Bemessungsgrundlage für Maßnahmen des technischen Hochwasserschutzes zwischen HQ 100 und HQ 200. In Köln wird sogar in einer Erläuterungskarte das HQ 1.000 angegeben. Für die Erstellung der Gefahrenkarten für die Hochwasserrisikopläne wird gemäß § 74 WHG eine Bemessung des HQ 100 zugrunde gelegt. In Bayern und Baden-Württemberg wurde beispielsweise zur Bemessung zukünftiger Hochwasserschutzmaßnahmen ein „Klimaänderungsfaktor“ eingeführt (Göttle, Joneck 2009: 14; DWA 2010). Zudem werden nichttechnische Elemente des Hochwasserrisikomanagements (der Hochwasservorsorge) und ein integriertes Niedrigwassermanagement an Bedeutung gewinnen (DWA 2010). Abbildung 6.4 beschreibt mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf verschiedene Komponenten der Siedlungswasserwirtschaft und nennt Ansatzpunkte für Gegenmaßnahmen.

Abb. 6.4: Auswirkungen des Klimawandels auf die Siedlungswasserwirtschaft



Quelle: DWA 2010: 17

6.7.2 Naturschutz und Landschaftsplanung

Während in der Wasserwirtschaft die Auseinandersetzung mit den Folgen des Klimawandels bereits dazu geführt hat, die Bemessungsgrundlagen zu verändern, wird in anderen Ressorts noch erörtert, wie mit den Veränderungen umgegangen werden kann, die aufgrund des Klimawandels zu erwarten sind. So werden bspw. im Naturschutz unterschiedliche Ansätze diskutiert, mithilfe derer die sich verändernden Lebensräume geschützt werden könnten (Haber et al. 2010: 380). Einerseits wird die Reduzierung aller Belastungs- und Gefährdungssituationen von Naturgütern und der biologischen Vielfalt durch die Bewahrung vorhandener Biotope und deren Vernetzung gefordert (Möckel, Köck 2009). Andererseits soll das auf der FFH-Richtlinie und der Vogelschutz-Richtlinie basierende Schutzgebietsnetzwerk Natura 2000 dynamischer gestaltet werden. Die Ausweisung von sog. Natura-2000-Erwartungsgebieten, die aufgrund ihrer Eignung als potenzielles Schutzgebiet wandernden Arten vorgehalten würden, wäre eine Möglichkeit, andernorts verschwundenen Arten einen Lebensraum zu ermöglichen (Hendler et al. 2010). Heiland und Kowarik weisen zudem auf die Bedeutung von Schutzgebieten als Monitoringflächen hin, auf denen die Veränderungen der Lebensgemeinschaften als Bezugsräume beobachtet werden können (Heiland, Kowarik 2008).

Naturschutz und Landschaftsplanung dienen nicht nur dem Naturschutz und dem Schutz der Artenvielfalt, sondern gemeinsam mit Luftreinhalteplänen und Lärmminderungsplänen nach § 47 und 47e des BImSchG auch der Verbesserung des lokalen Klimas und der Stärkung der Erholungsfunktion. Landschaftsprogramme und Landschaftsrahmenpläne (§ 15 und 16 BNatSchG) sind die planerischen Instrumente des Naturschutzes zur Verwirklichung der Ziele und Grundsätze des BNatSchG (Weiland, Wohlleber-Feller 2007: 36). Die Landschaftsplanung ist aus siedlungsklimatischen Gesichtspunkten von Be-

deutung und stellt eine wichtige Planungsgrundlage für die Ausweisung in Regionalplänen dar, indem dort neben anderen naturschutzrelevanten Belangen Kalt- und Frischluftentstehungsgebiete sowie Luftleitbahnen benannt und verortet werden können (BMVBS 2010a: 79). Jedoch trifft die Landschaftsplanung nicht immer ausreichende Aussagen hinsichtlich des Siedlungsklimas. Viele Städte und Regionen haben in der Zwischenzeit daher die Erhebung von Datengrundlagen in Auftrag gegeben, die der räumlichen Gesamtplanung helfen sollen, die Siedlungsentwicklung siedlungsklimatisch optimal zu steuern. Ein Beispiel hierfür stellt die „Klimafibel – Ergebnisse der Klimaanalyse für die Region Bodensee-Oberschwaben und ihre Anwendung in der regionalen und kommunalen Planung" dar (Regionalverband Bodensee-Oberschwaben 2010).

6.7.3 Land- und forstwirtschaftliche Planung

Die Land- und forstwirtschaftliche Nutzung hat einen großen Anteil an der Landnutzung in Deutschland. Planungen bezüglich der von ihr bewirtschafteten Flächen sind im Umgang mit dem Klimawandel von hoher Relevanz, indem sie durch veränderte Bewirtschaftungsmöglichkeiten eine Frühwarnfunktion übernehmen (Rannow, Finke 2008: 57). Im Zuge der Vereinfachung der „Cross Compliance" zur Einhaltung von Umweltstandards in der Land- und Forstwirtschaft spielen Klimawandel, Wasserwirtschaft und biologische Vielfalt zunehmend eine bedeutendere Rolle (Haber et al. 2010, EG 2003). Die „Gute landwirtschaftliche Praxis" gibt Bewirtschaftungsstandards als Grundlage der land- und forstwirtschaftlichen Förderung vor. Beispielsweise werden Vorgaben zum Erosionsschutz gemacht.

6.7.4 Brand- und Katastrophenschutz

Durch die zunehmende Wahrscheinlichkeit von Extremwetterereignissen wird ein planerisches Risikomanagement erforderlich. Insbesondere sind hier standortgebundene und kleinräumig begrenzte Naturgefahren von hoher Relevanz (Überschwemmungen, Waldbrände, Stürme, Berg- und Erdrutsche). Sowohl in der Erfassung der räumlichen Gefährdung als auch in der Erfassung konfliktträchtiger Raumnutzungen treten Akteure des Brand- und Katastrophenschutzes zunehmend in den Vordergrund. Durch ihre stärkere Einbindung wird im Ereignisfall die Reaktion auf diese Extremwetterereignisse verbessert (BMVBS 2010a: 82).

6.7.5 Schlussfolgerungen zum Verhältnis von Raumplanung und Fachplanung

Allgemein lässt sich konstatieren, dass sich die einzelnen Fachressorts im Umgang mit den Folgen des Klimawandels auf ihre sektoralen Problemfelder konzentrieren. Wenn sie keine oder unwesentliche Flächenansprüche stellen und keine neuen flächenbezogenen Nutzungszuordnungen erzeugen, ergeben sich keine raumbedeutsamen Konflikte und somit kein gesamträumlicher Koordinierungsbedarf. In der Regel führen strategische Vorüberlegungen in den Fachressorts zu konkreten Maßnahmen, deren Genehmigung in vielen Fällen über Planfeststellungsverfahren erfolgt (Franck, Peithmann 2010). Im Gegensatz zur Raumplanung, die auf der Ebene der Ministerien als Querschnittsaufgabe über vergleichsweise wenig Ressourcen verfügt, haben die Fachressorts aufgrund der Fachpolitiken Regelsysteme mit einem größeren Einfluss auf die räumliche Entwicklung (Fürst 2010: 36 f.). In vielerlei Hinsicht wird jedoch eine sektorübergreifende Sichtweise gefordert, die die Wechselbeziehungen, Synergien und Zielkonflikte koordiniert. Betrachtet man das Argument, die Raumplanung sei als Querschnittsdisziplin geeignet, kostenwirksame Anpassungsmaßnahmen über Flächensicherung zu beeinflussen, wird es zukünftig erforderlich sein, ressortübergreifende Aufgaben zu fördern und durchzusetzen (Haber et al. 2010).

6.8 Fazit

Raumplanung kann wesentlich dazu beitragen, die einschneidenden Veränderungen im Raum, die der Klimawandel bewirken wird, zu erkennen, zu bewerten, entsprechende Anpassungsoptionen zu identifizieren und Rahmen für deren Umsetzung zu geben. Auf den unterschiedlichen planerischen Ebenen, von der übergeordneten Raumordnung bis zur kommunalen Bauleitplanung sowie im Rahmen der engen Abstimmung mit den raumrelevanten Fachplanungen, verfügt die Raumplanung über zahlreiche Einflussmöglichkeiten zur Anpassung an den Klimawandel. Sie kann dabei ein umfangreiches formelles und informelles Instrumentarium einsetzen, welches im Sinne einer „transformellen Koordinierung" (Kufeld 2010) eng miteinander verzahnt werden muss, um die jeweiligen Stärken abgestimmt nutzen zu können.

Formelle Planungsinstrumente können einen wichtigen Beitrag zur räumlichen Strukturierung des Anpassungsprozesses leisten. Sie dienen im Sinne der raumplanerischen Ordnungsfunktion v. a. der Flächenvorsorge (Freiraumschutz und -sicherung, vorbeugender und technischer Hochwasserschutz, Wasserbewirtschaftung, Sicherung von Leitungstrassen, Verkehrsinfrastruktur) und tragen zur Gestaltung von Raumstruktur und Raumfunktion bei. So sind die Ausweisung von Flächen zur Abwehr oder zum Auffangen der Folgen von Naturereignissen vor Ort (wie z. B. Freihaltung von lawinengefährdeten Flächen), die Ausweisung von Flächen zur Vermeidung oder Minderung von Risiken anderenorts (wie z. B. die Schaffung von zusätzlichen Retentionsflächen) sowie die Freihaltung von Flächen zur Frischluftversorgung wichtige Einflussmöglichkeiten der Raumplanung für den Umgang mit den Auswirkungen des Klimawandels. Mit der Planung künftiger Siedlungs- und Freiraumstrukturen stößt die formelle Raumplanung allerdings an ihre Grenzen – v. a. der Einfluss auf den Bestand ist äußerst gering.

Informelle Ansätze, die die Entwicklungsfunktion von Raumplanung und entwicklung in den Vordergrund rücken und dazu beitragen, ein vielfältiges Spektrum an unterschiedlichen Akteuren einzubinden, bieten hier weitere Chancen. In der zusätzlichen Kopplung mit ökonomischen Instrumenten wie z. B. einer Versicherungspflicht in hochwassergefährdeten Gebieten können sie einen wichtigen Beitrag dazu leisten, auf konkrete Problemsituationen aufmerksam zu machen, dabei ein Bewusstsein für die Auswirkungen des Klimawandels zu schaffen, Anpassungsoptionen aufzuzeigen und Handlungsanreize zu setzen.

Sicher ist daher, dass ein hoher Abstimmungs- und Koordinierungsbedarf mit vielfältigen Akteuren besteht, um der Herausforderung des Klimawandels im Sinne einer ganzheitlichen Strategie begegnen zu können (vgl. auch Kap. 7 in diesem Band). Ganzheitlich heißt hier, von den unterschiedlichen Betroffenheiten ausgehend vertikal und horizontal zwischen verschiedenen (wirtschaftlichen) Sektoren und räumlichen Ebenen zu vermitteln. Ganzheitlich heißt aber auch, die Anpassung an den Klimawandel integriert mit Klimaschutzerfordernissen und anderen den Raum und die Infrastrukturen betreffenden Veränderungsprozessen anzugehen. Von der Raumplanung werden daher in Zukunft noch höhere Koordinationsleistungen verlangt.

Nicht immer ist die Raumordnung bei Klimaschutz und -anpassung und bei der koordinierten Interaktion zwischen den Fachbehörden bzw. auch anderen Organisationen der zentrale Akteur. Aufgrund ihrer übersektoralen Sichtweise und ihres konkreten räumlichen Bezugs ist aber gerade die Raumplanung dafür prädestiniert, zum Promotor regionaler und lokaler Klimaschutz- und Klimaanpassungskonzepte zu werden. Allerdings müssen die Institutionen der Raumplanung über die entsprechenden Ressourcen und Kapazitäten verfügen, um diese Aufgaben leisten zu können.

7 Klimaanpassung durch strategische Regionalplanung?

Enke Franck, Mark Fleischhauer, Birte Frommer, Dirk Büscher

7.1 Einführung

Regionen werden unterschiedlich von den Folgen des Klimawandels berührt. Ihre Verwundbarkeiten ergeben sich durch die unterschiedlichen Naturräume und die bestehenden Raumnutzungen, -funktionen und -strukturen. Dicht besiedelte wirtschaftsstarke Agglomerationen werden dabei genauso wie ländliche Räume von schleichenden Klimaveränderungen (wie dem Anstieg der Jahresmitteltemperaturen oder dem Meeresspiegelanstieg) einerseits und von der zunehmenden Häufigkeit und Intensität von einzelnen Extremwetterereignissen (z. B. Starkregen) andererseits betroffen sein (Jacob 2009). Die im Rahmen der Klimafolgenforschung identifizierten Klimaveränderungen machen daher abgestimmte Anpassungsstrategien und -maßnahmen auf allen institutionellen Ebenen notwendig – neben den Maßnahmen zur Verminderung des Klimawandels (Overbeck et al. 2008; ARL 2007; IPCC 2007e). Klimaschützende Maßnahmen sind demnach weiter zu intensivieren, jedoch ist die Bedeutung von parallel zu entwickelnden Anpassungsmaßnahmen an die nicht vermeidbaren Veränderungen des Klimas noch stärker ins Bewusstsein von Politik, Wirtschaft und Gesellschaft zu rücken. Die Herausforderung, bei einer nicht abschließend prognostizierbaren Zukunft Entscheidungen und Handlungen zu befördern, lässt Kommunikation, Verhandlung und Kooperation an Bedeutung gewinnen. Für die Raumplanung ergeben sich hier neue Aufgaben. Vor allem für die Regionalplanung und -entwicklung gilt es, neue Leitbilder und Ziele für eine klimawandelgerechte Zukunft ihrer Region zu definieren, um die Anpassungskapazität vor Ort entscheidend zu erhöhen und gleichzeitig die Umsetzungsbereitschaft für Anpassungsmaßnahmen zu fördern (Greiving, Fleischhauer 2008; Frommer 2010a: 52). Eine frühzeitige Entwicklung, Umsetzung und Anwendung von Anpassungsstrategien scheint somit schon wegen der notwendigen Vorlaufzeit zur Anpassung von Raumstrukturen geboten, zumal es darum geht, Risiken zu minimieren und die Entwicklungschancen durch den Klimawandel offensiv und pro-aktiv zu nutzen (Overbeck et al. 2008: 364). Dabei rückt die Diskussion um die „strategische Planung“ vermehrt in den Fokus der wissenschaftlichen Betrachtung. Leistungsfähige Strategien sollen und können zu einer effektiveren Planungspraxis führen, um dem Klimawandel zu begegnen (Wiechmann 2008; Wiechmann, Hutter 2010: 7; Frommer 2010a; Hutter 2010; Hamedinger et al. 2008).

7.2 Klimaanpassung als strategische Herausforderung

Die Notwendigkeit zur Anpassung an den Klimawandel ist in Politik und Gesellschaft weitgehend unbestritten und auch die Raumwissenschaften haben die räumlichen Konsequenzen des Klimawandels als Handlungserfordernis erkannt (Franck, Overbeck 2012). Dennoch haben bislang die Bemühungen um Anpassungsplanungen zur Klimavorsorge, abgesehen von den inzwischen gängigen Festsetzungen für Hochwasser-ereignisse, die Praxis – mit Ausnahme von Projekten im Rahmen aktueller (Forschungs-)Förderprogramme – noch nicht erreicht (vgl. BMVBS 2010b; BMVBS, BBSR 2010; Overbeck et al. 2009; Ritter 2007: 537). Auch von Bund und Ländern wird der Raumplanung für die Anpassung

an den Klimawandel eine strategisch wichtige Rolle zugewiesen (Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel der Bundesregierung (2008), Beschluss zu Raumordnung und Klimawandel der MKRO (2009)). Denn die Anpassung an den Klimawandel betrifft fast alle Politikbereiche und hängt von vielfältigen Rahmenbedingungen ab (z. B. demografischer Wandel und Schrumpfungsprozesse, Umbau der Energiesysteme). Eine Koordinierung der verschiedenen Fachplanungen und -politiken durch die Querschnittsdisziplin Raumplanung wäre somit dringend erforderlich (vgl. Bundesregierung 2008). Gleichzeitig nehmen integrierte Planungsansätze auf regionaler Ebene an Bedeutung zu.

7.2.1 Nationale Strategien europäischer Staaten zur Anpassung an den Klimawandel aus Perspektive der Raumplanung

Eine Analyse ausgewählter nationaler Strategien europäischer Staaten zur Anpassung an den Klimawandel aus der Perspektive der Raumordnung bzw. Raumentwicklung (BMVBS 2010c)[1] hat indes gezeigt, dass der Raumplanung als Akteur bislang nur eine sehr untergeordnete Rolle beigemessen und sie als ein betroffener Sektor unter vielen eingeordnet wird. Der größtenteils geringe Fokus auf Raumplanung als Akteur hat womöglich damit zu tun, dass die überfachliche Koordinationsfunktion von Raumplanung, aber auch der spezifische Auftrag der Ordnung und Sicherung des Raumes bundesdeutscher Prägung in Europa keine sehr weite Verbreitung hat.

In der Ausgangslage bestehen sowohl hinsichtlich der Betroffenheit als auch der Anfälligkeit gegenüber dem Klimawandel große regionale Unterschiede in Europa. Ein Zusammenhang zwischen der Tiefe nationaler Anpassungsstrategien und der Betroffenheit bzw. Anfälligkeit der untersuchten Länder ist aber nicht erkennbar. Interessanterweise ist Klimaanpassung gerade in jenen Ländern ein Thema für Raumplanung bzw. Raumentwicklung, bei denen lediglich von moderaten Klimafolgen auszugehen ist, wie in Großbritannien, Finnland oder den Niederlanden. In den stärker betroffenen Ländern wie Polen, Spanien und Griechenland spielen Raumplanung und Raumentwicklung im nationalen Anpassungsprozess eine nur untergeordnete Rolle. Dieses Phänomen lässt sich vermutlich in erster Linie auf unterschiedliche Planungskulturen zurückführen. Großbritannien und die Niederlande können als Vorreiter bei der Rolle der Raumplanung im Klimaanpassungsprozess betrachtet werden, gleichwohl sie unterschiedliche Planungskulturen repräsentieren. Gemeinsam ist beiden Ansätzen, dass sie Anpassung als Querschnittsaufgabe betrachten, die mit einem sektorübergreifenden Ansatz erfüllt werden muss (Greiving, Fleischhauer 2012).

Des Weiteren hat die Ländervergleichsstudie gezeigt, dass Raumplanung potenziell Beiträge sowohl zur Anpassung an durch den Klimawandel verschärfte Extremereignisse als auch an schleichende Veränderungen leisten kann. Allerdings existiert in keinem der untersuchten Länder bislang eine umfassende und integrierte Strategie zur raumbezogenen Klimaanpassung. Das gesamteuropäische Bild in dieser Hinsicht setzt sich vielmehr aus einzelnen Teilen eines Puzzles zusammen. Hier wird insbesondere für die Weiterentwicklung der Territorialen Agenda der EU die Notwendigkeit gesehen, den Querschnittscharakter von Klimaanpassungsmaßnahmen sowie das diesbezügliche gestalterische Potenzial von Raumplanung und Raumentwicklung stärker in den Vordergrund zu heben (ebd).

In Bezug auf den Umgang mit dem Klimawandel stellt diese Situation die Regionalplanung vor eine besondere Herausforderung. Denn es ist offensichtlich, dass bzgl. Strategien und Leitbildern einerseits, deren räumlichen Konsequenzen andererseits sowie zwischen den einzelnen Handlungsbereichen Unterschiede und zum Teil auch Konflikte bestehen

[1] Weiterführende Informationen: BBSR 2010c.

(vgl. auch Kap. 5.8 in diesem Band). Anpassungsmaßnahmen einzelner Sektoren ergänzen sich nicht immer und können „neue" räumliche Ansprüche mit sich bringen. Strategien, die für den einen Handlungsbereich besonders geeignet erscheinen, können daher nicht ohne Weiteres auf andere Handlungsbereiche übertragen werden (u. a. Franck, Overbeck 2012; Frommer 2009).

7.2.2 Umgang mit Unsicherheiten als besondere Herausforderung für die Planungspraxis

Unter den besonderen Herausforderungen, die der Klimawandel an die räumliche Planung stellt, wird oftmals von Politik und Wissenschaft der Umgang mit der fehlenden Gewissheit über die zukünftigen Klimaauswirkungen an erster Stelle genannt. Diese Unsicherheiten ergeben sich durch (vgl. Witte 2007; Walkenhorst, Stock 2009; Kap. 2 und 4 in diesem Band):

- Unsicherheiten der Klimaprojektionen sowie der zukünftigen globalen Emissionsentwicklung,
- die unbekannte Eintrittswahrscheinlichkeit prognostizierter Auswirkungen,
- ein unbekanntes Ausmaß sowie unbekannte Intensität und Bedeutung der Auswirkungen,
- die im Detail heute ebenfalls unbekannten und wohl auch in Zukunft schwer erfassbaren Wechselwirkungen zwischen einzelnen Bereichen (z. B. im Landschaftswasserhaushalt),
- den langfristigen Zeithorizont des Klimawandels und seiner Folgen (im Vergleich zu den üblichen Zeithorizonten der Planung und Entscheidungshorizonten von Politik),
- die ebenen- und sektorübergreifenden Wirkungsgrade mit einer Vielzahl an Akteuren unterschiedlicher Interessen und Hintergründe sowie Administrationsebenen.

Alle Unsicherheiten betreffen dabei sowohl den Prozess der Entscheidungsfindung als auch die Bestimmung des Planungsziels.

Demgegenüber steht der Anspruch der Regionalplanung nach richtungssicheren Trendaussagen, belastbaren Datengrundlagen, regional zugeschnittenen Handlungsfeldern und Bedrohungslagen. Die regionalen Klimamodelle können diese Erwartungen der Planung zzt. eher nicht erfüllen. Zwar gelten die groben Trends (zunehmend nasse Winter, zunehmend trockenere Sommer, 2–3 °C Temperaturanstieg im Jahresmittel) als weitgehend gesichert, die Abweichungen einzelner regionaler Klimamodelle (wie WETTREG, CLM, REMO u. a.) können bei den kommunalen Entscheidern aber zu Verunsicherungen führen (Buchholz et. al 2010; Franck, Peithmann 2010: 13) und lassen die Folgewirkungen des Klimawandels in der Planungsregion nicht immer klar erkennen.

Zudem lassen sich aus den Klimamodellen selbst für die Raumplanung und die Fachplanungen unmittelbar noch keine Handlungserfordernisse ableiten. Zunächst sind Abschätzungen zur Gefährdung und zu den Kapazitäten zum Umgang mit der Gefährdung (Vulnerabilitätsanalysen, vgl. Kap. 3 in diesem Band) der Region erforderlich. Der Raumplanung kann hierbei eine Informationsfunktion zukommen: Sie kann z. B. durch entsprechende Karten die Öffentlichkeit und die Fachplanungen über raumrelevante Risiken informieren (vgl. Kap. 3 und 6 in diesem Band). Aus Perspektive der räumlichen Planung ist die Identifizierung und Abgrenzung von Gefahrenzonen von grundsätzlicher Bedeutung. Gefährdungen wie Überschwemmungen sind aus raumbezogener Sicht letztlich nichts anderes als Raumnutzungen, die in Konkurrenz zu anderen Nutzungen stehen (Overbeck et al. 2008).

Die Anpassung an den Klimawandel erfordert eine vorausschauende langfristige Planung weit über die politisch üblichen raumplanerischen Betrachtungshorizonte hinaus, denn viele der projizierten Auswirkungen werden erst in der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts deutlich bemerkbar sein (vgl. Overbeck et al. 2008: 368; Greiving, Fleischhauer 2008: 65 ff.). Üblicherweise haben Raumordnungs- und Flächennutzungspläne eine Geltungsdauer von 10 bis 15 Jahren, wobei die Planungshorizonte in der Raumplanung für die meisten Zielfestlegungen nicht näher definiert sind. Sie ergeben sich aus der Natur der Sache unterschiedlich. Die langfristigen Klimaprojektionen beziehen sich hingegen auf Zeithorizonte von mindestens 50 bis 100 Jahren. Die aus dem Klimawandel resultierenden besonderen Anforderungen an eine langfristige Vorausschau werden den Entscheidungsträgern ein folglich ungewohntes Maß an Weitblick abfordern (vgl. Franck, Peithmann 2010: 16).

Der Wandel der klimatischen Bedingungen stellt für die Raumplanung auch insofern eine besondere Herausforderung dar, als der praktische Umgang mit Risiken weitgehend fehlt (Greiving, Fleischhauer 2008: 64) und bislang kaum Erfahrungen mit der Anwendung des bestehenden Instrumentariums auf die neuen Herausforderungen der Anpassung existieren (Frommer 2010a: 51). Auch die entsprechende Weiterentwicklung der planerischen Instrumente ist bislang wenig erprobt.

Trotz oder auch gerade wegen dieser Unsicherheiten besteht die Notwendigkeit zur frühzeitigen Anpassung an den Klimawandel. Wichtig wäre es für die Raumplanung daher, pragmatisch vorzugehen und das heute bereits vorhandene Wissen zu nutzen, um die Handlungen daran anzupassen und Strategien zu entwickeln, die sich an neuere Erkenntnisse anpassen lassen. Auch wenn die Klimaforschung mit ihren Modellrechnungen in den letzten Jahren immer genauer geworden ist, so bleiben sie dennoch Projektionen mit Unsicherheiten. Damit die in absehbarer Zukunft sicherlich nicht ausräumbaren Unsicherheiten nicht zu einer Blockierung des Anpassungsprozesses führen, sollte insgesamt weniger negativ von Unsicherheiten, sondern positiv von Bandbreiten und robusten Trends gesprochen werden. Denn bei Aufgaben mit großen Ungewissheiten, unvollkommenen Informationen und vielen zu erwartenden Konflikten macht es wenig Sinn, alle organisatorischen Einzelheiten im Vorhinein festlegen zu wollen. Aufbau und Ablauf müssen so einfach wie möglich gestaltet werden, damit Beweglichkeit in der Behandlung auch überraschend auftauchender Probleme entsteht und erhalten bleibt (Buchholz et al. 2010; Dessai et al. 2009; Franck, Peithmann 2010: 13 f.; Scholl 2005: 1127).

Ein gesellschaftliches Bewusstsein für eine Betroffenheit von Raumnutzungen, -funktionen und -strukturen gegenüber dem Klimawandel und das Einbeziehen von Unsicherheiten und Überraschungen sollten daher das erste Zwischenziel einer Anpassungsstrategie sein (Knieling 2009).

7.3 Klimaanpassung durch strategische Regionalplanung

Die Anpassung von Raumstrukturen benötigt bei der Zielsetzung der Risikominimierung und offensiven Nutzung von Entwicklungschancen eine lange Vorlaufzeit aufgrund der in der Raumplanung oftmals großen Zeitspannen zwischen raumbedeutsamen Entscheidungen und ihren Wirkungen/Umsetzungen (Becker et al. 2008: 346; Scholl 2005: 1123). Daher ist es besonders beim Umgang mit dem Klimawandel notwendig, klare Leitbilder zu entwickeln, die zu eindeutigen Zielsetzungen führen, auf denen aufbauend konkrete Maßnahmen erarbeitet werden können. Hierdurch werden politische Schwerpunkte gesetzt, die letztlich abgestimmte Ergebnisse eines fachlichen und administrativen Diskussionsprozesses sind (vgl. Greiving 2011). Leitbilder helfen dabei, Ziele anschaulich und greif-

barer zu machen, öffentlichkeitswirksam zu einem „Wir-Gefühl" beizutragen und somit eine erleichterte Mobilisierung und Einbindung von Akteuren zu begünstigen. Insbesondere bei großen Umbrüchen und Herausforderungen – wie dem Klimawandel – gewinnen Leitbilder daher an Bedeutung, um Orientierung bei veränderten Rahmenbedingungen zu geben (Kuder 2008: 184). Hierfür müssen anstelle der bislang sehr allgemeinen Aussagen vieler Strategiepapiere vielmehr konkrete Aussagen für eine bestimmte Region getroffen werden – nur dann können sie in konkreten Maßnahmenvorschlägen münden (Palmer et al. 2009).

Leitbilder und ihre Prozesse nehmen aufgrund ihrer oftmals in konsensualen Beteiligungsprozessen entwickelten Handlungsorientierungen und politischen Wertvorstellungen auch in der strategischen Planung eine wichtige Rolle ein.

7.3.1 Verständnis strategischer Planung

Der Begriff der strategischen Planung wird in der deutschen Raumplanung unterschiedlich verwendet. Er umfasst sowohl Management- als auch Governance-Ansätze und steht zumeist im Zusammenhang mit dem Wandel des Steuerungsverständnisses auf lokaler und regionaler Ebene. Vielfach wird darunter aber schlicht Planung verstanden, die langfristig ausgelegt ist und übergeordneten oder konzeptionellen Charakter besitzt (Greiving 2011). Als Gegensatz zur strategischen Planung wird die operative projektorientierte Planung ohne Langfristperspektive gesehen, die Gefahr läuft, ein Nebeneinander unkoordinierter Projekte zu produzieren (vgl. ebd.; Zimmermann 2010: 144).

Der Fokus indes auf eine stärkere Gewichtung der Entwicklungsfunktion der Raumplanung und die Umsetzungs- und Prozessorientierung ist den verschiedenen Sichtweisen zur strategischen Planung gemein. Der Umgang mit begrenzten Mitteln sowie mit Risiko und Überraschung spielt dabei eine zentrale Rolle (Greiving 2011; Hamedinger et al. 2008; Scholl 2005; Wiechmann, Hutter 2010).

So definiert die ARL (2011: 2) strategische Regionalplanung als einen dreistufigen und eng verzahnten Planungsprozess aus

- „Leitbildern/Zielen/Vorstellungen,
- Konzept/Plan und
- Umsetzung, die dauerhafter und prozessorientierter angelegt ist, als in der Vergangenheit",

dessen Hauptanspruch darin besteht, Orientierung zu vermitteln und eine langfristige strategische Ausrichtung der Regionalentwicklung zu bewirken.

Hinsichtlich des wesentlichen Umsetzungsbezuges wird in der strategischen Planung oftmals mit Szenarien gearbeitet. Szenarien weisen dabei nicht den Weg in eine bestimmte Zukunft, sondern stellen mögliche Entwicklungspfade vor (vgl. Frey et al. 2008: 25). In diesem Zusammenhang ist auch die Dynamisierung der Strategieentwicklung zu sehen (Altrock 2008: 79). Das Ziel eines festen strategischen Plans, von dem nicht mehr abgewichen wird, wird aufgegeben zugunsten eines sich im Lernprozess verändernden Ziels.

Kühn (2010) sieht strategische Planung daher auch als einen permanenten Lernprozess an, der im Rahmen eines politisch getragenen Diskurses über die fachlichen Aufgaben der Planungsadministration hinausgeht. In diesem Sinne erfolgt die strategische Planung als Prozess, der gemeinsam mit betroffenen Akteuren entwickelt und umgesetzt werden muss, um Akzeptanz und Nachhaltigkeit zu erreichen (Scholl 2005). Dabei helfen schrittweise realisierbare Lösungen, Risiken zu begrenzen. Zentrales Element einer strategischen

Planung nach diesem Verständnis ist daher der durch einen kooperativen Diskurs beförderte Lernprozess, der zur Erweiterung der Wissensbasis aller Akteure beiträgt und zudem deren Ansicht und Werthaltung beeinflusst (Frommer 2010b). Die entstehende Strategie wird dabei zu einem Rahmen gebenden Element bzw. Muster und kann ihre Wirkung auch indirekt über die Handlung der einzelnen Akteure entfalten.

Grundsätzlich ist strategische Planung also als Erweiterung der klassischen Planung mit einem deutlichen Umsetzungsbezug vor dem Hintergrund der aktuellen Herausforderungen zu sehen (s. Tab. 7.1). Insbesondere auf der regionalen Ebene wird vermehrt versucht, integrierte Strategien zu entwickeln, die langfristige Perspektiven im Blick haben. Damit wird das Ziel einer verbesserten Wahrnehmung, einer aktiveren Rolle sowie einer größeren Akzeptanz verfolgt. Der strategischen Regionalplanung kommt eine tragende Rolle für eine aktive Regionalentwicklung durch die Formulierung von Leitbildern, Zielen und Umsetzungskonzepten zu. Ziele und Grundsätze der Raumordnung werden dabei aus den Leitbildern und Entwicklungszielen abgeleitet. Hinsichtlich der begleitenden Governance-Strukturen verlangt eine auf Akzeptanz ausgerichtete strategische Regionalplanung Partizipation sowie Kooperation (ARL 2011).

Tab. 7.1: Bausteine der Regionalplanung in Deutschland

	Inhalte	**Strukturen**	**Umsetzung**
Entwicklungsaufgabe	Raumanalysen Identifikation von Entwicklungspotenzialen	Partizipation und Kooperation Leitbilddiskussion Regionalkonferenzen	Sektorale Konzepte Anhörung / Beteiligung Teilraumgutachten
Ordnungsaufgabe	Regionalplanerische Ziele und Grundsätze Regionalplan	Formale, legitimierte Entscheidungsstrukturen Öffentliche Sitzungen Gegenstromprinzip	Raumbeobachtung Monitoring Durchsetzung der Ziele
Mehrwert der strategischen Regionalplanung	Vision Leitbild Handlungskonzept	Governance Strategische Partnerschaften Zivilgesellschaftliche Einbindung Zukunftsperspektive	Umsetzungskonzept Leuchtturmprojekte Budget Einbeziehung relev. Träger

Quelle: Verändert nach ARL 2011

7.3.2 Klimaanpassung durch strategische Prozesse

Vor dem Hintergrund der wesentlichen Elemente „Prozess“, „Governance“ und „zielorientierter Umsetzungsbezug“ wird die strategische Regionalplanung auch über die raumordnungspolitischen Leitbilder hinaus im Zusammenhang mit den Herausforderungen des Klimawandels genannt. Denn grundsätzlich soll der Prozess der Strategieentwicklung neue Perspektiven eröffnen und Lösungsansätze für bestehende, sich herausbilden-

de oder erwartete neue Probleme wie die Anpassung an den Klimawandel ermöglichen (Hutter 2010: 197). Das Ziel der Anpassungsstrategien ist es dabei, die Verwundbarkeit von Gesellschaft und Raum zu minimieren (Frommer 2009; Overbeck et al. 2008).

Bislang weist die formelle Raumplanung systemimmanente Schwächen auf, die notwendigen Regelungen für die Anpassung an den Klimawandel entgegenstehen. So ist die überörtliche Raumordnung nicht umsetzungsorientiert und verfügt im Gegensatz zu den Fachplanungen auch nicht über eigene investive Mittel. Zudem ist die Raumplanung auf zukünftige Entwicklung ausgelegt und verfügt kaum über Möglichkeiten, auf den vorhandenen baulichen Bestand einzuwirken. Gerade aber der Bestand wird von den Folgen des Klimawandels betroffen sein (Knieling 2011: 249). Demgegenüber kann aber eine rein operative projektorientierte Planung ohne Langfristperspektive keine Lösung sein. Eine erfolgreiche Anpassung an die Folgewirkungen des Klimawandels ist als „Flickenteppich" punktueller Einzelmaßnahmen nicht denkbar. Die Anpassung der Raumnutzungen und Siedlungsstrukturen sollte also ganzheitlich gelingen. Dieser zielorientierte Ansatz ist maßgeblich dafür, dass nicht nur einzelne Flächen, sondern ganze Regionen ihre Entwicklungsperspektive und Leistungsfähigkeit erhalten können (Ertl 2010: 39; Overbeck et al. 2008: 380).

Vor diesem Hintergrund kann also eine strategische Regionalplanung durch ihren überfachlichen und überörtlichen Charakter mithilfe eines informellen Regionalentwicklungs- oder Leitbildprozesses konsensual getragene Ansätze zur Planung und Umsetzung hervorbringen.

Besonders mit Blick auf den Klimawandel bietet es sich an, öffentlichkeitswirksam mit Szenarien – im Sinne von verschiedenen denkbaren Zukünften – zu arbeiten und damit alternative Lösungsmöglichkeiten zu entwickeln (Albert et al. 2011). Szenarien eignen sich für Regionen im Klimawandel besonders, um sich mit der Bandbreite möglicher Veränderungsprozesse auseinanderzusetzen und dabei auch Tabuthemen ansprechen zu können, wie z. B. die möglicherweise erheblichen Auswirkungen des Meeresspiegelanstiegs auf die Küstengebiete (BMVBS, BBSR 2010: 86).

Akzeptanz ist ein wesentlicher Baustein der strategischen Planung. Bezüglich der Klimaanpassung lässt sich konstatieren, dass gerade hier die Akzeptanz von bzw. das Verständnis für möglicherweise unpopuläre Maßnahmen elementar ist. Denn die Ziele und Maßnahmen zur Anpassung werden auf Basis von Projektionen und unter Unsicherheit über Eintrittswahrscheinlichkeit und Ausmaß getroffen (BMVBS, BBSR 2010: 87). Diskurs und Kooperation sind demnach Voraussetzung für eine erfolgreiche Umsetzung der gesteckten Ziele.

Über das Erfordernis regionaler Anpassungsstrategien an den Klimawandel besteht sowohl in der Fachliteratur als auch auf übergeordneter politischer Ebene weitgehend Einigkeit. So enthalten Politikdokumente, die auf die Anpassung an die räumlichen Folgen des Klimawandels abzielen (wie z. B. das EU-Weißbuch zur Anpassung an den Klimawandel, die Deutsche Anpassungsstrategie oder die einzelnen Anpassungsstrategien der Bundesländer), neben der Nennung sektoraler Anpassungserfordernisse zumeist auch Abschnitte, in welchen explizit die Notwendigkeit einer regionalen Klimafolgenbetrachtung und eines Herunterbrechens der Umsetzungsaufgabe von Anpassungsmaßnahmen auf die regionale und lokale Ebene behandelt wird. Die Forschungsförderung zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels nimmt ebenfalls verstärkt Regionen und Kommunen in den Fokus (wie die aktuellen Forschungs- und Förderprogramme von BMBF, BMVBS, BMU, BMZ zeigen; s. Kap. 7.4).

7.3.3 Prozessmodelle regionaler Anpassungsstrategien

Um dieser wichtigen Umsetzungsebene von Regionen und Kommunen Hilfestellungen zu bieten, wurden in den vergangen Jahren von verschiedenen Seiten Prozessmodelle und Leitfäden zur Entwicklung, Umsetzung und Anwendung lokaler bzw. regionaler Anpassungsstrategien erarbeitet. Zu nennen sind hier beispielsweise:

- Die sehr umfassenden und als wissenschaftliche Artikel ausgearbeiteten „Adaptation Policy Frameworks". Diese beziehen sich auf die internationale Ebene und den Kontext der Entwicklungszusammenarbeit und wurden im Auftrag des United Nations Development Programmes erstellt (Lim, Spanger-Siegfried 2004).
- Die „Guidelines for the elaboration of Regional Climate Change Adaptation Strategies", die für die regionale Ebene in Europa im Auftrag der EU-Kommission, DG Environment, erarbeitet wurden (Ribeiro et al. 2009). Diese Guidelines beruhen auf der Auswahl und Auswertung von in der EU bereits existierenden regionalen Anpassungsstrategien und der Analyse entsprechender existierender Richtlinien und Leitfäden.
- Das im Rahmen einer Dissertation ausgearbeitete Prozessmodell „Strategiezyklus Klimawandelanpassung in Regionen" (Frommer 2010a). Dieses erweitert die klassischen linearen Planungsschritte, die aus raumplanerischer Sicht für regionale Anpassungsstrategien abgeleitet werden können, um die eingehende Betrachtung von regionalen Akteuren, ihren Rollen und Beziehungen zueinander.
- Der „Adaptation Wizard", der als internetbasiertes Entscheidungsunterstützungssystem hauptsächlich mit Fokus auf Kommunen und Unternehmen die Realisierung von Anpassungsstrategien voranbringen soll (UKCIP 2010). Der Adaptation Wizard wurde im Rahmen des britischen Programms UKCIP (UK Climate Impacts Programme) erstellt. In Großbritannien wurde er bereits mehrfach praktisch angewendet und auf Basis der dabei gemachten Erfahrungen weiterentwickelt.

Auch wenn sich die Anzahl der in diesen Modellen und Leitfäden beschriebenen Schritte und damit die Detailschärfe unterscheidet, ist allen Ansätzen gemein, dass sie die Strategieentwicklung, Umsetzung und Anwendung als einen zyklischen Prozess beschreiben: Basierend auf einer Bestandsaufnahme, in der die zu erwartenden Klimaveränderungen und ihre Auswirkungen auf das Bezugssystem analysiert werden, folgt die Erörterung von Vulnerabilitäten sowie von möglichen Risiken und Chancen, die durch den Klimawandel auftreten können. Danach erfolgt die Identifizierung geeigneter Anpassungsmaßnahmen, deren Realisierung und im Idealfall ein Schritt des Monitorings und Controllings über den Erfolg und die Wirkung der Maßnahmen.

Die Praxis zeigt, dass das Thema „Anpassung an die Folgen des Klimawandels" in einigen Regionen Deutschlands zwar ansatzweise behandelt wird; eine intensive Auseinandersetzung mit dem strategischen Umgang der Regionalplanung bislang hingegen fast ausschließlich in den Regionen, die im Rahmen von Bundes- und EU-Programmen gefördert werden, erfolgt (BMVBS, BBSR 2010: 89). Hiermit beschäftigt sich der folgende Abschnitt.

7.4 Exkurs: KlimaMORO – Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel

Derzeit werden in Deutschland in vielen Forschungs- und Umsetzungsprojekten Strategien zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels entwickelt; zu nennen sind hierbei in erster Linie die Forschungsprojekte in den BMBF-Fördervorhaben klimazwei sowie KLIMZUG, die Modellvorhaben der Raumordnung (MORO) „Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel" (KlimaMORO) sowie von einzelnen Ländern initiierte Aktivitäten, wie z. B. der niedersächsische Forschungsverbund KLIFF oder der Leitfaden Stadtklima sowie die Anpassungsstrategie aus Nordrhein-Westfalen. In den nächsten Jahren sind hier für die jeweiligen Arbeits- bzw. Untersuchungsregionen konkrete Ergebnisse zu Anpassungsstrategien und -maßnahmen zu erwarten.

Im April 2009 starteten die KlimaMORO-Vorhaben, in denen regionale Klimaschutz- und Klimaanpassungsstrategien unter dem Einsatz bestehender und neuer raumbezogener Instrumente und Methoden in acht Modellregionen entwickelt werden. Ausgangspunkt ist die zentrale Rolle der Stadt- und Raumentwicklung für Schutz, Sicherung und nachhaltige Entwicklung der Siedlungs-, Verkehrs- und Freiraumstruktur sowie der natürlichen Ressourcen. Diese Rolle wird der Stadt- und Raumentwicklung auch hinsichtlich konkreter Maßnahmen in Regionen und Städten zugeordnet. Dabei werden formelle, insbesondere aber auch informelle Instrumente eingesetzt, um für die fachpolitischen Sektoren übergreifend Vulnerabilitäten zu bewerten, den intersektoralen Dialog zur Entwicklung konkreter Anpassungsmaßnahmen zu moderieren und integrierend resiliente und damit klimawandelangepasste Raumstrukturen zu fördern (BBSR 2011c).

Gemeinsames Ziel der acht Modellvorhaben ist es, regionale Klimawandelstrategien und erste Umsetzungsschritte zu formulieren. Die Erarbeitung von Vorschlägen zur Weiterentwicklung raumordnerischer Instrumente und Methoden auf Basis der in einer Vorstudie erarbeiteten Analyse zum Stand „Regionalplanung und Klimawandel" steht dabei im Mittelpunkt. Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf der Ausarbeitung weitergehender Lösungsansätze zum Umgang mit Unsicherheit und Komplexität. Weitere Ziele sind die Stärkung der Position der Regionalplanung in regionalen Governance-Prozessen, u. a. durch den Aufbau regionaler Netzwerke zum Thema Klimawandel, und die Weiterentwicklung des in einer Vorstudie erarbeiteten integrierten regionalen Handlungsrahmens Klimaanpassung (sog. „Blaupause"; BMVBS, BBSR 2009). Die Modellregionen Vorpommern, Havelland-Fläming, Westsachsen, Oberes Elbtal/Osterzgebirge, Mittel- und Südhessen, Nordschwarzwald/Mittlerer Oberrhein (s. a. nachfolgendes Praxisbeispiel), Region Stuttgart und Neumarkt in der Oberpfalz haben bis 2011 eine regionale Klimawandelstrategie erarbeitet und erste Umsetzungsschritte durchgeführt. Dies umfasste einerseits die Weiterentwicklung regionalplanerischer Instrumente im Zusammenspiel mit den fachplanerischen Instrumenten sowohl im Hinblick auf vorhandene Instrumente (Regionalpläne) als auch in Richtung weitergehender Maßnahmen (z. B. Climate Proofing, teilregionale Zielvereinbarungen). Andererseits ging es auch um die Aufnahme von Klimaanpassungsmaßnahmen in die Fortschreibung der Regionalpläne (BBSR 2011c).

Die bisherige Arbeit hat bereits folgende wichtige Erkenntnisse hervorgebracht (BBSR 2011c):

- Vorhandene Unsicherheiten dürfen nicht dazu führen, dass mit dem Handeln gewartet wird.
- Robuste Trendaussagen sollen die Betroffenheitswahrnehmung und damit den Handlungsdruck bei Politik und Bevölkerung erhöhen.

- Eine Flexibilisierung der Instrumente ist erforderlich, um auch auf neue Erkenntnisse und Entwicklungen reagieren zu können.
- Die Abstimmung zwischen Regionalplanung und Kommunen ist zu verbessern.
- Die Integration von Festlegungen zu Klimaschutz und Klimaanpassung sollte sich auf die Ziele der Raumordnung konzentrieren.
- In den Modellregionen hat sich gezeigt, dass Vulnerabilitätsanalysen, die die Verwundbarkeit einer Region gegenüber Klimaänderungen darstellen, eine wichtige Basis bilden.
- Die Einführung neuer Raumkategorien wird überwiegend abgelehnt und stattdessen die Anpassung bestehender Kategorien bevorzugt.
- Diskutiert wird außerdem die Einführung einer multifunktionalen Kategorie zur Ausweisung von Gebieten mit besonderen Klimafunktionen.
- Eine ausschließliche Beschränkung auf die formellen regionalplanerischen Instrumente wird als nicht ausreichend angesehen.
- Regionale Netzwerke zum Thema Klimawandel sind notwendig. Es erscheint Erfolg versprechend, dazu auf bestehende Netzwerke zurückzugreifen und eine breite Öffentlichkeitsarbeit zu betreiben. Zudem sollte die kommunale Ebene direkt miteinbezogen werden.

Der Erfolg der o. g. Modellvorhaben wird sich auch daran messen lassen müssen, ob sich jenseits von Unsicherheit und Komplexität schon erste konkrete Meilensteine für den Aktionsplan Anpassung zur Deutschen Anpassungsstrategie abzeichnen und darüber hinaus „Anpassung an die Folgen des Klimawandels“ zu einem in der räumlichen Planung bewusst wahrgenommenen Thema wird – eine Voraussetzung zur Entwicklung einer regionalplanerischen Strategie.

Das Praxisbeispiel „Anpassung von Siedlungsräumen an Hitzestress“ beschreibt beispielhaft einen Ansatz der KlimaMORO-Vorhaben aus der Modellregion Nordschwarzwald/Mittlerer Oberrhein.

Praxisbeispiel: Anpassung von Siedlungsräumen an Hitzestress; Ansätze und Erfahrungen aus dem Modellprojekt der Raumordnung „Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel“ der Modellregion Nordschwarzwald/Mittlerer Oberrhein

Problemstellung

- Hitzestress in stark verdichteten Räumen (Karlsruhe, Pforzheim) stellt schon heute für die Regionen eine Herausforderung dar (Wohlbefinden, Lebensqualität etc.).
- Die Klimamodelle gehen davon aus, dass der Anteil an extremen Hitzetagen weiter steigen wird (von heute ca. 35 Tagen bis auf max. 50 Tage) und damit die Problemkonstellationen zunehmen werden.
- Wichtige bioklimatische Bereiche, Wärmeinseln in den Städten und Kaltluftentstehungsgebiete sowie Abflussgebiete sind zu identifizieren und im Hinblick auf die Anpassungsrelevanz zu bewerten.
- Empfindliche Nutzungen wie Krankenhäuser, aber auch Stadtquartiere mit empfindlichen Bewohnern (Altersstruktur) müssen identifiziert und an die Herausforderung angepasst werden.
- Die Verzahnung von Bauleitplanung und Regionalplanung muss zur Anpassung erreicht werden.

Lösungsansätze

- Ein fach- und maßstabsübergreifendes Akteursnetzwerk ist zu implementieren. Traditionelle Fachdisziplinen wie Stadtplanung und Regionalplanung sind abzustimmen und mit Experten aus den Bereichen Gesundheit und Einzelhandel etc. zusammenzubringen.
- Das Verständnis für klimatologische Zusammenhänge und davon abhängigen planerischen Entscheidungen ist auf verschiedenen Akteursebenen (Öffentlichkeit, Politik, Planer) zu wecken bzw. anzureichern.
- Die bauleitplanerischen sowie regionalplanerischen Instrumente sind möglichst aufeinander abzustimmen und inhaltlich zu schärfen (Beispiel Regionale Grünzüge).

Umsetzung

Der Modellraum Nordschwarzwald/Mittlerer Oberrhein hat sich im Zuge der MORO-Vorhaben u. a. mit den Anpassungserfordernissen der gewachsenen und verdichteten Siedlungskörper in der bereits heute schon wärmsten „Ecke“ Deutschlands beschäftigt. Eine weitere Verschlechterung des Siedlungsklimas durch Zunahme der Hitzebelastung im gesamten Oberrheingraben und im Verdichtungsraum Pforzheim/Mühlacker ist zu erwarten. Die Verschlechterung der Wohnqualität bislang klimatisch günstiger Siedlungsstandorte und Überlastungssituationen an Standorten mit heute bereits ungünstiger Ausgangslage sind wahrscheinlich.

Die Modellregion hat zunächst ein sog. Klimadokument erstellt. In diesem wurden die (bereits vorhandenen) Informationen zu den erwarteten Klimaänderungen

in Baden-Württemberg systematisiert zusammengestellt. Die Zusammenstellung erfolgte unter dem Fokus der planerischen Relevanz der Klimadaten und der Wiedergabe der möglichen zu erwartenden Veränderungen aufgrund unterschiedlicher Klimamodelle und deren Szenarien.

Zur weiteren fachlichen Anreicherung des Ausgangswissens der in den Prozess eingebundenen Akteure verschiedener Ebenen und Disziplinen wurde eine Analyse der klimaökologischen Funktionen in den Modellregionen durchgeführt. Diese Klimaanalyse gibt Aufschluss (räumliche Zuordnung, Mächtigkeit und Strömungsgeschwindigkeit) über die Kaltluftentstehungsgebiete, den Verlauf der Kaltluftbahnen und die Reichweite der Kaltluftströme in den Siedlungsgebieten. Identifiziert werden können so nicht durchlüftete Bereiche im Siedlungsbestand, wichtige (freizuhaltende) Kaltluftentstehungsgebiete sowie Kaltluftbahnen.

Insbesondere für das Verstehen von Wirkungszusammenhängen und der Erläuterung der Wertigkeit einzelner Gebiete und Flächen wurde eine Übersetzungshilfe erarbeitet. Komplizierte klimatische Prozesse werden anhand von Beispielen erläutert, um so die Transparenz und Umsetzung der fachlichen Erkenntnisse in planerische und politische Entscheidungen effektiv unterstützen zu können.

Die planungsrelevanten Folgen des Klimawandels im Bereich Bioklima und Anpassungsnotwendigkeiten können auf der Grundlage des Inputs aufgezeigt werden. Für die eigentliche Umsetzung wurde ein dialogorientierter Prozess initiiert. Die Betroffenheiten sind auf alle Planungsebenen und eine breite Palette von Fachbereichen mit unterschiedlichen Kompetenzen, Ressourcen und Entscheidungsmöglichkeiten verteilt. Entsprechend wird ein kohärentes Handeln der beteiligten Akteure durch folgende methodische Bausteine angestrebt:

- Gemeinsame Problemwahrnehmung erarbeiten
- Handlungserfordernisse und Handlungsmöglichkeiten offenlegen
- Anpassungsmaßnahmen definieren und priorisieren
- Schnittstellen und Synergien herausarbeiten
- Kooperationsmöglichkeiten und -erfordernisse definieren.

Der dialogorientierte Prozess wurde grundsätzlich in problemspezifischen Workshops durchgeführt. Die genannten methodischen Bausteine gewährleisten einen umfassenden Erfahrungsaustausch und damit zumindest die Formulierung der Fragen 1) wo welche Betroffenheiten zu identifizieren sind, 2) welche Akteure sich mit diesbezüglichen Problemen und entsprechenden Anpassungsmaßnahmen befassen und 3) wo die größten (gemeinsamen) Herausforderungen gesehen werden.

Resümee (für die Regionalplanung):

Die Herausforderungen des Klimawandels (in Bezug auf das Bioklima) beanspruchen die Regionalplanung im Hinblick auf den Einsatz formeller (regulativer) Instrumente, aber v. a. auch in der Steuerung und Initiierung von Prozessen (informelle Instrumente).

Die Verzahnung beider Instrumente ist zur Zielerreichung (Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen) erforderlich. Nur durch die Einsicht in Handlungsnotwendigkeiten in Bezug auf Anpassungsmaßnahmen ist es letztendlich erfolgreich möglich, Anpassungsziele im Regionalplan im erforderlichen Umfang zu implementieren.

7.5 Fazit

Kann die strategische Regionalplanung also geeignet sein, um die Anpassung an den Klimawandel zu bewältigen?

Die Regionalplanung sieht sich vor dem Hintergrund des Klimawandels und seinen Auswirkungen auf den Lebensraum der Menschen mit besonderen Herausforderungen konfrontiert. Diese bestehen darin, Anpassungs- und Minderungsstrategien zu entwickeln. Methodisch ist deshalb ein Umdenken gefragt: Planung unter Unsicherheit verlangt nach einer Kombination von formellen und informellen Instrumenten, nach mehr Multifunktionalität im Instrumentarium, nach Diskurs und Akzeptanz und v. a. nach einer zielorientierten konsequenten Umsetzung, die politisch unterstützt und mitgetragen wird. In der Raumplanung ergibt sich zudem das Dilemma, möglichst verlässlich und konkret zur Verbesserung einer nachhaltigen Raumsituation beizutragen, dabei aber die Rahmenbedingungen nur in Wahrscheinlichkeiten angeben zu können und zugleich die Planungsziele und Strategien so zu flexibilisieren, dass Nachjustieren ermöglicht wird. Der deutsche Diskurs über planerisch-organisatorische Potenziale und Strategien zur Anpassung an den Klimawandel steht hier derzeit noch am Anfang (vgl. Ertl 2010: 65; Greiving 2003: 88; Knieling 2011; Zibell 2008). Anfangs kann es sich für die Planungspraxis anbieten, zunächst Zielbegründungen um das Thema Klimawandel zu erweitern. So kann – bei konsequenter Umsetzung – auch mit dem bestehenden Instrumentarium ein Einstieg „durch die Hintertür" in die Thematik gelingen, ohne gleich das Instrumentarium ändern zu müssen.

Grundsätzlich scheint derzeit die Implementierung eines strategischen Planungsprozesses noch stark an den Anstoß durch ein Förderprogramm oder durch Wettbewerbe (EU oder Bundesmittel) gekoppelt zu sein. Denn oftmals wird die Vergabe von Mitteln an ein entsprechendes breites und partizipatorisch angelegtes strategisches Entwicklungskonzept gekoppelt (vgl. Altrock 2008: 70). Ohne diese Anreize von außen sind nur wenige Regionen bereit und in der Lage, strategische Planungsprozesse in Eigenregie zu initiieren. Die großen regionalen Unterschiede hinsichtlich der Auswirkungen des Klimawandels bzw. der Anpassungserfordernisse erfordern dabei eine Feinsteuerung von Fördermitteln auf regionaler Ebene (Overbeck et al. 2008: 372). Patentlösungen bei der regionalen Strategieentwicklung gibt es nicht (Wiechmann 2008: 254).

Durch den direkten Umsetzungsbezug der strategischen Regionalplanung besteht die Möglichkeit, Entscheidungswege abzukürzen und die Wirksamkeit planerischer Konzepte sowie die Effizienz von Verwaltungshandeln zu steigern. Dadurch kann grundsätzlich die Zukunftsorientierung verbessert werden. Hemmnisse werden in der Praxis dort auftreten, wo die personellen und finanziellen Kapazitäten der Regionalplanung mit breit angelegten informellen Prozessen an enge Grenzen stoßen. Hier können zunächst Förderprogramme helfen, Prozesse wie KLARA-Net[2] oder die MORO-Vorhaben zu initiieren und zu begleiten, damit andere Regionen davon lernen können. Langfristig bedarf es allerdings einer grundsätzlichen (v. a. politischen) Diskussion über den Stellenwert der Raumplanung. Denn, wenn die Raumplanung Herausforderungen wie den demografischen Wandel oder die Anpassung an den Klimawandel langfristig vernünftig steuern, Umsetzungsmaßnahmen koordinieren und zudem die regionalen Leitbilder und strategischen Planungsprozesse managen soll, dann sind politischer Wille und Rückhalt, finanzielle Ausstattung und eine fundierte rechtliche Grundlage unverzichtbar.

[2] Netzwerk zur KLimaAdaption in der Region StArkenburg (www.klara-net.de).

Voraussetzung hierfür ist, dass die Regionalplanung als Institution einerseits bereit dazu und andererseits hinsichtlich ihrer Ressourcen auch in der Lage ist, sowohl die Rolle des regionalen Informationsbrokers (vgl. Knieling 2003) als auch die eines (Netzwerk- und Fachplanungs-)Koordinators zu übernehmen („Spinne im Netz").

Die Auswertung aktueller Praxisbeispiele macht deutlich, dass hier noch große Diskrepanzen zwischen der Selbstwahrnehmung und dem eigentlichen Potenzial der Regionalplanung als möglicher zentraler Akteur eines regionalen Strategieprozesses zur Anpassung an den Klimawandel bestehen (Hutter, Harfst 2011).

Auch fehlt bislang die Auseinandersetzung mit der Frage über mögliche Alternativen: Wer (d. h. welcher Akteur, welche Institution oder Organisation), wenn nicht die Regionalplanung ist in der Lage, die Rolle des regionalen Koordinators einer Anpassungsstrategie auszufüllen?

8 Schlussfolgerungen, Ausblick und Handlungsempfehlungen für die räumliche Planung

Jörn Birkmann, Walter Kufeld, Dirk Büscher, Jochen Schanze, Maike Vollmer

8.1 Schlussfolgerungen

Die Frage, ob der Klimawandel für die Raumplanung und Raumentwicklung eine neue Herausforderung ist, kann überwiegend mit Ja beantwortet werden. Der Klimaschutz, z. B. durch die Förderung einer CO_2-armen Raum- und Siedlungsentwicklung, stellt zwar bereits seit mehreren Dekaden ein wichtiges Handlungsfeld in der räumlichen Planung dar; entsprechende Strategien und Ziele für eine nachhaltige Raum- und insbesondere Siedlungsentwicklung, z. B. die Stadt der kurzen Wege, Siedlungsentwicklung an ÖPNV-Haltepunkten etc. sind formuliert, erprobt und umgesetzt worden (vgl. Kap. 5 in diesem Band; Kufeld 2004). Die Ausführungen in diesem Band zeigen aber darüber hinaus, dass die eigentlich neue Herausforderung für die räumliche Planung in der Frage besteht, wie Raumstrukturen, -funktionen und -nutzungen an die Folgen des Klimawandels angepasst werden können bzw. müssen. Klimaschutz und -anpassung sind mittlerweile neue Abwägungsbelange, die es nachweislich zu behandeln gilt.

Die Raumentwicklung und die räumliche Planung können dabei insbesondere die fach- und gebietsübergreifenden Anpassungsfragen und -leistungen aufgreifen. Räumliche Planung als Querschnittsaufgabe ist gerade dazu angehalten, Konflikte, die sich durch eine nicht anpassungsfähige Raumstruktur ergeben, zunächst überhaupt zu thematisieren und sie dann mithilfe fach- und gebietsübergreifender Konzepte zu lösen. Auch bei der Minderung von Konflikten zwischen Klimaschutz und Klimaanpassung kommen der räumlichen Planung und entsprechenden Strategien für die Raumentwicklung wichtige Aufgaben zu.

Die Auseinandersetzung mit dem Thema Vulnerabilität (Verwundbarkeit) sowie die Diskussion der vielfältigen raumrelevanten Risiken und Chancen des Klimawandels zeigen zudem, dass das traditionelle Denken in Grenzwerten, welches u. a. in der Umweltpolitik und Umweltplanung der 80er Jahre zum Ausdruck kam, sowie die Vorstellung von Räumen, die mittels genauer Grenzlinien hinsichtlich einzelner Gefahren definierbar sind, zu hinterfragen sind bzw. als nicht mehr hinreichend erscheinen.

Die aktuellen Erkenntnisse der Klimafolgenforschung, der Risikoforschung und der Raumforschung zeigen in ihrer Zusammenschau, dass sich Regionen und Städte im Klimawandel deutlich stärker mit verschiedenen Zukunftsszenarios auseinandersetzen müssen. Bei der Anpassung von Raumstrukturen und der Sicherung von Raumfunktionen in einer sich verändernden Umwelt ist es besonders wichtig, die Bandbreite der möglichen Veränderungsprozesse aufzugreifen, um so kritische Themen, wie einen starken Meeresspiegelanstieg in Küstenzonen oder das verstärkte Abgehen von Muren und Lawinen in den Alpen, systematisch in Planungsüberlegungen einzubringen.

Anpassung wird zudem Änderungsbedarf in den normativen Vorgaben und Orientierungen von Planungen erfordern, beispielsweise im Rahmen der Leitbilder der Raumentwicklung, aber v. a. auch in den Raumordnungsplänen. Ansätze wie das Leitbild der Resilienz haben bereits Eingang in diese Diskussion gefunden. Bei diesem Thema wäre es allerdings problematisch – wie verschiedene Beiträge des vorliegenden Bandes verdeutli-

chen – anzunehmen, dass eine resiliente Raumentwicklung lediglich „robuste Raumstrukturen" verlangt. Vielmehr wird es bei der Frage einer resilienten Raumentwicklung darum gehen müssen, wie Raumfunktionen durch die Veränderung und den Wandel von Raumstrukturen unter den Bedingungen einer sich verändernden Umwelt gesichert werden können. Folglich reicht eine Konservierung bestehender Strukturen nicht aus. Vielmehr sollten Leitbilder und Entwicklungsperspektiven der Raumentwicklung in einem sich wandelnden Klima mit entsprechenden gesellschaftlichen Vulnerabilitäten, Risiken und Chancen die Dynamik und die Unsicherheiten der Erkenntnisse mit einbeziehen.

Kleinräumige Klimaprojektionen als Ausgangspunkt für die Ableitung von raumrelevanten Anpassungsmaßnahmen werden vielfach gefordert und schrittweise erarbeitet (s. Kap. 2 in diesem Band). Die Umfragen, die der ARL-Arbeitskreis „Klimawandel und Raumplanung" bei den Trägern der Regionalplanung durchgeführt hat (vgl. Overbeck et al. 2009), zeigen, dass eine der größten Herausforderungen für die Regionalplanung im Umgang mit sog. Extremwetterereignissen liegt. Hierzu fehlt den bisherigen kleinräumigen Klimaprojektionen zumeist noch eine geeignete inhaltliche, räumliche und zeitliche Auflösung. Nachdem damit die zukünftigen Gefahren nur sehr eingeschränkt bestimmt werden können, kommt der Ermittlung und Minderung der Vulnerabilität von Regionen und Städten, ihren Raumstrukturen, -funktionen und -nutzungen eine besondere Bedeutung zu. In Kap. 3 in diesem Band werden die verschiedenen Facetten der Vulnerabilität verdeutlicht. Aktuelle planungspraktische Beispiele machen das abstrakte Thema der Vulnerabilität für räumliche Planungsfragen greifbar.

Raumplanung und Raumentwicklung können dazu beitragen, die entscheidenden Veränderungen im Raum, die der Klimawandel und der gesellschaftliche Wandel bewirken werden, zu erkennen, zu bewerten sowie mögliche gebiets- und fachübergreifende Anpassungsoptionen zu identifizieren und initiieren. Dabei reicht es nicht aus, sich allein mit den möglichen Veränderungen des Klimas aus einer einzelnen Fachperspektive, wie des Naturschutzes, der Wasserwirtschaft etc., zu befassen. Gerade die Risiken und Chancen, die sich aus dem Zusammenspiel von Umweltveränderung und gesellschaftlicher Vulnerabilität mit ihrer Dynamik und Unsicherheit ergeben, müssen in den Mittelpunkt der raumplanerischen Betrachtung rücken.

Die Beiträge machen deutlich, dass die Berücksichtigung und Umsetzung der Anpassung an den Klimawandel durch formelle Instrumente der Raumplanung bisher noch recht schwierig ist. Die Stärkung und Weiterentwicklung des formellen Instrumentariums erscheint deshalb unumgänglich. Komplementär müssen die informellen Instrumente der Raumplanung in den Planungsprozessen genutzt werden. Zusätzliche Informationen z. B. in Form von Begründungs- bzw. Erläuterungskarten dienen der Sensibilisierung von Akteuren und politischen Entscheidern. Strategien zum Umgang insbesondere mit Extremhochwassern, Sturzfluten oder Hitzewellen sind erforderlich und können v. a. im Zusammenspiel von informeller und formeller Raumplanung entwickelt und umgesetzt werden. Dabei könnten Planwerke als Signalpläne genutzt werden, um durch entsprechende Erläuterungen auf die raumrelevanten Vulnerabilitäten und Risiken hinzuweisen. Beispielsweise haben die Lernprozesse aus den vergangenen Hochwasserkatastrophen in Deutschland und der EU zu einer erheblichen Weiterentwicklung des planerischen Instrumentariums in Bezug auf den vorbeugenden Hochwasserschutz geführt. EU-Richtlinien, wie die Richtlinie zum Hochwasserrisikomanagement, verstärken diese Tendenzen. In dieser Hinsicht ist zu empfehlen, weitere Phänomene, bestimmte Aspekte der Vulnerabilität und die einzelnen und multiplen Risiken in entsprechenden Erläuterungskarten und Planungsprozessen systematisch einzubringen. Dies gilt beispielsweise für vulnerable Räume gegenüber Sturzfluten oder Hitzewellen.

Der Klimawandel wird zudem bestehende Ziele, z. B. zur Freihaltung von Kaltluftschneisen durch verbindliche regionale Grünzüge, bestärken und z. T. als neuer Begründungszusammenhang dienen können. Insgesamt sollte das bestehende raumplanerische Instrumentarium strikt angewendet werden und neue Instrumente, wie z. B. das Climate Proofing im Rahmen der SUP, sollten kreativ weiterentwickelt werden. Dazu ist es nötig, dass im Sinne einer „klimagerechten Verantwortung" insbesondere die regionale Planungsebene klar definierte Ziele und Grundsätze der Raumordnung festlegt. Durch die Kopplung mit anderen Steuerungsinstrumenten lassen sich die Potenziale aufzeigen, die die räumliche Planung in Bezug auf die Anpassung an den Klimawandel vorzuweisen hat. Die Erprobung und Nutzung informeller Instrumente lässt zudem erkennen, dass den formellen Instrumenten vielfach deutliche Grenzen insbesondere im Umgang mit dem Bestand gesetzt sind. Hier erscheint die Nutzung informeller Instrumente besonders erfolgversprechend, um Raumentwicklungsprozesse im Bereich des Bestandes sowie neuer Planungen zu beeinflussen und die Akzeptanz durch entsprechende informelle Instrumente zu stärken.

8.2 Ausblick

Zentrale neue Aufgaben für die räumliche Planung und die Raumentwicklung liegen in der Frage der Anpassung an den Klimawandel. Dabei zeigen zahlreiche nationale sowie internationale Beispiele, dass Anpassung kein einmaliger oder statischer Prozess ist (vgl. u. a. IPCC 2012b). Die meisten Ansätze zur Entwicklung von Anpassungsstrategien in der Raumentwicklung gehen davon aus, dass Anpassung ein zyklischer Prozess ist, der im Kern das Anpassungspotenzial eines Raumes und der Raumnutzer sichern und verbessern soll.

Darüber hinaus scheint die Diskussion um die Anpassung an den Klimawandel durch räumliche Planung auch die strategische Orientierung der Planung wieder zu stärken. Es reicht nicht aus, lediglich in schnell realisierbaren Projekten zu denken. Eine integrative und fachübergreifende Auseinandersetzung mit dem Klimawandel verlangt ein Denken in alternativen Zukünften, auch über längere Zeiträume hinweg. „Nachhaltige Raumentwicklung" erlebt in diesem Sinne eine notwendige Renaissance und wird mehr denn je die zukunftsgerechte „Planungsphilosophie" sein müssen. Im Rahmen der klassischen Trias der Nachhaltigkeit (soziale, ökonomische, ökologische Dimension) wird eine auf Nachhaltigkeit zielende Raumentwicklung auch die Risikovorsorge und die Erhaltung von Anpassungsoptionen zu zentralen Fragen machen müssen.

Der Umgang mit dem Klimawandel ist dabei auch als neues Phänomen anzusehen, das in seinen vollen Auswirkungen nur durch wissenschaftliche und politische Interpretationen definiert werden kann. Komplexität und Unsicherheit stellen somit Entscheidungsträger vor besondere Herausforderungen, die über die bisherigen, vielfach in ihren Wirkungen bereits messbaren und erfahrbaren, klassischen Mensch-Umwelt-Probleme hinausgehen. Demzufolge ist der Klimawandel auch kein reines Umweltproblem, sondern verlangt die dezidierte Auseinandersetzung mit unterschiedlichen möglichen Entwicklungspfaden.

Die Frage, wie sich Räume und Gesellschaften in Zukunft entwickeln, wird entscheiden, ob der Klimawandel zu einem Risiko oder auch in Teilräumen zu neuen Chancen der Entwicklung führt. Anpassungsziele sind dabei eben nicht allein auf der Basis von bio-geophysikalischen Klimaszenarien zu ermitteln, sondern müssen insbesondere die Vulnerabilität von Räumen, Raumfunktionen und Gesellschaften sowie Mensch-Umwelt-Interaktionen erfassen, um so das Risiko zu ermitteln, das sich aus dem Zusammenspiel von Klimawandel und seinen direkten Wirkfolgen (Gletscherschmelze, Hochwasser, Niedrigwasser etc.) sowie der gesellschaftlichen Vulnerabilität ergibt.

Der Umgang mit diesen neuen Risiken in Form von Planungsprozessen ist daher nicht mit den klassischen Dosis-Wirkungs-Beziehungen der Umweltprobleme der 80er Jahre (z. B. Immissionsschutz) zu erfassen, sondern verlangt vielmehr die Berücksichtigung verschiedener möglicher Entwicklungsszenarien sowie die Betrachtung gekoppelter und gleichzeitig wirkender Gefahren und sozialer Prozesse. Gerade weil es bei der Anpassung an den Klimawandel nicht allein darum geht, sich an veränderte Umweltbedingungen anzupassen, sondern sich mit der Interaktion von Umweltwandel (Klimawandel) und gesellschaftlichem Wandel zu befassen, sind Unsicherheiten und Komplexität sowie Nichtlinearität zentrale Herausforderungen.

Ziele für eine angepasste Raumentwicklung lassen sich daher nicht allein aus naturwissenschaftlichen Untersuchungen ableiten, sondern verlangen einen informierten gesellschaftlichen Diskurs. In dieser Hinsicht ist auch die Erhöhung der Akzeptanz von Entscheidungen zur Anpassung an die möglichen verschiedenen Folgen des Klimawandels z. B. durch partizipative Planungsprozesse eine wichtige Aufgabe der räumlichen Planung auf Stadt- und Regionalebene.

Es wird immer deutlicher, dass bereits vor Eintritt der tatsächlichen, erheblichen Auswirkungen des Klimawandels wichtige Akteure und Förderinstrumente die Berücksichtigung des Klimawandels verlangen. Dies ist u. a. in der Neuausrichtung von EU-Fördermitteln zu erkennen, die in vielen Bereichen das Thema Klimawandel als wichtiges Kriterium ausweisen. Zudem werden von der Seite privatwirtschaftlicher Akteure, wie z. B. der großen Rückversicherungen, Fragen der räumlichen Auswirkungen des Klimawandels auf die Versicherungsprämien einen Einfluss haben, die dann wiederum bestimmte Standortentscheidungen insbesondere bei größeren Bauvorhaben beeinflussen können. Demzufolge sollten sich die räumliche Planung und die Raumentwicklung vor tatsächlichen Veränderungen des regionalen Klimas auch mit den veränderten Rahmenbedingungen, wie z. B. veränderten Förderinstrumenten und veränderten Versicherungsprämien für Wohn- und Gewerbestandorte, in ihrer Planung befassen.

Insgesamt ist der Klimawandel – neben den Trends der Urbanisierung und Globalisierung – einer der sog. Mega-Trends, zu denen sich die räumliche Planung verhalten muss. Auch die Publikation des fünften IPCC-Sachstandsberichts im Jahr 2013/14 wird dazu beitragen, dass die Notwendigkeit der Entwicklung von Anpassungsstrategien weiter betont wird. Im neuen IPCC-Bericht werden z. B. gleich drei Kapitel die Thematik umfassend behandeln, bisher gab es nur ein Kapitel zur Anpassung an den Klimawandel.

In diesem Kontext erscheint es sinnvoll, dass Akteure der Raumentwicklung und der räumlichen Planung aktiv die Themen Klimawandel, Klimaanpassung und Klimaschutz aufgreifen. Gerade aufgrund der sektorübergreifenden und gesamträumlichen Sichtweise und des konkreten Raumbezugs ist die Raumplanung geradezu prädestiniert, zum Promoter regionaler und lokaler Klimaanpassungs- und Klimaschutzkonzepte zu werden. Auch die zu erwartende Intensivierung von Landnutzungs- und Ressourcenkonflikten aufgrund der Klimaveränderungen, die Vorsorge gegenüber sog. Extremereignissen sowie die tendenzielle Erhöhung der Vulnerabilität z. B. im Kontext des demografischen Wandels verlangen integrative und fachübergreifende Lösungsansätze für unterschiedliche Räume. Integrative Raumentwicklung und strategische räumliche Planung sind hier unumgängliche Ansätze, um entsprechende Lösungskorridore überhaupt erarbeiten zu können. In dieser Hinsicht wäre es wichtig, nicht allein neue Strukturen für die Klimaanpassung und den Klimaschutz aufzubauen, sondern auch Institutionen der Raumplanung mit entsprechenden Ressourcen und Kapazitäten so auszustatten, dass sie diese Aufgaben in Kooperation mit anderen Partnern leisten können.

Darüber hinaus ist beim Thema Klimawandel auch die globale Dimension von besonderer Bedeutung, die weniger eine Verschiebung von Verantwortlichkeit auf höhere Ebenen impliziert, sondern vielmehr ein hohes Maß an Verantwortung verlangt, das sich auf allen räumlichen Planungsebenen niederschlagen muss.

8.3 Handlungsempfehlungen

Insbesondere für die Praxis der räumlichen Planung, aber auch die Raumforschung, sind daher folgende Handlungsempfehlungen zu geben, die keinen Anspruch auf Vollständigkeit haben, sondern sich an der aktuellen Diskussion ausrichten:

- Die räumliche Planung und insbesondere die Raumordnung sollte bei der Gesamtthematik Klimaanpassung und Klimaschutz eine zentrale Koordinationsrolle übernehmen. Dazu bedarf es eigener Vorschläge und Handlungsstrategien der räumlichen Planung, die auch unabhängig von Konzepten fachplanerischer Akteure entwickelt werden.
- Wichtige Voraussetzung für die Umsetzung einer solchen Koordinationsfunktion oder weiterer klimawandelbezogener Aufgaben durch die räumliche Planung ist eine entsprechende Ausstattung von Institutionen der räumlichen Planung, die möglicherweise einer Aufstockung entsprechender Ressourcen bedarf.
- Die sich aus den zahlreichen Beispielkonzepten und Forschungsprojekten (z. B. KlimaMORO-Projekte, KlimaExWoSt, KLIMZUG) ergebenden Erkenntnisse und methodischen Innovationen sollten auf ihre Übertragbarkeit für ganze (Teil-)Regionen geprüft und dann ggf. auch tatsächlich übertragen werden. Zudem sollte ein Transfer von Erkenntnissen geförderter Einzelprojekte in die Ziele und Methoden der räumlichen Planung erreicht werden.
- Bereiche, in denen diese Projekte und auch weitere wissenschaftliche Arbeiten in entsprechende methodische Standards und Ziele überführt werden sollten, sind u. a. multidimensionale Vulnerabilitätsanalysen, die über eine Betrachtung der Auswirkungen des Klimawandels hinausgehen und insbesondere Faktoren erfassen, die die Anfälligkeit und Bewältigungs- sowie die Anpassungskapazitäten von Räumen und Gesellschaften beeinflussen. Darauf aufbauend sind weitere Standards und Handreichungen für Risikoanalysen zu empfehlen, die neben unterschiedlichen Intensitäten des Klimawandels auch gezielt Szenarios für die soziale und räumliche Entwicklung umfassen.
- Des Weiteren sollten raumplanerische Vorsorgestandards für den Umgang u. a. mit Niedrigwasserphänomenen, Hitzewellen und Starkniederschlägen aus aktuellen Forschungen und Praxiserfahrungen abgeleitet werden. Es reicht nicht aus, sich nur mit dem Bereich des vorsorgenden Hochwasserschutzes zu befassen.
- Vorsorgende räumliche Planung benötigt auch weitergehende Konzepte z. B. zur Reduzierung der Vulnerabilität von Raumstrukturen, -funktionen und -nutzungen, wie beispielsweise im Bereich Waldumbau hinsichtlich der Senkung des Sturmrisikos, sowie im Kontext von kritischen Infrastrukturen.
- Darüber hinaus ist der Ausbau von Monitoringsystemen wichtig, die anzeigen, wie sich tatsächlich in verschiedenen Teilräumen klimatische Bedingungen und Extremereignisse einerseits und die gesellschaftliche und räumliche Vulnerabilität andererseits entwickeln.

- Die Weiterentwicklung des raumplanerischen Instrumentariums ist aber ebenfalls besonders bedeutsam, um den Herausforderungen des Klimawandels gerecht zu werden. Wichtige Herausforderungen sind hier z. B. die Weiterentwicklung der SUP oder anderer Prüfinstrumente im Sinne eines Climate-Proofings und Risiko-Managements. Die Vorstellung, man könnte die in diesem Bericht dargelegten Herausforderungen mit dem bestehenden Instrumentarium und den jetzigen Zielsetzungen mit abdecken, erscheint wenig plausibel.
- Auch die mit dem Klimawandel in engem Zusammenhang stehende Energiewende erfordert zumindest eine Neustrukturierung des bestehenden Instrumentariums, wobei insbesondere die Sicherung von Flächen und Standorten zum Tragen kommt.
- Neben einer verstärkten Anwendung sowie Weiterentwicklung des formellen Instrumentariums zur Anpassung an den Klimawandel ist auch der Einsatz informeller Instrumente anzuraten, z. B. in Form einer Sensibilisierung mithilfe von Erläuterungskarten, die Aspekte von Vulnerabilitäten oder Risiken aufzeigen. Formelle und informelle Instrumente sollten dabei kombiniert werden und sich bestmöglichst ergänzen. In dieser Hinsicht ist auch die Planung als Lernprozess – im Sinne strategischer Planung – zu stärken.
- Planungsvorhaben sollten Unsicherheiten der zukünftigen Entwicklung, sowohl des klimatischen als auch des gesellschaftlichen Wandels, berücksichtigen und einer Bandbreite verschiedener Szenarios gerecht werden. Vor diesem Hintergrund sollte auch eine angemessene Flexibilität gewährleistet sein, sodass Strategien und Maßnahmen an neue Entwicklungen angepasst werden können. Beispielsweise sollte die Möglichkeit einer Anpassung bzw. Fortschreibung von planerischen Zielen und Grundsätzen gestärkt werden.
- Konkrete Argumentationshilfen für Abwägungsprozesse im Bereich besonders sensibler Nutzungen sowie im Zusammenhang mit Konflikten zwischen Klimaschutz und Klimaanpassung stellen ebenfalls einen wichtigen Ansatz dar, mit dem Erkenntnisse entsprechender Pilotvorhaben und Forschungsprojekte systematisch für andere Regionen verfügbar gemacht werden sollen.
- Fach- und räumliche Planungsebenen müssen mehr denn je stärker vernetzt werden. Dabei sollten Vernetzungsstrategien entwickelt und Stakeholder identifiziert werden.
- Alle kommunalen, regionalen und überregionalen Akteure auf den verschiedenen Planungsebenen sollten bzgl. des Klimawandels gezielt sensibilisiert werden. Die räumliche Gesamtplanung sollte dabei ihre Gestaltungsmöglichkeiten und ihre Koordinationsfunktionen deutlich machen. Dazu bedarf es auch einer möglichst breiten Öffentlichkeitsarbeit mit konkreten Anwendungsbeispielen.
- Insbesondere die Kernhandlungsfelder der Raumordnung, Siedlungs-, Freiraum- und Infrastruktur, sowie der Verkehrs- und der Energiesektor, die in engem Zusammenhang zum Klimawandel zu sehen sind, sollten als Schnittstellen für strategische Partnerschaften genutzt und weiterentwickelt werden.

Literatur

Adams, J. (1995): Risk. London.

Alber, G. (2007): Klimabewusstes Verwaltungshandeln zu mehr Energieeffizienz und nachhaltiger Raumentwicklung. In: Local land and soil news (22/23), 17-18.

Albert, C.; Knieling, J.; Zimmermann, T. (2011): Szenarien als Instrument zur Klimaanpassung in Kommunen am Beispiel der Samtgemeinde Gartow. In: Frommer, B.; Buchholz, F.; Böhm, H. R. (Hrsg.): Anpassung an den Klimawandel – regional umsetzen! Ansätze zur Climate Adaption Governance unter der Lupe. München, 104-120.

Altrock, U. (2008): Strategieorientierte Planung in Zeiten des Attraktivitätsparadigmas. In: Hamedinger, A; Dangschat, J. S.; Frey, O.; Breitfuss, A. (Hrsg.): Strategieorientierte Planung im kooperativen Staat. Wiesbaden, 61-86.

ARGEBAU – Bauministerkonferenz (2008): Klimaschutz in den Bereichen Bauen, Wohnen und Stadtentwicklung. Vorlage des Ausschusses für Stadtentwicklung, Bau- und Wohnungswesen der Bauministerkonferenz.
http://www.is-argebau.de/Dokumente/42310994.pdf (21.06.2012).

ARL – Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.) (2011): Strategische Regionalplanung. = Positionspapier aus der ARL 84. Hannover.

ARL – Akademie für Raumforschung und Landesplanung (2010): Ergebnisse des Workshops „Diskussion raumplanerischer Handlungsmöglichkeiten zum Umgang mit dem Klimawandel" am 22.06.2010 in Bonn: Protokoll. Unveröffentlicht.

ARL – Akademie für Raumforschung und Landesplanung (2009a): Klima-und-Raum.org: Plattform zu Klimawandel und Raumplanung.
http://www.klima-und-raum.org/ (12.02.2011).

ARL – Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.) (2009b): Klimawandel als Aufgabe der Regionalplanung. = Positionspapier aus der ARL 81. Hannover.

ARL – Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.) (2007): Europäische Strategien der Anpassung an die Folgen des Klimawandels: die Sicht der Raumplanung. = Positionspapier aus der ARL 73. Hannover.

Arrhenius, S. (1896): On the Influence of Carbonic Acid in the Air Upon the Temperature of the Ground. In: Philosophical Magazine and Journal of Science 5 (41), 237-276.

Baudirektion Kanton Zürich (2003): Leitfaden zur Umsetzung der Gefahrenkarten Hochwasser. Zürich.

Baumüller, J. (2008): Stadtklima und Stadtplanung im Klimawandel In: UVP-Report (5), 205-214.

Bauriedl, S.; Baasch, S.; Winkler, M. (2008): Die klimagerechte europäische Stadt? Siedlungsstrukturen, städtischer Lebensstandard und Klimaveränderungen. In: RaumPlanung (137), 67-71.

BBK – Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (Hrsg.) (2011): Indikatoren zur Abschätzung von Vulnerabilität und Bewältigungspotenzialen am Beispiel von wasserbezogenen Naturgefahren in urbanen Räumen. = Forschung im Bevölkerungsschutz, Band 13. Bonn.

BBK – Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (Hrsg.) (2010): Abschätzung der Verwundbarkeit gegenüber Hochwasserereignissen auf kommunaler Ebene. = Praxis im Bevölkerungsschutz, Band 4. Bonn.

BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (2012): Regionale Verteilung erneuerbarer Energien in Deutschland 2010.
http://www.bbsr.bund.de/cln_032/nn_1086478/BBSR/DE/Raumbeobachtung/Downloads/HaeufigNachgefragteKarten/EE,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/EE.pdf (23.10.2012).

BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.) (2011a): Stadtklimalotse: Entscheidungsunterstützung für die klimawandelgerechte Stadtentwicklung. Forschungsprogramm Experimenteller Wohnungs- und Städtebau (ExWoSt).
http://www.stadtklimalotse.net/stadtklimalotse/ (1.12.2011).

BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.) (2011b): Urbane Strategien zum Klimawandel: Kommunale Strategien und Potenziale.
http://www.bbsr.bund.de/cln_016/nn_21686/BBSR/DE/FP/ExWoSt/Forschungsfelder/2010/UrbaneStrategienKlimawandel/Forschungsschwerpunkt1/01__Start.html (25.07.2012).

BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (2011c): Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel.
http://www.bbsr.bund.de/cln_032/nn_21916/BBSR/DE/FP/MORO/Forschungsfelder/2012/RaumKlima/Phase1/01__Start1.html (01.08.2012).

BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (2010a): Genügend Raum für den Ausbau erneuerbarer Energien? = BBSR-Berichte KOMPAKT 13. Bonn.

BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (2010b): Nationale Strategien europäischer Staaten zur Anpassung an den Klimawandel aus Perspektive der Raumordnung/Raumentwicklung.
http://www.bbsr.bund.de/cln_016/nn_482762/BBSR/DE/FP/MORO/Studien/2009/NatStrategienKlimawandel/01__Start.html (01.08.2012).

BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.) 2009: Handlungskatalog: „Optionen erneuerbarer Energien im Stadtraum".
http://www.klimaschutz-im-sport.de/fileadmin/fm-dosb/arbeitsfelder/umwelt-sportstaetten/Downloads/Umwelt-_und_Klimaschutz/DL_handlungskatalog.pdf (10.06.2013).

Beck, S.; Bovet, J.; Baasch, S.; Reiß, P.; Görg, C. (2011): Synergien und Konflikte von Strategien und Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel. = Climate Change 18. Dessau-Roßlau.

Becker, P. (2011): Gefahren durch extreme Niederschläge werden ab Mitte des Jahrhunderts deutlich zunehmen. Rede auf der gemeinsamen Pressekonferenz des Deutschen Wetterdienstes (DWD), Umweltbundesamtes (UBA), Technischen Hilfswerks (THW) und Bundesamtes für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) am 15. Februar 2011 in Berlin.
http://www.dwd.de/bvbw/generator/DWDWWW/Content/Presse/Pressekonferenzen/2011/PK__15__02__11/Rede__Becker__20110215,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/Rede_Becker_20110215.pdf (21.06.2012).

Becker, P.; Deutschländer, T.; Koßmann, M.; Namyslo, J.; Knierim, A. (2008): Klimaszenarien und Klimafolgen. In: Informationen zur Raumentwicklung (6/7), 341-352.

Benden, J.; Siekmann, M. (2010): Wassersensible Stadtentwicklung. Umgang mit Starkregenereignissen im Siedlungsbestand. In: PlanerIn (3), 37-38.

Bergmann, E.; Kanzlerski, D.; Otto, I.; Peters, A.; Schmitz, S.; Wagner, G.; Wiegandt, C. C. (1993): Raumstruktur und CO_2-Vermeidung. In: Informationen zur Raumentwicklung (8), 489-567.

Bezirksregierung Köln (2010): Regionalplan für den Regierungsbezirk Köln: Sachlicher Teilabschnitt „Vorbeugender Hochwasserschutz" – Teil 2.
http://www.bezreg-koeln.nrw.de/brk_internet/gremien/regionalplanung/hochwasserschutz_teil_zwei/index.html (25.07.2012).

Bezirksregierung Köln (2008): Regionalplan: Teilabschnitt Region Köln.
http://www.bezreg-koeln.nrw.de/brk_internet/gremien/regionalplanung/teilabschnitt_koeln/index.html (05.07.2012).

Bezirksregierung Köln (2006): Regionalplan für den Regierungsbezirk Köln: Sachlicher Teilabschnitt „Vorbeugender Hochwasserschutz" – Teil 1.
http://www.bezreg-koeln.nrw.de/brk_internet/gremien/regionalplanung/hochwasserschutz_teil_eins/index.html (25.07.2012).

BfN – Bundesamt für Naturschutz (2009): Klimawandel, Landnutzung und Biodiversität – Chancen erkennen – Synergien nutzen. Empfehlungen des BfN für die nächste Legislaturperiode. Bonn.

Birkmann, J. (2011): First- and second-order adaptation to natural hazards and extreme events in the context of climate change. In: Natural Hazards 58 (2), 811-840.

Birkmann, J. (2008): Globaler Umweltwandel, Naturgefahren, Vulnerabilität und Katastrophenresilienz. Notwendigkeit der Perspektivenerweiterung in der Raumplanung. In: Raumforschung und Raumordnung 66 (1), 5-22.

Birkmann, J. (2006): Measuring vulnerability to promote disaster-resilient societies: Conceptual framework and definitions. In: Birkmann, J. (Hrsg.): Measuring Vulnerability to Natural Hazards – towards disaster resilient societies. Tokio, New York, 9-53.

Birkmann, J.; Fleischhauer, M. (2009): Anpassungsstrategien der Raumentwicklung an den Klimawandel: "Climate Proofing" – Konturen eines neuen Instruments. In: Raumforschung und Raumordnung (67) 2, 114-127.

Birkmann, J.; Vollmer, M.; Wolfertz, J. (2010): Abschätzung der Verwundbarkeit der Bevölkerung gegenüber Hochwasserereignissen. In: BBK – Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (Hrsg.): Abschätzung der Verwundbarkeit gegenüber Hochwasserereignissen auf kommunaler Ebene. = Praxis im Bevölkerungsschutz, Band 4. Bonn, 48-92.

Birkmann, J.; Vollmer, M.; Wolfertz, J.; Welle. T. (2011): Verwundbarkeit der Bevölkerung gegenüber Hochwasserereignissen. In: BBK – Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (Hrsg.): Indikatoren zur Abschätzung von Vulnerabilität und Bewältigungspotenzialen am Beispiel von wasserbezogenen Naturgefahren in urbanen Räumen. = Forschung im Bevölkerungsschutz, Band 13. Bonn, 95-193.

Birkmann, J.; Böhm, H. R.; Büscher, D.; Fleischhauer, M.; Frommer, B.; Janssen, G.; Overbeck, G.; Schanze, J.; Schlipf, S.; Stock, M.; Vollmer, M. (2010): Planungs- und Steuerungsinstrumente zum Umgang mit dem Klimawandel. Arbeitskreis Klimawandel und Raumplanung der Akademie für Raumforschung und Landesplanung. = Materialien der Interdisziplinären Arbeitsgruppen IAG Globaler Wandel – Regionale Entwicklung, Diskussionspapier 8. Berlin.

Blotevogel, H. H. (2005): Raum. In: ARL – Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.): Handwörterbuch der Raumordnung. Hannover, 831-841.

BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2011): Der Weg zur Energie der Zukunft – sicher, bezahlbar und umweltfreundlich. Eckpunktepapier der Bundesregierung zur Energiewende.
http://www.bmu.de/energiewende/doc/47465.php (07.09.2011).

BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2010): Erneuerbare Energien in Zahlen – Nationale und internationale Entwicklung.
http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/broschuere_ee_zahlen_bf.pdf (08.12.2010).

BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2008): Erneuerbare Energien in Zahlen – nationale und internationale Entwicklung. Berlin.

BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.) (2008): Monitoring zur Wirkung des novellierten EEG auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Solarenergie, insbesondere der Photovoltaik-Freiflächen – Ergänzungsbericht 2007.
http://www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/pv_monitoring_letztbericht_guennewig.pdf (10.06.2013).

BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2007a): Das Integrierte Energie- und Klimaschutzprogramm (IEKP).
http://www.bmu.de/klimaschutz/nationale_klimapolitik/doc/44497.php (08.09.2011).

BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2007b): Das Integrierte Energie- und Klimaprogramm der Bundesregierung.
http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/hintergrund_meseberg.pdf (08.12.2010).

BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2011): Erneuerbare Energien: Zukunftsaufgabe der Regionalplanung. Bonn.

BMVBS – Bundeministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.) (2010a): Klimawandel als Handlungsfeld der Raumordnung: Ergebnisse der Vorstudie zu den Modellvorhaben „Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel". = Forschungen, Heft 144. Berlin.

BMVBS – Bundeministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.) (2010b): Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel: Ein MORO-Forschungsfeld. = MORO-Informationen 7/2.

BMVBS – Bundeministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.) (2010c): Nationale Strategien europäischer Staaten zur Anpassung an den Klimawandel aus Perspektive der Raumordnung/Raumentwicklung. = BMVBS-Online-Publikation 20/10.
http://www.bbsr.bund.de/cln_016/nn_482762/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BMVBS/Online/2010/ON202010.html (01.08.2012).

BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung; BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (2011): Vulnerabilitätsanalyse in der Praxis – Inhaltliche und methodische Ansatzpunkte für die Ermittlung regionaler Betroffenheiten. = BMVBS-Online-Publikation 21/2011.
http://www.bbsr.bund.de/cln_032/nn_629248/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BMVBS/Online/2011/DL__ON212011,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/DL_ON212011.pdf (01.12.2011).

BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau, und Stadtentwicklung; BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.) (2010): Urbane Strategien zum Klimawandel; Dokumentation der Auftaktkonferenz 2010 zum ExWoSt-Forschungsfeld, Berlin.

BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung; BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (2009): Entwurf eines regionalen Handlungs- und Aktionsrahmens Klimaanpassung („Blaupause"). Ein Zwischenergebnis der Vorstudie für Modellvorhaben zu Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel. = BBSR-Online-Publikation 17/09.
http://www.bbsr.bund.de/nn_23582/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BBSROnline/2009/ON172009.html (05.07.2012).

BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie; BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2010): Energiekonzept – für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung.
http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/energiekonzept_bundesregierung.pdf (08.09.2011).

Bohle, H.-G. (2001): Vulnerability and criticality: perspectives from Social Geography. IHDP Update – Newsletter of the International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change (2), 1-7.

Bohle, H.-G.; Glade, T. (2008): Vulnerabilitätskonzepte in Sozial- und Naturwissenschaften. In: Felgentreff, C.; Glade, T. (Hrsg.): Naturrisiken und Sozialkatastrophen. Berlin, Heidelberg, 99-119.

Brklacich, M.; Bohle, H.-G. (2006): Assessing human vulnerability to global climatic change. In: Ehlers, E.; Krafft, T. (Hrsg.): Earth system science in the anthropocene. Emerging issues and problems. Berlin, Heidelberg, 51-61.

Bubenzer, O.; Radtke, U. (2007): Natürliche Klimaänderungen im Laufe der Erdgeschichte.
http://edoc.hu-berlin.de/miscellanies/klimawandel-28044/17/PDF/17.pdf (21.06.2012).

Buchholz, F.; Kemper, T.; Riechel, R. (2010): Strategische Planung in naturräumlich definierten Handlungsräumen. Anpassung an den Klimawandel in der Region Starkenburg. In: Matern, A.; Löwis, S. von; Bruns, A. (Hrsg.): Integration – Aktuelle Anforderungen und Strategien in der Stadt-, Raum- und Umweltplanung. = Arbeitsmaterial der ARL 353. Hannover, 91-100.

Bundesamt für Raumentwicklung; Bundesamt für Wasser und Geologie; Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (Hrsg.) (2005): Empfehlung Raumplanung und Naturgefahren. = Vollzug Naturgefahren. Bern.

Bundesregierung (2011): Aktionsplan Anpassung der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel – vom Bundeskabinett am 31. August 2011 beschlossen.
http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/aktionsplan_anpassung_klimawandel_bf.pdf (01.12.2011).

Bundesregierung (2008): Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel – vom Bundeskabinett am 17. Dezember 2008 beschlossen.
http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/das_gesamt_bf.pdf (01.08.2012).

Bundesregierung (2007): Die nationale Klimaschutzstrategie.
http://www.bundesregierung.de/Content/DE/StatischeSeiten/Breg/ThemenAZ/Klimaschutz/klimaschutz-2006-07-27-die-nationale-strategie.html (08.12.2010).

Cannon, T. (2006): Vulnerability analysis, livelihoods and disasters. In: Ammann, W.; Dannemann, S.; Vulliet, L. (ed.): Coping with Risks due to Natural Hazards in the 21st Century. Leiden.

Cardona, O. D.; Hurtado, J. E.; Chardon, A. C.; Moreno, A. M.; Prieto, S. D.; Velasquez, L. S.; Duque, G. (2005): Indicators of disaster risk and risk management. Program for Latin America and the Caribbean. Summary Report for World Conference on Disaster Reduction.
http://zeneb.uni-bayreuth.de/images/Downloads/RiskIndices/indicators%20for%20disaster%20risk%20and%20risk%20management.pdf (05.07.2012).

Carter, T. R.; Parry, M. L.; Harasawa, H.; Nishioka, S. (1994): IPCC technical guidelines for assessing climate change impacts and adaptation.
http://www.ipcc-wg3.de/publications/special-reports/.files-images/ipcc-technical-guidelines-1994n.pdf (12.07.2012).

Cholewa, W.; Dyong, H.; Heide, H.; Arenz, W. (2010): Raumordnung in Bund und Ländern. Kommentar zum Raumordnungsgesetz des Bundes und Vorschriftensammlung aus Bund und Ländern. Stand: Juni 2010. Stuttgart.

Christensen, J. H.; Carter, T. R.; Rummukainen, M.; Amanatidis, G. (2007): Evaluating the performance and utility of regional climate models: the PRUDENCE project. In: Climate Change 81 (1), DOI 10.1007/s10584-006-921 1-6.

Christensen, J. H.; Christensen, O. B. (2003): Severe summertime flooding in Europe. In: Nature (421), 805-806.

CLM Community – Climate Limited-area Modeling Community (2012): Introduction.
http://www.clm-community.eu/ (01.08.2012).

Conradt, T.; Hattermann, F. F.; Koch, H.; Wechsung, F. (2011): Spatially differentiated management-adjusted discharge scenarios for an integrated analysis of multi-realisation climate and land use scenarios for the Elbe River Basin. In: Regional Environmental Change, DOI 10.1007/s10113-012-0279-4.

De Bruijn, K.; Klijn, F.; McGahey, C.; Mens, M.; Wolfert, H. (2009): Long-term strategies for flood risk management: scenario definition and strategic alternative design.
http://www.floodsite.net/html/partner_area/project_docs/T14_08_01_FRM_Strategies_D14_1_V3_5_P46.pdf (12.07.2012).

Dessai, S.; Hulme, M.; Lempert, R.; Pielke, R. (2009): Do we need better predictions to adapt to changing climate? In: Eos 90 (13), 111-112.

Di Fabio, U. (1994): Risikoentscheidungen im Rechtsstaat: Zum Wandel der Dogmatik im öffentlichen Recht, insbesondere am Beispiel der Arzneimittelüberwachung. Tübingen.

Diller, C.; Hebecker, J. (2009): Klimawandel in Deutschland: Regionale Betroffenheiten und Handlungsmöglichkeiten der Regionalplanung. In: Gießener Hochschulgesellschaft (Hrsg.): Gießener Universitätsblätter. = Gießener Universitätsblätter 42. Gießen, 51-61.

Doyle, U.; Ristow, M. (2006): Biodiversitäts- und Naturschutz vor dem Hintergrund des Klimawandels. In: Naturschutz und Landschaftsplanung 38 (4), 101-105.

DRL – Deutscher Rat für Landespflege (2006): Stellungnahme – Die Auswirkungen erneuerbarer Energien auf Natur und Landschaft. In: DRL (Hrsg.): Die Auswirkungen erneuerbarer Energien auf Natur und Landschaft. = Schriftenreihe des DRL 79. Bonn, 5-47.

DWA – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (Hrsg.) (2010): Klimawandel–Herausforderung und Lösungsansätze für die deutsche Wasserwirtschaft. Hennef.

DWD – Deutscher Wetter Dienst (2010): Jahresrückblick: Deutschlandwetter im Jahr 2010. Viel Abwechslung – alles in allem etwas zu kalt und zu nass. Pressemitteilung des Deutschen Wetterdienstes vom 29.12.2010.
http://www.dwd.de/bvbw/generator/DWDWWW/Content/Presse/Pressemitteilungen/2010/20101228__Jahresrueckblick2010,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/20101228_Jahresrueckblick2010.pdf (21.06.2012).

EEA – European Environment Agency (2004): EEA Signals 2004. A European Environment Agency update on selected issues.
http://www.eea.europa.eu/publications/signals-2004 (21.06.2012).

Eisenführ, F.; Weber, M. (1989): Rationales Entscheiden. Berlin.

Endlicher, W.; Kress, A. (2008): „Wir müssen unsere Städte neu erfinden!" Anpassungsstrategien für Stadtregionen. In: Informationen zur Raumentwicklung (6-7), 437-445.

Erbguth, W. (2011): Unterirdische Raumordnung – zur raumordnungsrechtlichen Steuerung untertägiger Vorhaben. In: Zeitschrift für Umweltrecht (3), 121-126.

Ertl, K. (2010): Der Beitrag der Raumordnung im Umgang mit dem Klimawandel unter der besonderen Berücksichtigung der Situation in Bayern. = Schriften zur Raumordnung und Landesplanung, Band 32. Augsburg, Kaiserslautern.

Fleischhauer, M. (2004): Klimawandel, Naturgefahren und Raumplanung: Ziel- und Indikatorenkonzept zur Operationalisierung räumlicher Risiken. Dortmund.

Fleischhauer, M.; Bornefeld, B. (2006): Klimawandel und Raumplanung – Ansatzpunkte der Raumordnung und Bauleitplanung für den Klimaschutz und die Anpassung an den Klimawandel. In: Raumforschung und Raumordnung (3), 161-171.

Franck, E.; Overbeck, G. (2012): Raumplanerische Strategien vor dem Hintergrund des Klimawandels. In: Birkmann, J.; Schanze, J.; Scholich, D.; Stock, M. (Hrsg.): Anpassung an den Klimawandel durch räumliche Planung – Grundlagen, Strategien, Instrumente. = E-Paper der ARL Nr. 13. Hannover.

Franck, E.; Peithmann, O. (2010): Regionalplanung und Klimaanpassung in Niedersachsen. = E-Paper der ARL 9. Hannover.

Freibauer, F.; Drösler, M.; Gensior, A.; Schulze, E.-D. (2009): Das Potenzial von Wäldern und Mooren für den Klimaschutz in Deutschland und auf globaler Ebene. In: Natur und Landschaft 84 (1), 20-25.

Frey, O.; Hamedinger, A.; Dangschat, J. S. (2008): Strategieorientierte Planung im kooperativen Staat – eine Einführung. In: Hamedinger, A; Dangschat, J. S.; Frey, O.; Breitfuss, A. (Hrsg.): Strategieorientierte Planung im kooperativen Staat. Wiesbaden, 14-33.

Fröhlich, J.; Knieling, J.; Schaerffer, M.; Zimmermann, T. (2011): Instrumente der regionalen Raumordnung und Raumentwicklung zur Anpassung an den Klimawandel. = neopolis working papers: urban and regional studies no. 10. Hamburg.

Frommer, B. (2010a): Regionale Anpassungsstrategien an den Klimawandel – Akteure und Prozess. Schriftenreihe WAR 207. Darmstadt.

Frommer, B. (2010b): Akteure regionaler Anpassungsstrategien an den Klimawandel – Lernprozesse und Eigendynamiken im strategischen Diskurs. In: Wiechmann, T.; Hutter, G. (Hrsg.): Strategische Planung – Zur Rolle der Planung in der Strategieentwicklung für Städte und Regionen. = Planungsrundschau 18. Kassel, 59-84.

Frommer, B. (2009): Handlungs- und Steuerungsfähigkeit von Städten und Regionen im Klimawandel. Der Beitrag strategischer Planung zur Erarbeitung und Umsetzung regionaler Anpassungsstrategien. In: Raumforschung und Raumordnung 67 (2), 129-141.

Frommer, B.; Schlipf, S. (2008): Klimawandel als Aufgabe der Stadtentwicklung. Erfahrungen aus der Netzwerkarbeit. In: PlanerIn (2), 15-17.

Fürst, D. (2010): Raumplanung, Herausforderung des deutschen Institutionensystems. Hannover.

Fürst, D. (2007): Raumplanerischer Umgang mit dem Klimawandel. In: Tetzlaff, G.; Karl, H.; Overbeck, G. (Hrsg.) (2007): Wandel von Vulnerabilität und Klima: Müssen unsere Vorsorgewerkzeuge angepasst werden? Workshop des Deutschen Komitee Katastrophenvorsorge e. V. und der Akademie für Raumforschung und Landesplanung am 27./28.11.2006 in Hannover. = Schriftenreihe des DKKV 35. Bonn, 52-62.

Füssel, H.-M.; Klein, R. (2007): Climate Change Vulnerability Assessments: An Evolution of Conceptual Thinking. In: Climatic Change 75 (3), 301-329.

Gerstengarbe, F.-W. (2011): Szenarien für Deutschland: Auswirkungen des Klimawandels auf die Schadensituation in der Versicherungswirtschaft. Präsentation auf der Klimakonferenz des Gesamtverbands der Deutschen Versicherungswirtschaft.
http://www.gdv.de/2011/11/schadenszenarien-bis-zum-jahr-2100/klimakonferenz_praes2_szenarien_fuer_deutschland_pik_gerstengarbe_gdv/ (21.06.2012).

Gerstengarbe, F.-W.; Werner, P.C. (2009): Klimaextreme und ihr Gefährdungspotential für Deutschland. In: Geographische Rundschau 61 (9), 12-19.

Gerstengarbe, F.-W.; Werner, P. C. (2007): Der rezente Klimawandel. In: Endlicher, W.; Gerstengarbe, F.-W. (Hrsg.): Der Klimawandel – Einblicke, Rückblicke und Ausblicke. Potsdam, 34-43.

Gerstengarbe, F.-W.; Werner, P. C. (2005): private Mitteilung.

Giorgi, F.; Bi, X.; Pal. J (2004): Mean interannual and trends in a regional climate change experiment over Europe. II: Climate Change scenarios (2071-2100). In: Climate Dynamics 23 (7-8), 839-858.

Goppel, K. (1999): Funktionen und Grenzen der Raumordnung und Landesplanung. In: ARL – Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.): Grundriß der Landes- und Regionalplanung, Hannover, 94-113.

Göttle, A.; Joneck, M. (2009): Auswirkungen des Klimawandels auf technische Regeln, Genehmigungsverfahren und Risikomanagement. In: Wasser und Abfall 11 (10), 10-15.

Greiving, S. (2011): Strategische und operative Planungen. In: ARL – Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.): Grundriss der Raumordnung und Raumentwicklung 2011. Hannover, 392-395

Greiving, S. (2003): Ansatzpunkte für ein Risikomanagement in der Raumplanung. In: Karl, H.; Pohl, J. (Hrsg.): Raumorientiertes Risikomanagement in Technik und Umwelt. Katastrophenvorsorge durch Raumplanung. Hannover = Forschungs- und Sitzungsberichte der ARL 220. Hannover, 114-131.

Greiving, S.; Fleischhauer, M. (2012): National climate change adaptation strategies of European states from a spatial planning and development perspective. In: European Planning Studies 20 (1), 27-48.

Greiving, S.; Fleischhauer, M. (2008): Raumplanung: in Zeiten des Klimawandels wichtiger denn je! Größere Planungsflexibilität durch informelle Klimarisiko-Governance-Ansätze. In: RaumPlanung (137), 61-66.

Greiving, S.; Lindner, C. (2011): Assessment of Flash Flood Risk in a Continuous Urban Fabric by the Example of the City of Dortmund. In: Zenz, G.; Hornich, R. (Hrsg.): UFRIM – Urban Flood Risk Management. Approaches to enhance resilience of communities. Proceedings from the International Symposium, 21st–23rd September 2011. Graz, 257-262.

Grobe, H. (2007): Vereinfachte Darstellung von Geschichte und Zukunft der Kohlendioxid-Konzentration in der Atmosphäre.
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:CO2-variations-d_hg.png (21.06.2012).

Grünewald, U.; Schanze, J. (2011): Klimawandel – Konsequenzen für Wasser und Raum. In: von Haaren, C.; Galler, C. (Hrsg.): Zukunftsfähiger Umgang mit Wasser im Raum. = Forschungs- und Sitzungsberichte der ARL 234. Hannover, 44-51.

Grünewald, U.; Schümberg, S.; Wöllecke, B.; Graf-van Riesenbeck, G.; Piroth, K. (2009): Gutachten zu Entstehung und Verlauf des extremen Niederschlag-Abfluss-Ereignisses am 26.07.2008 im Stadtgebiet von Dortmund – einschließlich der Untersuchung der Funktionsfähigkeit

von wasserwirtschaftlichen Anlagen und Einrichtungen der Stadt, Emschergenossenschaft und Dritter in den Gebieten Dortmund-Marten, -Dorstfeld und -Schönau. Cottbus, Karlsruhe, Köln.

Günnewig, D. (2008): Kulturlandschaften und erneuerbare Energien: Konsequenzen für die Planungspraxis. Solarenergie – Potenzial und Auswirkungen. Vortrag am Fachforum des Kompetenzzentrums für Raumforschung und Regionalentwicklung in der Region Hannover am 15. Februar 2008.
http://www.kompetenzzentrum-hannover.de/vortraege2008/guennewig.pdf (30.08.2008).

Günnewig, D.; Wachter, T. (2006). Regenerative Energien und Kulturlandschaft. Flächenbedarfe und kulturlandschaftliche Auswirkungen am Beispiel der Region Uckermark-Barnim. In: Stadt und Grün (12), 44-47.

Haber, H. (1965): Unser blauer Planet. Stuttgart.

Haber, W.; Bückmann, W.; Endres, E. (2010): Anpassung des Landmanagements in Europa an den Klimawandel. In: Natur und Recht (32), 377-383.

Hall, J. W. (2003): Handling uncertainty in the hydroinformatic process. Journal of Hydroinformatics 5 (4), 215-232.

Halsnæs, K.; Shukla, P.; Ahuja, D.; Akumu, G.; Beale, R.; Edmonds, J.; Gollier, C.; Grübler, A.; Ha Duong, M.; Markandya, A.; McFarland, M.; Nikitina, E.; Sugiyama, T.; Villavicencio, A.; Zou, J. (2007): Framing issues. In: IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (Hrsg.): Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, New York.

Hamedinger, A; Dangschat, J. S.; Frey, O.; Breitfuss, A. (Hrsg.) (2008): Strategieorientierte Planung im kooperativen Staat. Wiesbaden.

Hasselmann, K.; Bengtsson, L.; Cubasch, U.; Hegerl, G. C.; Rodhe, H.; Roeckner, E.; von Storch, H.; Voss, R.; Waszkewitz, J. (1995): Detection of anthropogenic climate change using a fingerprint method. = Max-Planck-Institut für Meteorologie, Report No. 168. Hamburg.

Hecht, D. (2009): Anpassung an den Klimawandel – Herausforderungen für Gesellschaft, Wirtschaft und Staat. In: Raumforschung und Raumordnung 67 (2), 157-169.

Heiland, S.; Kowarik, I. (2008): Anpassungserfordernisse des Naturschutzes und seiner Instrumente an den Klimawandel und dessen Folgewirkungen. In: Informationen zur Raumentwicklung (6/7), 415-422.

Hendler, R.; Rödder, D.; Veith M. (2010): Flexibilisierung des Schutzgebietsnetzes Natura 2000 vor dem Hintergrund des Klimawandels. In: Natur und Recht (32), 692-698.

Herlitzius, L.; Schlipf, S. (2008): Klara-Net: Interdisziplinäre Herangehensweise zum Umgang mit dem Klimawandel. In: Bohn, S.; Herlitzius, L. (Hrsg.): Klimawandel – Markt für Strategien und Technologien?! Tagungsband zum 84. Darmstädter Seminar Abfalltechnik und Umwelt und Raumplanung. = WAR Schriftenreihe, Band 196. Darmstadt, 143-157.

Hochwasserschutzzentrale Köln; Stadtentwässerungsbetriebe Köln (2011): Hochwassergefahrenkarten Köln.
http://www.hw-karten.de/koeln/ (05.07.2012).

Holz-Rau, C. (1997): Siedlungsstrukturen und Verkehr. = Materialien zur Raumentwicklung 84. Bonn.

Höhnberg, Ulrich (2005): Raumordnungsverfahren. In: ARL – Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.): Handwörterbuch der Raumordnung. Hannover, 884-891.

Hutter, G. (2010): Strategische Planung als organisatorischer Wandel – eine Option zur Strategieentwicklung für Städte und Regionen. In: Hutter, G.; Wiechmann, T. (Hrsg.): Strategische Planung. Zur Rolle der Planung in der Strategieentwicklung für Städte und Regionen. = Planungsrundschau 18. Berlin, 187-206.

Hutter, G.; Harfst, J. (2011): Regional planners as organizers of goal directed networks. Some suggestions based on the project KLIMAfit in the region of Dresden. Präsentation beim 4. Workshop des Netzwerks Sozialwissenschaftliche Klimaanpassungsforschung am 06.04.2011 in Hamburg.

IHK Aachen – Industrie- und Handelskammer Aachen (2009): Fachbeitrag der Wirtschaft zum Landesentwicklungsplan NRW 2025.
http://www.aachen.ihk.de/produktmarken/standortpolitik/Regional_und_Bauleitplanung/1377252/Fachbeitrag_der_Wirtschaft_zum_Landesentwicklungsplan_NRW_2025.html (25.07.2012).

INCA project (2010): A bridge building approach to support a collaborative process between spatial planning and civil protection to make measures and actions of risk prevention and mitigation efficient, effective, strategically aligned and sustainable. A user-friendly guide to concept for practitioners.
http://www.project-inca.eu/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=14&Itemid=5&lang=en (25.07.2012).

Innenministerium des Landes Schleswig-Holstein (2010): Landesentwicklungsplan Schleswig-Holstein 2010.
http://www.schleswig-holstein.de/STK/DE/Schwerpunkte/Landesplanung/Raumordnungsplaene/Lep/DownloadLinks/lep__blob=publicationFile.pdf (25.07.2012).

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2012a): Summary for Policymakers. In: Field, C.B.; Barros, V.; Stocker, T. F.; Qin, D.; Dokken, D. J.; Ebi, K. L.; Mastrandrea, M. D.; Mach, K. J.; Plattner, G.-K.; Allen, S. K.; Tignor, M.; Midgley, P. M.: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, New York, 3-21.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (Hrsg.) (2012b): Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, New York.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (Hrsg.) (2007a): Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, New York.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (Hrsg.) (2007b): Climate Change 2007 – The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge, New York

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (Hrsg.) (2007c): Climate Change 2007 – Synthesis Report. Contribution of the Working Group I, II, and III to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (Hrsg.) (2007d): Summary for Policymakers. In: Solomon, S.; Qin, D.; Manning, M.; Chen, Z.; Marquis, M.; Averyt, K.B.; Tignor M.; Miller H.L. (Hrsg.): Climate change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, New York.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (Hrsg.) (2007e): Climate Change 2007: Synthesis Report. Summary for Policymakers.
http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_spm.pdf (01.08.2012).

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (Hrsg.) (2000): IPCC Special Report on Emissions Scenarios: a Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, New York.

ISO – International Organization of Standardization (2009): Risk management – Vocabulary. ISO/IEC Guide 73.
http://www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=44651 (12.07.2012).

Jacob, D. (2009): Regionalisierte Szenarien des Klimawandels. In: Raumforschung und Raumordnung 67 (2), 89-96.

Jacob, D.; Göttel, H.; Kotlarski, S.; Lorenz, P.; Sieck, K. (2008): Klimaauswirkungen und Anpassung in Deutschland – Phase 1: Erstellung regionaler Klimaszenarien für Deutschland. = Climate change 11.

Janssen, G. (2012): Rechtsinstrumente der Klimaanpassung. In: Birkmann, J.; Schanze, J.; Müller, P.; Stock, M. (Hrsg.): Anpassung an den Klimawandel durch räumliche Planung – Grundlagen, Strategien und Instrumente. = E-Paper der ARL Nr. 13. Hannover, 106-120.

Janssen, G. (2010): Der Klimawandel – Entgegnung aus rechtlicher Sicht – allgemeine Rechtsfragen unter besonderer Berücksichtigung des Raumplanungsrechts, Wasserrechts und Rechts der Umweltverträglichkeitsprüfung. Vortrag im Rahmen des Abschlussworkshops KLIMAPAKT am 6.November 2010 in Hannover.
http://arlkur.server72.de/sites/default/files/Janssen_Rechtliche%20Aspekte.pdf (25.07.2012).

Janssen, G.; Albrecht, J. (2008): Umweltschutz im Planungsrecht. Die Verankerung des Klimaschutzes und des Schutzes der biologischen Vielfalt im raumbezogenen Planungsrecht. Dessau-Roßlau.

Janssens, I. A.; Freibauer, A.; Schlamadinger, B.; Ceulemans, R.; Ciais, P.; Dolman, A. J.; Heimann, M.; Nabuurs, G. J.; Smith, P.; Valentini, R.; Schulze, E. D. (2005): The carbon budget of terrestrial ecosystems at country-scale – a European case study. In: Biogeosciences (2), 15-26.

Kagermeier, A. (1997): Siedlungsstrukturell bedingter Verkehrsaufwand in großstädtischen Verflechtungsbereichen. In: Raumforschung und Raumordnung (4/5), 316-326.

Kaiser, M. (2006): Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung als Baustein einer nachhaltigen Siedlungsentwicklung. In: Raumforschung und Raumordnung 64 (2), 126-134.

Karl, F. (2006): Energieversorgung und erneuerbare Energien. In: Karl, F. (Hrsg.): Erneuerbare Energien als Gegenstand von Festlegungen in Raumordnungsplänen. = Arbeitsmaterial der ARL 319. Hannover, 6-16.

Keim, K. D.; Kühn, M. (2002): Regionale Entwicklungskonzepte. Strategien und Steuerungswirkungen. = Arbeitsmaterial der ARL 287. Hannover.

Kemper, T.; Schlipf, S. (2011): Integration des Themas „Klimaanpassung" in regionale Entwicklungsprozesse am Beispiel der Dorferneuerung in Südhessen. In: Frommer, B.; Buchholz, F.; Böhm, H. R. (Hrsg.): Anpassung an den Klimawandel – regional umsetzen! Ansätze zur Climate Adaptation Governance unter der Lupe. München, 217-238.

Kilper, H. (2006): Komplexe Erneuerungsprozesse steuern – Erfahrungen an der Emscher. Folgerungen für die Steuerungstheorie. In: Selle, K. (Hrsg.) (2006): Planung neu denken, Bd. 2. Praxis der Stadt- und Regionalentwicklung: Analysen. Erfahrungen. Folgerungen. Dortmund, 131-145.

Kment, M. (2010a): Anpassung an den Klimawandel: Internationaler Rahmen, europäische Strategische Adaptionsprüfung und Fortentwicklung des nationalen Verwaltungsrechts. In: Juristen-Zeitung (2), 62-72.

Kment, M. (2010b): Rechtsfragen der Klimaanpassung. In: ILS – Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung (Hrsg.): Veranstaltungsdokumentation. 15. Konferenz für Planerinnen und Planer NRW. Klimaschutz und Klimaanpassung: Herausforderungen – Strategien – Beispiele für Stadt und Region. Dortmund, 40-45.

Knieling, J. (2011): Planerisch-organisatorische Anpassungspotenziale an den Klimawandel. In: von Storch, H.; Claussen, M. (Hrsg.): Klimabericht für die Metropolregion Hamburg. Berlin, Heidelberg, 231-270.

Knieling, J. (2009): Climate Change Governance in Metropolregionen: Welche Steuerungsformen können zur Umsetzung der Klimaschutzziele auf regionaler Ebene beitragen? In: Mörsdorf, F. L.; Ringel, J.; Strauß, C. (Hrsg.) (2009): Anderes Klima. Andere Räume! Zum Umgang mit Erscheinungsformen des veränderten Klimas im Raum: Tagungsband. = ISB Schriftenreihe, Band 19. Norderstedt, 347-358.

Knieling, J. (2003): Kooperative Regionalplanung und Regional Governance: Praxisbeispiele, Theoriebezüge und Perspektiven. In: Informationen zur Raumentwicklung (8/9), 463-478.

Knieling, J. (2000): Leitbildprozesse und Regionalmanagement: Ein Beitrag zur Weiterentwicklung des Instrumentariums der Raumordnungspolitik. Frankfurt/Main.

Knieling, J.; Weick, T. (2005): Regionale Entwicklungskonzepte. In: ARL – Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.): Handwörterbuch der Raumordnung. Hannover, 928-933.

Knight, F. H. (1921): Risk, uncertainty and profit. Boston.

Köck, W.; Bovet, J., (2008): Windenergieanlagen und Freiraumschutz. In: NuR – Natur und Recht (30), 529-534.

Köhl, W. K. (1999): Anmerkungen zur künftigen Ausgestaltung der Landes- und Regionalplanung – Offene Fragen. In: ARL – Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.): Grundriß der Landes- und Regionalplanung. Hannover, 372-385.

Kommission der Europäischen Gemeinschaften (2009): Weißbuch Anpassung an den Klimawandel: Ein europäischer Aktionsrahmen.
http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2009:0147:FIN:DE:PDF (25.07.2012).

Kommission der Europäischen Gemeinschaften (2007): Grünbuch der Kommission an den Rat, das Europäische Parlament, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Anpassung an den Klimawandel in Europa – Optionen für Maßnahmen der EU.
http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/de/com/2007/com2007_0354de01.pdf (25.07.2012).

Kommission der Europäischen Gemeinschaften (1999): Vorbereitungen für die Umsetzung des Kyoto-Protokolls. Mitteilung der Kommission an den Rat und das Europäische Parlament vom 19. Mai 1999: KOM (1999) 230. Brüssel.

Krautzberger, M. (2008a): Baugesetzbuch bietet Chancen. Städtebaurechtliche Möglichkeiten der Kommunen für den Klimaschutz. In: Stadt und Gemeinde (5), 155-156.

Krautzberger, M. (2008b): Klimaschutz im Städtebau. Was können städtebauliche Verträge leisten? In: RaumPlanung (137), 67-71.

Kropp, J. (2007): Wo der Klimawandel NRW trifft. Interview mit dem Potsdamer Klimaforscher Jürgen Kropp. Rheinische Post, 27. Januar.

Kropp, J. P.; Daschkeit, A. (2008): Anpassung und Planungshandeln im Licht des Klimawandels. In: Informationen zur Raumentwicklung (6-7), 353-361.

Kruska, V.; Emmerling, C. (2008): Flächennutzungswandel durch Biogaserzeugung. Regionale und lokale Erhebungen in Rheinland-Pfalz. In: Naturschutz und Landschaftsplanung 40 (3), 69-72.

Kuder, T. (2008): Leitbildprozesse in der strategischen Planung. In: Hamedinger, A.; Dangschat, J. S.; Frey, O.; Breitfuss, A. (Hrsg.): Strategieorientierte Planung im kooperativen Staat. Wiesbaden, 178-192.

Kufeld, W. (2010): Diskussion raumplanerischer Handlungsmöglichkeiten zum Umgang mit dem Klimawandel – Ansätze aus der Praxis in Oberbayern. Vortrag im Rahmen des ARL-AK Workshops „Diskussion raumplanerischer Handlungsmöglichkeiten zum Umgang mit dem Klimawandel“ am 22.06.2010 in Bonn.
http://arlkur.server72.de/sites/default/files/Kufeld_Bsp%20Oberbayern.pdf (25.07.2012).

Kufeld, W. (2004): Das Siedlungskonzept der Region München als Baustein für eine kooperative, umsetzungsorientierte Regionalentwicklung. In: SRL – Vereinigung für Stadt-, Regional- und Landesplanung (Hrsg.): Stadtregion 2030+ Visionen und der Traum vom Miteinander. = SRL-Schriftenreihe Band 52.Berlin, 118-126.

Kühn, M. (2010): Strategiebildung in Städten – zwischen Government und Governance, Planung und Politik: In: Hutter, G.; Wiechmann, T. (Hrsg.): Strategische Planung. Zur Rolle der Planung in der Strategieentwicklung für Städte und Regionen. = Planungsrundschau 18. Berlin, 85-99.

Land Sachsen-Anhalt (2010): Landesentwicklungsplan 2010 des Landes Sachsen-Anhalt.
http://www.landesrecht.sachsen-anhalt.de/jportal/portal/t/19cb/page/bssahprod.psml?doc.hl=1&doc.id=jlr-LEPST2010rahmen%3Ajuris-lr00&documentnumber=2&numberofresults=41&showdoccase=1&doc.part=X&paramfromHL=true#jlr-LEPST2010pLEP (25.07.2012).

Langlais, R. (2009): Adaptigation. In: Journal of Nordregio 9 (4), 2.

LAWA – Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (2010): Strategiepapier „Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft“ – Bestandsaufnahme und Handlungsempfehlungen.
http://www.lawa.de/documents/LAWA_Strategiepapier25_26032010_6fe.pdf (12.07.2012).

Leitinger, R. (2007): Erneuerbare Energie aus Pflanzen – Überlegungen anhand von Daten aus Oberösterreich. In: Local land and soil news (22/23), 27-28.

Lenton, T. M.; Held, H.; Kriegler,E.; Hall, J. W.; Lucht, W.; Rahmstorf, S.; Schellnhuber, H. J. (2008): Tipping elements in the Earth's climate system. = Proceedings of the National Academy of-Sciences of the United States of America 105 (6), 1786-1793.

Lim, B.; Spanger-Siegfried, E. (2004). Adaptation Policy Frameworks for Climate Change: Developing Strategies, Policies and Measures. Cambridge.

Löb, S. (2006): Problembezogenes Regionalmanagement. Dortmund.

Löb, S. (2005): Regionalmanagement. In: ARL – Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.): Handwörterbuch der Raumordnung. Hannover, 942-949.

Locher, B.; Hülsmann, W.; Schablitzki, G.; Dickow-Hahn, R.; Wagener-Lohse, C. (1997): Zum Stellenwert der Regionalplanung in der nachhaltigen Entwicklung. = UBA-Texte 31. Berlin.

Luhmann, N. (1991): Soziologie des Risikos. Berlin, New York.

Luhmann, N. (1990): Soziologische Aufklärung 5. Opladen.

Lülf, M. (2008): Bewältigung von Klimaschutz und Klimaanpassung in Städten und städtischen Agglomerationen durch die Raumplanung? In: ARL – Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.): Städte und Regionen im Klimawandel. = E-Paper der ARL 5. Hannover, 68-85.

Luther, J.; Schanze, J. (2009): Exploring and evaluating futures of riverine flood risk systems – the example of the Elbe River. In: Samuels, P. (Hrsg.): Flood Risk Management: Research and Practice. London, 1753-1763.

Mastrandrea, M. D.; Field, C. B.; Stocker T. F.; Edenhofer, O.; Ebi, K. L.; Frame, D. J.; Held, H.; Kriegler, E.; Mach, K. J.; Matschoss, P. R.; Plattner, G.-K.; Yohe, G. W.; Zwiers, F. W. (2010): Guidance note for lead authors of the IPCC Fifth Assessment Report on consistent treatment of uncertainties. http://www.ipcc-wg2.gov/meetings/CGCs/Uncertainties-GN_IPCCbrochure_lo.pdf (12.07.2012).

Meinshausen, M.; Smith, S. J.; Calvin, K. V.; Daniel, J. S.; Kainuma, M.; Lamarque, J. F.; Matsumoto, K.; Montzka, S. A.; Raper, S. C. B.; Riahi, K.; Thomson, A. M.; Velders, G. J. M.; van Vuuren, D. (2011): The RCP Greenhouse Gas Concentrations and their Extension from 1765 to 2300. In: Climatic Change 109, 213-241.

Merz, B.; Kaiser. K.; Bens, O.; Emmermann, R.; Flühler, H.; Grünewald, U.; Negendank, J. F. W. (2012): Klimawandel und Wasserhaushalt. In: Hüttl, R. F.; Bens, O. (Hrsg.): Georessource Wasser – Herausforderung Globaler Wandel: Beiträge zu einer integrierten Wasserressourcenbewirtschaftung in Deutschland. = Acatech Position. Berlin, 24-90.

Ministerium für Landesentwicklung und Verkehr (2011): Landesentwicklungsplan des Landes Sachsen-Anhalt.
http://www.sachsen-anhalt.de/index.php?id=lep (25.07.2012).

MKRO – Ministerkonferenz für Raumordnung (2009): Raumordnung und Klimawandel – Beschluss der 36. Ministerkonferenz für Raumordnung am 10. Juni 2009 in Berlin.
http://www.bmv.de/cae/servlet/contentblob/28668/publicationFile/10694/beschluss-zu-raumordnung-und-klimawandel-10-juni-2009.pdf (21.06.2012).

MKULNV NRW – Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2011): Klimaschutzgesetz NRW.
http://www.umwelt.nrw.de/klima/klimaschutzgesetz-nrw/index.php (25.07.2012).

MKULNV NRW – Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2010): Handbuch Stadtklima. Düsseldorf.

MLR Schleswig-Holstein – Ministerium für ländliche Räume, Landesplanung, Landwirtschaft und Tourismus des Landes Schleswig-Holstein (2001): Generalplan Küstenschutz. Integriertes Küstenzonenmanagement in Schleswig-Holstein 2001. Kiel.

Möckel, S.; Köck, W. (2009): Naturschutzrecht im Zeichen des Klimawandels – Vorläufige Bewertung und weiterer Forschungsbedarf. In: NuR – Natur und Recht 31 (5), 318-325.

Moss, R.; Babiker, M.; Brinkman, S.; Calvo, E.; Carter, T.; Edmonds, J.; Elgizouli, I.; Emori, S.; Erda, L.; Hibbard, K.; Jones, R.; Kainuma, M.; Kelleher, J.; Lamarque, J. F.; Manning, M.; Matthews, B.; Meehl, J.; Meyer, L.; Mitchell, J.; Nakicenovic, N.; O'Neill, B.; Pichs, R.; Riahi, K.; Rose, S.; Runci, P.; Stouffer, R.; van Vuuren, D.; Weyant, J.; Wilbanks, T.; van Ypersele, J. P.; Zurek, M. (2008): Towards New Scenarios for Analysis of Emissions, Climate Change, Impacts, and Response Strategies. Technical Summary. Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva.

MunichRe (2010): Topics Geo: Naturkatastrophen 2010. Analysen, Bewertungen, Positionen. München.

MUNLV – Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2009): Anpassung an den Klimawandel. Eine Strategie für Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf.

NASA – National Aeronautics and Space Administration, Goddard Institute for Space Studies (2011): GISS Surface Temperature Analysis. Analysis Graphs and Plots. http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs/ (25.06.2012).

NASA – National Aeronautics and Space Administration, Goddard Institute for Space Studies (2004): Forcings in GISS Climate Model: Solar Irradiance. http://data.giss.nasa.gov/modelforce/solar.irradiance/ (01.08.2012).

Naumann, T.; Nikolowski, J.; Golz, S. (2009): Der gebäudetypologische VERIS-Elbe-Ansatz zur Ermittlung von Überflutungsschäden an Gebäuden im Klimawandel. In: Mörsdorf, F. L.; Ringel, J.; Strauß, C. (Hrsg.): Anderes Klima. Andere Räume! Zum Umgang mit Erscheinungsformen des veränderten Klimas im Raum. Norderstedt, 249-262.

NBBW – Nachhaltigkeitsbeirat Baden-Württemberg (2008): Energie aus Biomasse: Potenziale und Empfehlungen für Baden-Württemberg. Stuttgart. http://www.nachhaltigkeitsbeirat-bw.de/mainDaten/dokumente/bioenergiegutachten.pdf (13.11.2008).

Neubert, M.; Naumann, T.; Luther, J.; Schanze, J. (2011): Veränderung der Hochwasserschäden und -risiken. In: Schanze, J.; Schwarze, R.; Horlacher, H.-B.; Deilmann, C.; (Hrsg.): Veränderung und Management der Risiken extremer Hochwasserereignisse in großen Flussgebieten – am Beispiel der Elbe (im Erscheinen).

Neumann, I. (Hrsg.) (2005): Szenarioplanung in Städten und Regionen. Theoretische Einführung und Praxisbeispiele. Dresden.

Niederrheinische IHK – Niederrheinische Industrie- und Handelskammer (2009): Landesplanung. http://www.ihk-niederrhein.de/Landesplanung (25.07.2012).

Nitsch, J.; Pregger, T.; Scholz, Y., Naegler, T.; Sterner, M.; Gerhardt, N.; von Oehsen, A.; Pape, C.; Saint-Drenan, Y.-M.; Wenzel, B. (2010): Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global. Berlin.

Nitsch, J.; Wenzel, B. (2009): Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland unter Berücksichtigung der europäischen und globalen Entwicklung – Leitszenario 2009. Berlin.

Orlowsky, B.; Gerstengarbe, F.-W.; Werner, P. C. (2008): A resampling scheme for regional climate simulations and its performance compared to a dynamical RCM. In: Theoretical and Applied Climatology 92 (3-4), 209-223.

Overbeck, G.; Hartz, A.; Fleischhauer, M. (2008): Ein 10-Punkte-Plan „Klimaanpassung". Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel im Überblick. In: Informationen zur Raumentwicklung (6/7), 363-380.

Overbeck, G.; Sommerfeldt, P.; Köhler, S.; Birkmann, J. (2009): Klimawandel und Regionalplanung. Ergebnisse einer Umfrage des ARL-Arbeitskreises „Klimawandel und Raumplanung". In: Raumforschung und Raumordnung 67 (2), 193-203.

Palmer, M. A.; Lettenmaier, D. P.; Poff, N. L.; Postel, S. L.; Richter, B.; Warner, R. (2009): Climate Change and River Ecosystems: Protection and Adaptation Options. In: Environmental Management (44), 1053-1068.

Patwardhan, A.; Burton, I.; Corfee-Morlot, J.; Magadza, C. H. D.; Füssel, H.-M.; Pittock, A. B.; Rahman, A.; Suarez, A.; van Ypersele, J.-P. (2009): Assessing dangerous climate change through an update of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) "reasons for concern". = Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, DOI 10.1073/pnas.0812355106.

Pavlik, D.; Soehl, D.; Pluntke, T.; Mykhnovych, A.; Bernhofer, C. (2012): Dynamic downscaling of global climate projections for Eastern Europe with a horizontal resolution of 7 km. In: Environmental Earth Sciences 65 (5), 1475-1482.

Petit, J. R.; Jouzel, J.; Raynaud, D.; Barkov, N. I.; Barnola, J. M.; Basile, I.; Bender, M.; Chappellaz, J.; Davis, J.; Delaygue, G.; Delmotte, M.; Kotlyakov, V. M.; Legrand, M.; Lipenkov, V.; Lorius, C.; Pépin, L.; Ritz, C.; Saltzman, E.; Stievenard, M. (1999): Climate and Atmospheric History of the Past 420,000 years from the Vostok Ice Core, Antarctica. In: Nature 399, 429-436.

Petoukhov, V.; Semenov, V. A. (2010): A link between reduced Barents-Kara sea ice and cold winter extremes over northern continents. In: Journal of Geophysical Research (115), DOI 10.1029/2009JD013568.

PIK – Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (2012): Lufttemperatur Mittel. http://www.pik-potsdam.de/services/klima-wetter-potsdam/klimazeitreihen/lufttemperatur-mittel (21.06.2012).

Pohl, J.; Zehetmair, S. (Hrsg.) (2011): Risikomanagement als Handlungsfeld in der Raumplanung. = Arbeitsmaterial der ARL 357. Hannover.

Prognos AG; Wuppertal-Institut für Umwelt, Klima, Energie; Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung; Universität Stuttgart (Hrsg.) (2002): Szenarienerstellung: Endbericht. Gutachten im Auftrag der Enquete-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und der Liberalisierung" des Deutschen Bundestags. Basel, Wuppertal, Stuttgart.

Rahmstorf, S. (2010): Werden Winter kälter?
http://www.scilogs.de/wblogs/blog/klimalounge/klimadaten/2010-12-08/werden-winter-kaelter (10.06.2013).

Rahmstorf, S. (2009): Die sogenannten „Klimaskeptiker".
http://www.pik-potsdam.de/~stefan/klimaskeptiker.html (01.08.2012).

Rahmstorf, S. (2007): Klimaschwindel bei RTL.
http://www.pik-potsdam.de/~stefan/klimaschwindel.html (01.08.2012).

Rahmstorf, S. (2002): Ocean circulation and climate during the past 120,000 years. In: Nature (419), 207-214.

Rahmstorf, S.; Schellnhuber, H. J. (2006): Der Klimawandel. München.

Rannow, S.; Finke, R. (2008): Instrumentelle Zuordnung der planerischen Aufgabe des Klimaschutzes. In: Klee, A.; Knieling, J.; Scholich, D.; Weiland, U. (Hrsg.): Städte und Regionen im Klimawandel. = E-Paper der ARL 5. Hannover, 44-67.

Region Hannover (Hrsg.) (2011): Verkehrsentwicklungsplan pro Klima (VEP pro Klima).
http://www.hannover.de/content/download/224910/3523639/version/1/file/Verkehrsentwicklungsplan--proKlima--der-Region-Hannover.pdf (10.06.2013).

Regionalverband Bodensee-Oberschwaben (2010): Klimafibel: Ergebnisse der Klimaanalyse für die Region Bodensee-Oberschwaben und ihre Anwendung in der regionalen und kommunalen Planung.
http://www.bodensee-oberschwaben.de/upload/Info_Heft_11_Klimafibel_Internet_652.pdf (24.06.2011).

Regionalverband Nordschwarzwald (2007): Teilregionalplan Regenerative Energien. = Materialien zur Regionalentwickung 122. Pforzheim.

Reim, U. (2009): Kombinierter Verkehr 2007. Weiteres Wachstum im Eisenbahn-, Binnenschiffs- und Seeverkehr. In: Wirtschaft und Statistik (6), 584-595. https://www.destatis.de/DE/Publikationen/WirtschaftStatistik/Verkehr/Kombinierterverkehr07.pdf (10.06.2013).

Renn, O. (2008): Risk governance: Coping with uncertainty in a complex world. London.

Ribeiro, M.; Losenno, C.; Dworak, T.; Massey, E.; Swart, R.; Benzie, M.; Laaser, C. (2009): Final report: Design of guidelines for the elaboration of Regional Climate Change Adaptations Strategies. http://ec.europa.eu/clima/policies/adaptation/docs/ras_final_report_en.pdf (01.08.2012).

Riechel, R. (2011): Wissen auf dem Weg zur Umsetzung. Die Rolle von regionalen Akteursnetzwerken zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels. In: Frommer, B.; Buchholz, F.; Böhm, H. R. (Hrsg.): Anpassung an den Klimawandel regional umsetzen! Ansätze zur Climate Adaptation Governance unter der Lupe. München, 102-216.

Riechel, R.; Frommer, B.; Buchholz, F. (2009): Anpassung an den Klimawandel durch regionale Netzwerke – die unterschiedlichen Akteursrollen in der Netzwerkarbeit. In: Mörsdorf, F. L.; Ringel, J.; Strauß, C. (Hrsg.) (2009): Anderes Klima. Andere Räume! Zum Umgang mit Erscheinungsformen des veränderten Klimas im Raum. = Schriftenreihe des Instituts für Stadtentwicklung und Bauwirtschaft 19. Norderstedt, 359-370.

Ritter, E.-H. (2007): Klimawandel – eine Herausforderung an die Raumplanung. In: Raumforschung und Raumordnung 65 (6), 531-538.

Rockel, B.; Will, A.; Hense, A. (2008): Special issue on Regional climate modelling with COSMO-CLM (CCLM). In: Meteorologische Zeitschrift 17 (4), 347-348.

Ruddiman, W. F. (2003): The anthropogenic greenhouse era began thousands of years ago. In:Climatic Change (61), 261-293.

Sächsisches Staatsministerium des Innern (2012): Entwurf des Landesentwicklungsplans 2012. http://www.landesentwicklung.sachsen.de/11117.htm (25.07.2012).

Samuels, P.; Gouldby, B.; Klijn, F.; Messner, F.; Os, van A.; Sayers, P.; Schanze, J.; Udale-Clarke, H. (2009): Language of Risk. Project definitions (Second Edition). http://www.floodsite.net/html/partner_area/project_docs/T32_04_01_FLOODsite_Language_of_Risk_D32_2_v5_2_P1.pdf (23.07.2012).

Schaller, M.; Weigel, H.-J. (2008): Analyse des Sachstandes zu Auswirkungen von Klimaveränderungen auf die deutsche Landwirtschaft und Maßnahmen zur Anpassung. = Landbauforschung Sonderheft 316. Braunschweig.

Schanze, J. (2009): Flood risk management – basic understanding and integrated methodologies. In: Schanze, J.; Bakonyi, P.; Borga, M.; Marchand, M.; Jimenez, J. A.; Kaiser, G. (Hrsg.): Methodologies for integrated flood risk management; research advances at European pilot sites. = FLOODsite Report T21-09-08.

Schanze, J. (2006): Flood Risk Management – A Basic Framework. In: Schanze, J.; Zeman, E.; Marsalek, J. (Hrsg.) Flood Risk Management: Hazards, Vulnerability and Mitigation Measures. Dordrecht, 1-20.

Schanze, J.; Sauer, A. (2013): Parameterised regional futures: A policy-oriented scenario approach for regional climate change impact assessment and adaptation. In: Regional Environmental Change (im Erscheinen).

Schanze, J.; Schwarze, R.; Horlacher, H.-B.; Deilmann, C.; Rademacher, S. (Hrsg.) (2013): Veränderung und Management der Risiken extremer Hochwasserereignisse in großen Flussgebieten – am Beispiel der Elbe (im Erscheinen).

Schanze, J.; Trümper, J.; Burmeister, C.; Pavlik, D.; Kruhlov, I. (2012): A methodology for dealing with regional change in integrated water recources management. Environmental Earth Sciences 65 (5), 1405 -1414.

Scherzberg, A. (1993): Risiko als Rechtsproblem. In: Verwaltungsarchiv (84), 484-513.

Schlipf, S.; Herlitzius, L.; Frommer, B. (2008): Regionale Steuerungspotenziale zur Anpassung an den Klimawandel. Möglichkeiten und Grenzen formeller und informeller Planung. In: Raum Planung (137), 77-82.

Schmidt, C.; Seidel, A.; Kolodziej, J.; Klama, K.; Schottke, M.; Berkner, A.; Friedrich, M.; Chmieleski, S. (2011): Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel: Region Westsachsen. Vulnerabilitätsanalyse Westsachsen.
http://www.klimamoro.de/fileadmin/Dateien/Ver%C3%B6ffentlichungen/Publikatione_aus_den_Modellregionen/Westsachsen_Vulnerabilit%C3%A4tsanalyse_web.pdf (12.07.2012).

Schneider, S. H.; Semenov, S.; Patwardhan, A.; Burton, I.; Magadza, C. H. D.; Oppenheimer, M.; Pittock, A. B.; Rahman, A.; Smith, J. B.; Suarez, A.; Yamin, F. (2007): Assessing key vulnerabilities and the risk from climate change. In: IPCC – Intergovernmental on Climate Change (Hrsg.): Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, New York, 779-810.

Scholl, B. (2005): Strategische Planung. In: ARL – Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.): Handwörterbuch der Raumordnung. Hannover, 1122-1129.

Schultze, C.; Köppel, J. (2007): Gebietskulissen für den Energiepflanzenanbau? Steuerungsmöglichkeiten der Planung. In: Naturschutz und Landschaftsplanung (9), 269-273.

Seht, H. von. (2010): Eine neue Raumordnung: erforderlich für den Klimaschutz. In: RaumPlanung (153), 277-282.

Siedentop, S.; Hesse, M. (2005): Mobilität im suburbanen Raum. Neue verkehrliche und raumordnerische Implikationen des räumlichen Strukturwandels. Abschlussbericht des Forschungsvorhabens 70.716 im Auftrag des BMVBW, Forschungsprogramm Stadtverkehr. Dresden, Berlin.

Slovic, P. (2000): The Perception of Risk. London.

Smith, J. B.; Schneider, S. H.; Oppenheimer, M.; Yohe, G. W.; Hare, W.; Mastrandrea, M. D.; Patwardhan, A.; Burton, I.; Corfee-Morlot, J.; Magadza, C. H. D.; Füssel, H.-M.; Pittock, A. B.; Rahman, A.; Suarez, A.; van Ypersele, J.-P. (2009): Assessing dangerous climate change through an update of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) "reasons for concern". = Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, DOI 10.1073/pnas.0812355106.

Spannowsky, W.; Runkel, P.; Goppel, K. (Hrsg.) (2010): Raumordnungsgesetz (ROG). Kommentar. München.

Spekat, A.; Enke, W.; Kreienkamp, F. (2007): Neuentwicklung von regional hoch aufgelösten Wetterlagen für Deutschland und Bereitstellung regionaler Klimaszenarios auf der Basis von globalen Klimasimulationen mit dem Regionalisierungsmodell WETTREG auf der Basis von globalen Klimasimulationen mit ECHAM5/MPI-OM T63L31 2010 bis 2100 für die SRES-Szenarios B1, A1B und A2: Forschungsprojekt im Auftrag des Umweltbundesamtes; FuE-Vorhaben. Endbericht. = Publikationen des Umweltbundesamtes. Dessau.

SRU – Sachverständigenrat für Umweltfragen (2009): Abscheidung, Transport und Speicherung von Kohlendioxid. Der Gesetzentwurf der Bundesregierung im Kontext der Energiedebatte. = Stellungnahme Nr. 13. Berlin.

SRU – Sachverständigenrat für Umweltfragen (2008): Umweltschutz in Zeiten des Klimawandels: Umweltgutachten. Berlin.

SRU – Sachverständigenrat für Umweltfragen (2007): Klimaschutz durch Biomasse: Sondergutachten. Berlin.

SRU – Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (1999): Umwelt und Gesundheit – Risiken richtig einschätzen. = Sondergutachten des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen. Bundestags-Drucksache 14/2300. Bonn.

Stadtentwässerungsbetriebe Köln (2011): Hochwasserschutzzentrale Köln.
http://www.steb-koeln.de/hochwasser.html (24.07.2012).

Staiger, U. (2011): Relevanz des Baurechts für die Klimaanpassung. In: Technische Universität Darmstadt (Hrsg.) (2011): Anpassung an die Folgen des Klimawandels. Handlungskonzept für das Gersprenz-Einzugsgebiet. Darmstadt, 77-84.

Stern, N. (2007): Stern Review: The Economics of Climate Change. Cambridge.

Stock, M. (2011): Unsicherheiten regionaler Klimaszenarien, 4. KlimaMORO-Konferenz, Berlin. http://www.klimamoro.de/fileadmin/Dateien/Veranstaltungen/4._KlimaMORO_Konferenz/Praesentationen/Stock_Unsicherheiten_regionaler_Klimaszenarien_2011-11-07.pdf

Stock, M. (2010): Predictions, Projections, and Perspectives of Climate Change. In: Nova Acta Leopoldina Band 111 (381), 15-22.

Stock, M. (2008) Klimawandel und Szenarien für Deutschland und ihre möglichen Folgen für Land- und Wasserwirtschaft. In: Archiv Tierzucht (51) (Sonderheft), 5-11.

Stock, M.; Kropp, J.; Walkenhorst, O. (2009): Risiken, Vulnerabilität und Anpassungserfordernisse für klima-verletzliche Regionen. In: Raumforschung und Raumordnung 67 (2), 97-113.

Stock, P. (2010): Stadtentwicklungsplan Klima (StEP): Klima Berlin. Vortrag im Rahmen des 2. Workshops zum Gemeinsamen Raumordnungskonzept Energie und Klima (GRK) Berlin Brandenburg am 29.11.2010 in Berlin. Unveröffentlicht.

Tebbe, A.; Winter, J. C. (2010): Regionalplanerische Steuerungsansätze für den Ausbau erneuerbarer Energien – Betrachtung der Regionen Hannover und Nordschwarzwald. Diplomarbeit an der Fakultät für Raumplanung, Technische Universität Dortmund. Dortmund.

Tietz, H.-P. (2007): Systeme der Ver- und Entsorgung: Funktionen und räumliche Strukturen. Wiesbaden.

Tietz, H.-P.; Fromme, J. (2010): Strategische Einbindung regenerativer Energien in regionale Energiekonzepte – Folgen und Handlungsempfehlungen aus Sicht der Raumordnung. Ergebnisse. http://www.bbsr.bund.de/cln_016/nn_21684/BBSR/DE/FP/MORO/Studien/Einbindung Energiekonzepte/03__Ergebnisse__Phase3.html (13.12.2010).

TMBLV – Thüringer Ministerium für Bau, Landesentwicklung und Verkehr (2012): Medieninformation 264/2012: Klaan: LEP ist verlässliche Grundlage.
http://www.thueringen.de/th9/tmblv/presse/pm/67803/index.aspx (01.11.2012).

TMBLV – Thüringer Ministerium für Bau, Landesentwicklung und Verkehr (2011): 1. Entwurf Landesentwicklungsprogramm. LEP Thüringen 2025: Kulturlandschaft im Wandel – Herausforderungen annehmen, Vielfalt bewahren, Veränderungen gestalten. Erfurt.

Tomassini, I.; Jacob, D. (2009): Spatial analysis of trends in extreme precipitation events in high-resolution climate model results and observations for Germany. In: Journal of Geophysical Research (114), DOI 10.1029/2008JD010652.

UBA – Umweltbundesamt (2010a): Klimaschutz: Häufig gestellte Fragen zum Thema Klimaänderung.
http://www.umweltbundesamt.de/klimaschutz/klimaaenderungen/faq/skeptiker.htm (01.08.2012).

UBA – Umweltbundesamt (Hrsg.) (2009a): Konzeption des Umweltbundesamtes zur Klimapolitik – Notwendige Weichenstellungen 2009. = Climate Change 14/2009. Dessau-Roßlau.

UBA – Umweltbundesamt (2009b): CCS – Rahmenbedingungen des Umweltschutzes für eine sich entwickelnde Technik. Dessau.

UBA – Umweltbundesamt (2009c): Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen 2009. Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990-2007.
http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/4126.pdf (10.06.2013).

UKCIP – UK Climate Impact Programme (2010). UKCIP Adaptation Wizard.
www.ukcip.org.uk/wizard/ (07.04.2011).

UN/ISDR – United Nations International Strategy for Disaster Reduction (2004): Living with Risk: A global review of disaster reduction initiatives. Volume II Annexes. Genf.

UN/ISDR – United Nations International Strategy for Disaster Reduction (2004): Terminology: Basic terms of disaster risk reduction.
http://www.unisdr.org/we/inform/terminology (12.07.2012).

UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change (2010): Status of Ratification of the Convention.
http://unfccc.int/essential_background/convention/status_of_ratification/items/2631.php (08.12.2010).

UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change (1997): Protokoll von Kyoto zum Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen.
http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpger.pdf (24.07.2012).

UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change (1992): Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen.
http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convger.pdf (29.01.2002).

UVS – Unternehmensvereinigung Solarwirtschaft; NABU – Naturschutzbund Deutschland (2005): Kriterien für naturverträgliche Photovoltaik-Freiflächenanlagen. Vereinbarung zwischen Unternehmensvereinigung Solarwirtschaft (UVS) und Naturschutzbund Deutschland – NABU.
http://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/energie/solarenergie/1.pdf (13.12.2010)

Vallée, D. (2011): Zusammenwirken von Raumplanung und raumbedeutsamen Fachplanungen. In: ARL – Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.): Grundriss der Raumordnung und Raumentwicklung. Hannover, 567-604.

VDI – Verein Deutscher Ingenieure, Kommission Reinhaltung der Luft (2008a): Umweltmeteorologie: Methodik und Ergebnisdarstellung von Untersuchungen zum planungsrelevanten Stadtklima. Berlin.

VDI – Verein Deutscher Ingenieure, Kommission Reinhaltung der Luft (2008b): Umweltmeteorologie: Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung von Klima und Lufthygiene für die Stadt- und Regionalplanung. Teil 1: Klima. Berlin.

Verband Region Rhein-Neckar (2007b): Positionspapier Photovoltaikanlagen im Freiraum. Mannheim.

Viner, D. (2002): A Qualitative Assessment of the Sources of Uncertainty in Climate Change Impacts Assessment Studies: A short discussion paper. In: Advances in Global Change Research 10, 139-151.

VRRN – Verband Region Rhein-Neckar (2007a): Erneuerbare Energien-Konzept für die Region Rhein-Neckar – rechtsrheinischer Teilraum. = Schriftenreihe des VRRN, Heft 2. Mannheim.

Wachter, T.; Günnewig, D.; Peters, J.; Reichmuth, M.; Naumann, J. (2006): Ansatz für ein regionales Entwicklungskonzept Erneuerbare Energien. In: UVP-Report 20 (4), 155-159.

Walkenhorst, O.; Stock, M. (2009): Regionale Klimaszenarien für Deutschland. Eine Leseanleitung. = E-Paper der ARL Nr. 6. Hannover.

WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung für Globale Umweltveränderungen (1999): Strategien zur Bewältigung globaler Umweltrisiken: Jahresgutachten 1998. = Welt im Wandel. Berlin.

WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (1998): The accounting of biological sinks and sources under the Kyoto Protocol: a step forwards or backwards for global environmental protection? Bremerhaven.

Weichhart, P. (2007): Risiko – Vorschläge zum Umgang mit einem schillernden Begriff. In: Berichte zur deutschen Landeskunde 81 (3). Leipzig.

Weichselgartner, J. (2002): Naturgefahren als soziale Konstruktion. Eine geographische Beobachtung der gesellschaftlichen Auseinandersetzung mit Naturrisiken. Aachen.

Weiland, U.; Wohlleber-Feller, S. (2007): Einführung in die Raum- und Umweltplanung. Paderborn.

Werner, P. C.; Gerstengarbe, F.-W. (2007): Welche Klimaänderungen sind in Deutschland zu erwarten? In: Endlicher, W.; Gerstengarbe, F.-W. (Hrsg.): Der Klimawandel – Einblicke, Rückblicke und Ausblicke. Potsdam, 56-59.

Wiechmann, T. (2008): Planung und Adaption. Strategieentwicklung in Regionen, Organisationen und Netzwerken. Dortmund.

Wiechmann, T. (1998): Vom Plan zum Diskurs? Anforderungsprofil, Aufgabenspektrum und Organisation regionaler Planung in Deutschland. Baden-Baden.

Wiechmann, T.; Hutter, G. (2010): Strategische Planung – Zum Stand der Diskussion. In: Hutter, G.; Wiechmann, T. (Hrsg.): Strategische Planung. Zur Rolle der Planung in der Strategieentwicklung für Städte und Regionen. Planungsrundschau 18. Berlin, 7-16.

Wiegand, T. S. (2010): Synergien und Konflikte zwischen Klimaschutz und Klimaanpassung in der Regionalplanung – am Beispiel der Region Hannover. Freie wissenschaftliche Arbeit zur Erlangung des Grades eines Diplom-Geographen am Institut für Wirtschafts- und Kulturgeographie der Leibniz Universität Hannover. Hannover.

Wildavsky, A. (1991): Searching for Safety. New Brunswick.

Wilke, C.; Bachmann, J.; Hage, G.; Heiland, S. (2011): Planungs- und Managementstrategien des Naturschutzes im Lichte des Klimawandels. Bonn, Bad-Godesberg.

Wilkinson, D. (2006): The Ambiguity Advantage: What great leaders are great at? London.

Witte, S. M. (2007): Die Herausforderung des klimatischen Wandels für die räumliche Planung in Deutschland. Diplomarbeit am Institut für Raumplanung der Technischen Universität Dortmund. Dortmund.

WMO – World Meteorological Organization (2011): Press Release No. 906.
http://www.wmo.int/pages/mediacentre/press_releases/pr_906_en.html (25.06.2012).

Zarth, M. (1997): Was macht Regionalkonferenzen erfolgreich? In: Informationen zur Raumentwicklung (3), 155-160.

Zebisch, M.; Grothmann, T.; Schröter, D.; Hasse, C.; Fritsch, U.; Cramer, W. (2005): Klimawandel in Deutschland. Vulnerabilität und Anpassungsstrategien klimasensitiver Systeme. = Climate Change 08/2005. Dessau-Roßlau.

Zibell, B. (2008): Strategieorientierung in der Planung – eine neue Idee? In: Hamedinger, A; Dangschat, J. S.; Frey, O.; Breitfuss, A. (Hrsg.): Strategieorientierte Planung im kooperativen Staat. Wiesbaden, 321-350.

Zimmermann, K. (2010): Kollektives Lernen und strategische Planung oder: die verborgenen Anforderungen der Strategieentwicklung. In: Hutter, G.; Wiechmann, T. (Hrsg.): Strategische Planung. Zur Rolle der Planung in der Strategieentwicklung für Städte und Regionen. = Planungsrundschau 18. Berlin, 143-160.

ZUM Internet e.V. – Zentrale für Unterrichtsmedien im Internet e.V. (2012): Der offizielle Treibhauseffekt: Geschichte des Treibhauseffektes.
http://www.zum.de/Faecher/Materialien/beck/13/bs13-60.htm (25.06.2012).

Autorinnen und Autoren

Mitglieder und Gäste des Arbeitskreises „Klimawandel und Raumplanung“ der ARL

PD Dr.-Ing. **Jörn Birkmann** (*1972) studierte Raumplanung an der Universität Dortmund und war anschließend am Fachgebiet für Landschaftsökologie und Landschaftsplanung tätig. Er promovierte an der Fakultät Raumplanung und habilitierte sich an der Universität Bonn im Fach Geographie. Seit 2004 ist er an der United Nations University – Institute for Environment and Human Security tätig, wo er seit 2007 die Abteilung „Vulnerabilitätsassessment, Risikomanagement und adaptive Planung“ leitet. Seine Arbeitsschwerpunkte sind nachhaltige und resiliente Raumentwicklung, Vulnerabilität und Anpassung an den Klimawandel. Er ist Mitglied der ARL und Mitglied der LAG-NRW. Für die ARL hat er den Arbeitskreis „Klimawandel und Raumplanung“ geleitet. Zudem ist er IPCC-Leitautor für den fünften Sachstandsbericht des Weltklimarates. Er lehrt an der Universität Bonn, der TU-Dortmund, der University of Maastricht und der LMU-München.

Prof. Dr.-Ing. **Hans Reiner Böhm** (*1941) studierte Bauingenieurwesen an der Universität Hannover und promovierte im Bereich Stadt- und Regionalplanung an der Universität Bonn. Anschließend arbeitete er als beratender Ingenieur auf den Gebieten Stadt- und Regionalentwicklung sowie Infrastrukturplanung im In- und Ausland. 1984 erhielt er den Ruf auf die Professur für Umwelt- und Raumplanung der Technischen Universität Darmstadt. In Forschung und Lehre befasste er sich schwerpunktmäßig mit den Raumwirkungen von Großvorhaben der Infrastruktur, dem vorsorgenden Hochwasserschutz und der Anpassung an die Folgen des Klimawandels.

Dipl.-Ing. **Dirk Büscher** (*1966) studierte Raumplanung an der Universität Dortmund. Anschließend arbeitete er ab 1993 beim Regionalverband Heilbronn-Franken. Es folgten Stationen beim Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg und beim Regionalverband Mittlerer Oberrhein. Seit 2008 ist er Verbandsdirektor beim Regionalverband Nordschwarzwald.

PD Dr. **Achim Daschkeit** (*1963) studierte Geographie, Geologie und Soziologie an der Universität Kiel. Dort war er in verschiedenen Forschungsvorhaben in den Bereichen Bodenschutz, Umweltbeobachtung sowie Naturgefahrenforschung und Klimawandel im Küstenraum tätig. 2005 habilitierte er mit einer Arbeit über Küstenmanagement. Seit Juli 2007 ist er im Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung (KomPass) am Umweltbundesamt tätig. Schwerpunkte seiner Arbeit sind Klimaanpassung, Katastrophenvorsorge/Bevölkerungsschutz, Raumordnung/Raumplanung.

Dr. **Mark Fleischhauer** (*1969) studierte Geographie und Raumplanung an den Universitäten Hannover und Dortmund. Im Anschluss war er an der Fakultät Raumplanung der Technischen Universität Dortmund am Fachgebiet Volkswirtschaftslehre, insb. Raumwirtschaftspolitik, sowie am Institut für Raumplanung (IRPUD) tätig. Schwerpunkte seiner Arbeit sind Klimawandel und Raumplanung, raumorientiertes Risikomanagement sowie nachhaltige Stadt- und Regionalentwicklung. Er ist Mitglied im ARL-Arbeitskreis „Klimawandel und Raumplanung“ sowie Korrespondierendes Mitglied der ARL.

Dipl.-Geogr. **Enke Franck** (*1974) studierte Wirtschafts-/Sozialgeographie, Rechts- und Verwaltungswissenschaften sowie Städtebau, Landesplanung und Raumordnung an den Universitäten Mainz und Hannover. Anschließend war sie als Regionalplanerin für die Landkreise Hameln-Pyrmont und Schaumburg sowie als Landesplanerin im Niedersächsischen Ministerium für den ländlichen Raum, Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz tätig. Seit 2009 ist Enke Franck wissenschaftliche Mitarbeiterin der ARL und Koordinatorin des Projektes KLIFF-IMPLAN im Forschungsverbund „KLIFF-Klimafolgenforschung in Niedersachsen“.

Dr.-Ing. **Birte Frommer** (*1974) studierte Geographie, Geologie und Landschaftsgestaltung an den Universitäten Darmstadt und Frankfurt am Main. Bis 2010 war sie wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut IWAR (Institut für Wasserversorgung und Grundwasserschutz, Abwassertechnik, Abfalltechnik, Industrielle Stoffkreisläufe, Raum- und Infrastrukturplanung) der TU Darmstadt. Nach dem Abschluss der Promotionsarbeit über „Regionale Anpassungsstrategien an den Klimawandel“

nahm sie ihre jetzige Tätigkeit bei INFRASTRUKTUR & UMWELT, Darmstadt, auf. Hier ist sie als Beraterin für die Themenfelder Klimawandel, Raumplanung und EU-Projekte beschäftigt.

Prof. Dr. jur. **Gerold Janssen** (*1962) ist Projektleiter am Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung Dresden und Honorarprofessor an der TU Dresden. Er hat Rechtswissenschaften in Göttingen studiert. Nach dem Rechtsreferendariat arbeitete er zunächst als Rechtsanwalt in Oldenburg. Von 1997 bis 1998 war er wissenschaftlicher Mitarbeiter am Ostseeinstitut für Seerecht und Umweltrecht an der Juristischen Fakultät der Universität Rostock. Seit 1998 ist er am IÖR im Bereich des Planungs-, Bau- und Umweltrechts tätig. Er ist Korrespondierendes Mitglied der ARL.

Dipl.-Geogr. **Walter Kufeld** (*1959) studierte Diplom-Geographie an der Universität Regensburg, arbeitet seit 1990 bei der Regierung von Oberbayern und ist seit 2002 Leiter des Sachgebiets Raumordnung, Landes- und Regionalplanung in den Regionen München und Ingolstadt. Er ist Mitglied der Akademie für Raumforschung und Landesplanung (ARL) und hat einen Lehrauftrag am Lehrstuhl für Kulturgeographie der Katholischen Universität Eichstätt-Ingolstadt.

Prof. Dr**. Gerhard Overbeck** (*1975) studierte Landschaftsarchitektur und -planung an der Technischen Universität München in Weihenstephan. Anschließend promovierte er am Lehrstuhl für Vegetationsökologie der TUM (Dr. rer nat). Von 2006 bis 2010 leitete er das Wissenschaftliche Referat III „Umwelt, Ökologie, Natürliche Ressourcen" in der Geschäftsstelle der ARL in Hannover. Seit 2010 ist er Professor am Institut für Biowissenschaften der Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasilien.

Prof. Dr. **Jochen Schanze** studierte Landschaftsökologie an der Technischen Universität München mit Gastsemestern in Philosophie an der Universität Regensburg und wurde an der Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt der Technischen Universität München promoviert. Er leitet den Forschungsbereich „Umweltrisiken in der Stadt- und Regionalentwicklung" am Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung sowie die Professur für Umweltentwicklung und Risikomanagement an der Technischen Universität Dresden. Er ist u. a. Korrespondierendes Mitglied der Akademie für Raumforschung und Landesplanung (ARL), Mitglied des Kuratoriums der Stiftung „Umwelt und Schadensvorsorge" und der Arbeitsgruppe „Szenarios" der DFG-Senatskommission für Wasserforschung (KoWa), Mitherausgeber des Journal of Flood Risk Management (Wiley-Blackwell) sowie Gutachter für eine Reihe internationaler und nationaler Organisationen. Für die ARL war er u. a. stellvertretender Leiter des Arbeitskreises „Klimawandel und Raumplanung".

Dipl.-Ing. **Sonja Schlipf** (*1975), Raum- und Umweltplanerin, ist wissenschaftliche Mitarbeiterin im Fachgebiet Stadtplanung und Regionalentwicklung an der HafenCity Universität Hamburg. Dort befasst sie sich mit den Beiträgen der Regionalplanung zur Anpassung an den Klimawandel in der Metropolregion Hamburg. Bis 2011 moderierte sie im Forschungsprojekt KLARA-Net an der Technischen Universität Darmstadt das Netzwerk zur Klimaanpassung in der Region Starkenburg, insbesondere die Themengruppen Bauwirtschaft, Wasserwirtschaft und Planung sowie Tourismus.

Dr. **Petra Sommerfeldt** (*1957) studierte Geographie, Städtebau, Verwaltungsrecht, Volkswirtschaftslehre und Geologie an den Universitäten Gießen und Bonn. Während der Promotion war sie bei der Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung in Bonn sowie im Amt für Statistik der Stadt Bonn beschäftigt, danach beim Landschaftsverband Westfalen-Lippe in Münster, in der CDU-Bundesgeschäftsstelle in Bonn und seit 1991 in der Regionalplanungsbehörde der Bezirksregierung Köln. Ihre Schwerpunkte sind der vorbeugende Hochwasserschutz und die grenzüberschreitende internationale Zusammenarbeit.

Prof. Dr. **Manfred Stock** (*1949) studierte Physik und Mathematik an den Universitäten Frankfurt/Main und Regensburg. Er arbeitete als Wissenschaftlicher Angestellter (Assistent) an der Universität Regensburg und promovierte dort mit einer Arbeit zur experimentellen Festkörperphysik. Mehrere Jahre arbeitete er als Projektleiter, Gruppenleiter und Sachverständiger für Umweltschutz und Industrielle Sicherheit an einem privaten Forschungsinstitut in Frankfurt/M. sowie als Selbständiger Sachverständiger. Seit 1992 ist er in verschiedenen Leitungspositionen am Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK) tätig. Seine Tätigkeit in Forschung und Politikberatung am PIK betrifft

vorrangig regionale und sektorale Auswirkungen des Klimawandels und mögliche Strategien der Anpassung und Nachhaltigen Entwicklung. Die Lehrtätigkeit erfolgt in einem gemeinsamen Studiengang des PIK und anderer Institutionen an der Hochschule für Nachhaltige Entwicklung (FH) Eberswalde.

Dipl.-Geogr. **Maike Vollmer** (*1980) studierte Geographie, Wirtschafts- und Sozialstatistik sowie Verkehrswissenschaft an der Universität zu Köln. Seit 2008 ist sie an der United Nations University – Institute for Environment and Human Security als wissenschaftliche Mitarbeiterin tätig. Schwerpunkte ihrer Arbeit liegen in den Bereichen der Vulnerabilität gegenüber Naturgefahren, Anpassung an den Klimawandel im Kontext der räumlichen Planung, Indikatoren zur Messung von Vulnerabilität sowie statistische Analysen. Sie ist Geschäftsführerin des ARL-Arbeitskreises „Klimawandel und Raumplanung".

Anhang I: Glossar Klimawandel und Raumentwicklung

Dieser Text wurde bereits vorab veröffentlicht als:

Birkmann, J., Böhm, H. R., Buchholz, F., Büscher, D., Daschkeit, A., Ebert, S., Fleischhauer, M., Frommer, B., Köhler, S., Kufeld, W., Lenz, S., Overbeck, G., Schanze, J., Schlipf, S., Sommerfeldt, P., Stock, M., Vollmer, M., Walkenhorst, O. (2013): Glossar Klimawandel und Raumentwicklung (2., überarbeitete Fassung). Hannover. = E-Paper der ARL Nr. 10.
URN: http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0156-73571

Vorwort

Das vorliegende Glossar „Klimawandel und Raumentwicklung" ist ein Ergebnis des Arbeitskreises „Klimawandel und Raumplanung" der ARL, der sich seit Anfang 2007 mit den Herausforderungen und Aufgaben, die sich durch den Klimawandel für die Raumentwicklung und Raumplanung stellen, befasst.

Terminologien sind für ein gemeinsames Verständnis und eine gute Kommunikation unabdingbar. Nicht immer meinen unterschiedliche Personen – oder auch Disziplinen – mit demselben Wort auch denselben Sachverhalt. Dabei gibt es nicht immer unbedingt die eine „richtige" Definition, sondern im Gegenteil unterschiedliche Sichtweisen, die alle ihre Berechtigung haben – deren Verständnis jedoch auch für diejenigen wichtig ist, die einen jeweils anderen Blickwinkel einnehmen.

Dieses Glossar umfasst zentrale Begriffe, die in der Diskussion um den Klimawandel aus Sicht der Raumwissenschaften von Bedeutung sind, von Anpassung und Bewältigungskapazität über Climate Proofing und Szenarien bis hin zu Vulnerabilität. Das Glossar bietet dabei nicht nur reine Definitionen, sondern stellt unterschiedliche Perspektiven und Begriffsverständnisse, die z. B. in einzelnen Disziplinen gebräuchlich sind, dar. Somit handelt es sich im Grunde um ein „erweitertes" Glossar, das über die reine Begriffserklärung hinausgeht. Zusätzlich sind die gebräuchlichen englischen Begriffe angegeben, sofern sie auch im deutschsprachigen Raum verwendet werden.

Insgesamt ist das Glossar als ein Beitrag des ARL-Arbeitskreises „Klimawandel und Raumplanung" für eine weitergehende Fachdiskussion und für die Konkretisierung zentraler Begriffe und Begriffsinhalte und somit als „Arbeitspapier" zu verstehen, das periodisch weiterentwickelt werden kann. Eine erste Überarbeitung ist mit der vorliegenden zweiten Fassung erfolgt. Unter Berücksichtigung aktueller Erkenntnisse und Entwicklungen wurden die Begriffserläuterungen der ersten, 2011 erschienenen Auflage ergänzt und aktualisiert.

An dieser Stelle sei auch den zwei externen Gutachtern herzlich gedankt, die mit hilfreichen Stellungnahmen und Verbesserungsvorschlägen deutlich zum Gelingen des Glossars (1. Fassung) beigetragen haben. Weitere Anmerkungen, Ergänzungen und kritische Kommentare aus dem Kreis der Nutzer sind sehr willkommen.

Arbeitskreis „Klimawandel und Raumplanung" der ARL *September 2012*

Inhalt

Anpassung (auch: Adaption) 195
Anpassungsfähigkeit, Anpassungskapazität 196
Anpassungsstrategien 196
Bewältigungskapazität 197
Climate Adaptation Mainstreaming 198
Climate Change Governance 198
Climate Proofing 200
Eignungsgebiet → Vorrang-, Vorbehalts-, Eignungsgebiet 201
Empfindlichkeit, Sensitivität → Vulnerabilität 201
Exposition 201
Extremwetterereignis 202
Fachplanung 202
Gefahr, Gefährdung 203
Instrumente der Raumplanung (im Rahmen von Anpassungsstrategien) 205
Klima 205
Klimaanpassung → Anpassung 206
Klimamodell 206
Klimaprojektion 206
Klimaschutz (auch: Mitigation) 207
Klimavariabilität 208
Klimawandel 209
Klimawirkung, Klimafolgen 209
Kritische Infrastrukturen 210
No-Regret-Strategie 210
Projektion → Klimaprojektion 211
Raumplanung, Raumordnung, Raumentwicklung 211
Resilienz 212
Risiko 213
Robustheit 213
Schaden 214
Schutzgut 214
Szenarien 215
Treibhausgase 216

Unsicherheit 217
Vorrang-, Vorbehalts-, Eignungsgebiet 218
Vulnerabilität (auch: Verwundbarkeit) 219
Wetter → Klima 221
Witterung → Klima 221

Literatur 221
Weitere Glossare und Handbücher 226
Internetlinks 226
Abkürzungen: Institutionen, Programme, Fachbegriffe 227

Anpassung (auch: Adaption, engl.: adaptation)

Anpassung an den Klimawandel bezeichnet den Prozess der Umstellung und Ausrichtung von natürlichen und gesellschaftlichen Systemen auf tatsächliche oder zu erwartende Klimaveränderungen mit deren Folgen, um die negativen Auswirkungen zu mindern und Vorteile nutzbar zu machen (vgl. IPCC 2007 a; IPCC 2012).

In gesellschaftlichen Systemen beschreibt Anpassung insbesondere Strategien, Instrumente und Maßnahmen zur Veränderung von Entscheidungsprozessen und Handlungen zur Vermeidung oder Minimierung möglicher Schäden sowie zur Nutzung möglicher Vorteile, die durch den Klimawandel auftreten können (vgl. Smit, Pilifosova 2001). Anpassungsstrategien beziehen sich vor allem auf die → Vulnerabilität einer Gesellschaft bzw. von Räumen und Raumstrukturen.

Klimaanpassung kann in Form von physischen (technischen) Maßnahmen oder planerischen Regelungen erfolgen. Physische Anpassungsoptionen sind z. B. eine geänderte landwirtschaftliche Bodennutzung zur Aufrechterhaltung der Ertragsfähigkeit oder die Schaffung zusätzlicher Talsperren und Retentionsräume für den Hochwasserrückhalt. Planerische Anpassungsmöglichkeiten hingegen zielen beispielsweise auf technische Regeln oder die räumliche Steuerung, Abwägung und Umsetzung von Maßnahmen.

In Abhängigkeit vom Grad des Bewusstseins und dem Kenntnisstand sowie dem Zeitpunkt der Anpassung kann zwischen autonomer und geplanter sowie proaktiver und reaktiver Adaption unterschieden werden (Smit et al. 1999):

1. Die autonome (auch spontane) Adaption erfolgt selbstständig, ungeplant und unbewusst. Dazu zählt etwa die Anpassung durch Veränderungen natürlicher Systeme, z. B. die Vergrößerung der bioklimatischen Toleranzbreite von Pflanzenarten durch evolutionäre Prozesse. Auch die spontane Anpassung des Handels an neue Rahmenbedingungen der Märkte, etwa an eine nachlassende Nachfrage als Folge von Preissteigerungen aufgrund von Angebotsknappheit, stellt eine autonome Anpassung dar (Schröter et al. 2004).
2. Im Gegensatz dazu dient die geplante Adaption einer gezielten Ausrichtung eines Systems auf reale oder erwartete Änderungen des Klimas mit ihren Folgen, die entweder i. S. von (a) reaktiver Anpassung ein bereits betroffenes System wiederherstellen oder eine erneute bzw. weitergehende Schädigung verhindern soll, oder i. S. von (b) proaktiver Anpassung zukünftige Änderungen des Klimas mit ihren Folgen frühzeitig berücksichtigt, um negative Auswirkungen zu minimieren und positive Auswirkungen zu nutzen. Dabei kann zusätzlich u. a. zwischen der Anpassung privater und öffentlicher Akteure unterschieden werden (IPCC 2007c).

Adaption wird oft als Gegenpol zur → Mitigation bezeichnet, d. h. zur Gesamtheit der Maßnahmen zum Klimaschutz. Aus akademischer Sicht ist diese Unterscheidung durchaus berechtigt, da sehr unterschiedliche Forschungsaspekte mit den beiden Themen verbunden sind. Auch aus administrativer Sicht sind in beiden Bereichen unterschiedliche Sachverhalte und Akteure einzubeziehen. Allerdings ermöglicht eine integrierte Behandlung beider Handlungsansätze die Nutzung von Synergien und die Minderung von Konflikten (Stock, Walkenhorst 2006).

Eine langfristige Anpassung an den Klimawandel und dessen Folgen hängt neben gesellschaftlichen Entwicklungsprozessen (Entwicklung der Anpassungskapazitäten) auch vom Ausmaß des Klimaschutzes ab. Beispielsweise würde sich die Anpassung zentraler gesell-

schaftlicher Bereiche sowie der Raumnutzungen an einen in langen Zeiträumen möglicherweise sehr hohen Meeresspiegelanstieg[1] als außerordentlich schwierig erweisen.

Anpassungsfähigkeit (engl.: adaptability), Anpassungskapazität (engl.: adaptive capacity)

Anpassungsfähigkeit in Bezug auf den Klimawandel ist das Vermögen von Individuen sowie natürlichen und gesellschaftlichen Systemen, die Nachteile von tatsächlichen oder erwarteten Klimaveränderungen mit deren Folgen zu mindern und Vorteile zu nutzen (vgl. IPCC 2007c; IPCC 2012).

Der Begriff umfasst das gesamte Potenzial eines Systems, z. B. eines Ökosystems, einer Gemeinschaft, eines Unternehmens, einer Kommune oder einer Region, sich auf den Klimawandel (einschließlich schleichender Veränderungen und Einzelereignissen) mit seinen Folgen einzustellen. Die Begriffe Anpassungsfähigkeit und Anpassungskapazität werden vielfach synonym verwendet. Die Anpassungskapazität kann auch potenzielle Ressourcen umfassen, die aktuell noch nicht vorhanden sind. Die Anpassungsfähigkeit bezieht sich in einigen Ansätzen demgegenüber nur auf die vorhandenen Ressourcen.

Anpassungskapazität bezieht sich bei einigen Autoren alleine auf die geplante Anpassung und charakterisiert das Vermögen, sich auf die Risiken und Chancen des Klimawandels vorzeitig (proaktive Adaption) oder im Nachhinein einzustellen (reaktive Adaption). Die autonome Anpassung wird dann nicht der Anpassungskapazität zugeordnet (Smit, Pilifosova 2001).

Während die → Bewältigungskapazität in der internationalen Risiko- und Klimawandelforschung meist durch die Fähigkeit definiert wird, vorhandene Ressourcen und Kapazitäten im Ereignisfall nutzen zu können (vgl. z. B. IPCC 2012), wird unter dem Begriff der Anpassungskapazität meist ein längerfristiger strategischer Prozess verstanden, der über das Konzept der Bewältigungskapazität deutlich hinausgeht. Vogel & O'Brian (2004) sowie Gore (1992) unterstreichen diese Auslegung, indem sie verdeutlichen, dass Anpassung im Gegensatz zur Bewältigung eine eher langfristige Perspektive aufweist und strategischere Handlungsansätze erfordert. Zudem erfordert Anpassung teilweise auch den Wandel in bisherigen Strukturen und Systemen, z. B. in Managementsystemen für Umweltressourcen oder landwirtschaftlichen Produktionsmethoden sowie in der Risikowahrnehmung (Vogel, O'Brian 2004; Gore 1992; Yohe, Tol 2002; Birkmann, Fleischhauer 2009; Birkmann, Teichman 2010).

Anpassungsstrategien

Anpassungsstrategien in Bezug auf den Klimawandel sind langfristig angelegte Konzepte oder Verhaltensweisen einschließlich der zu ihrer Umsetzung eingesetzten Instrumente und Maßnahmen, um Nachteile von tatsächlichen oder erwarteten Klimaveränderungen mit deren Folgen zu mindern und Vorteile zu nutzen.

In Bezug auf den Klimawandel werden Strategien sowie daraus abgeleitete Instrumente und Maßnahmen zur → Anpassung an den Klimawandel entwickelt bzw. weiterentwickelt. Als politische Strategie wurde 2008 die Deutsche Anpassungsstrategie (DAS) an den Klimawandel beschlossen (Bundesregierung 2008), die einen Rahmen für weiterführende Anpassungsstrategien in den gesellschaftlichen Handlungsfeldern aufzeigt. Dabei wird

[1] Geologische Analysen deuten auf eine nahezu lineare Beziehung zwischen globaler Mitteltemperatur und dem Meeresspiegel hin. Eine um 3 °C höhere Temperatur könnte demnach nach mehreren Jahrhunderten zu einem um 50 Meter höheren Meeresspiegel führen (Archer, Brovkin 2008).

der → Raumplanung als integrative Querschnittsaufgabe eine Rolle u. a. bei der Entwicklung von Leitbildern für anpassungsfähige und resiliente Raumstrukturen zugewiesen (→ Instrumente der Raumplanung). Wissenschaft und Politik sind neben der Erarbeitung weiterer Grundlagen für diese Strategien dabei, die Aussagen der DAS zu konkretisieren, um u. a. umsetzbare, aufeinander abgestimmte und mit Blick auf die Zielerreichung überprüfbare Maßnahmen zu entwickeln. Der 2011 beschlossene Aktionsplan Anpassung der DAS (Bundesregierung 2011) stellt eine erste Präzisierung der in der Verantwortung des Bundes liegenden Aktivitäten dar. Sowohl die DAS als auch der Aktionsplan Anpassung werden fortgeschrieben. Neben diesem nationalen Rahmen für den Anpassungsprozess gibt es in allen Bundesländern vielfältige politische und wissenschaftliche Aktivitäten, um Anpassungsstrategien vorzubereiten oder umzusetzen.

Im Unterschied zur Anpassung an bereits eingetretene Klimaänderungen und deren Folgen beziehen sich Anpassungsstrategien auf Konzepte oder Verhaltensweisen, um zukünftigen Auswirkungen begegnen zu können. Eine erfolgreiche Strategie benötigt ein Ziel (häufig i. S. der Abwendung einer → Gefahr oder Vermeidung/Minimierung eines → Schadens), zielführende Handlungen sowie die Bereitschaft, die Strategie an die spezifischen Erfordernisse anzupassen. Für die Entwicklung einer Strategie zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels gilt es darzulegen, was zu tun ist und wer die Verantwortung für die erforderliche Handlung trägt (BMVBS, BBSR 2009).

Bewältigungskapazität (engl.: coping capacity)

Bewältigungskapazität ist das Vermögen von Individuen sowie natürlicher oder gesellschaftlicher Systeme, vorhandene Ressourcen und Fähigkeiten zu nutzen, um die Einwirkungen eines katastrophalen Ereignisses zu mindern bzw. zu vermeiden (vgl. UN/ISDR, 2004).

Im Vergleich zur → Anpassungskapazität ist der Begriff der Bewältigungskapazität auf direkte Maßnahmen in, vor, oder nach einem Ereignis bezogen. Bewältigungskapazität bezeichnet die Fähigkeit, mit den Einwirkungen des Ereignisses für eine kurze Zeit umgehen zu können oder nach dem Ereignis eine schnelle Wiederherstellung des Ausgangszustandes zu erreichen. In dieser Hinsicht ist Bewältigung im Gegensatz zu Anpassung stärker auf den Erhalt des Systems ausgerichtet sowie auf kurzfristige Maßnahmen, die weniger strategische Orientierungen umfassen (vgl. Gore 1992; Birkmann, Fleischhauer 2009; Birkmann, Teichman 2010).

Während also die Bewältigung in erster Linie auf die Wiedererlangung der Eigenschaften, durch die das System vor dem Ereignis oder der Klimaveränderung gekennzeichnet war, ausgerichtet ist, zielt die Anpassung auch auf die Neuausrichtung des Systems entsprechend den geänderten Rahmenbedingungen oder den in Zukunft zu erwartenden Veränderungen der Rahmenbedingungen.

Die Bewältigung ist folglich häufig eine direkte Reaktion auf ein Ereignis und umfasst somit eher unmittelbare sowie kurzfristige und weniger strategische Handlungen, während das Konzept der Anpassung an die Folgen des Klimawandels eine mittel- bis langfristige Perspektive der Veränderung ausdrückt und teilweise geplante Handlungen erfordert. Strategien, Instrumente und Maßnahmen der räumlichen Planung können sich auch auf eine Förderung der Bewältigungskapazität beziehen.

Beispielsweise kann die Bewältigungskapazität eines landwirtschaftlichen Betriebs in der Möglichkeit bestehen, einen Teil des Betriebsinventars zu verkaufen, um Ernteverluste oder Schäden am Betrieb (z. B. durch Starkniederschläge oder Dürre) zu kompensieren. Anpassungskapazitäten wären demgegenüber solche Mittel und Möglichkeiten, die es dem Landwirt erlauben, trotz der Einwirkung der Extremereignisse seine Produktion und

seinen Lebensstandard – ohne größere Verluste – aufrechtzuerhalten. Dies könnte z. B. über den Anbau dürre-resistenter Pflanzenarten oder die Umstellung von Produktionsprozessen geschehen.

Unbeschadet dieser Differenzierung gibt es auch gemeinsame Schnittmengen von Bewältigungs- und Anpassungskapazitäten, wie z. B. im Bereich der Risikoversicherung, die sowohl eine finanzielle Bewältigung entsprechender Verluste und Schäden durch Extremereignisse ermöglicht als auch eine längerfristige Anpassung befördern kann. Im Kontext des Klimawandels wird sowohl die Stärkung der Bewältigungskapazität als auch die Förderung der Anpassungskapazität durch räumliche Planung erforderlich sein, da sich abrupte Gefahren und Ereignisse ebenso wie langfristige Trends und schleichende Prozesse im Raum auswirken.

Climate Adaptation Mainstreaming (dt.: Integration von Klimaanpassung in alle Arbeitsbereiche)

Climate Adaptation Mainstreaming bezeichnet die Integration von Strategien, Instrumenten und Maßnahmen der Klimaanpassung in alle Politik- und Arbeitsbereiche.

Bei aktuellen Entscheidungen der Raumplanung werden zukünftige klimatische Veränderungen und entsprechende Vorsorgemaßnahmen bisher kaum berücksichtigt. Es wird jedoch in Zukunft verstärkt darum gehen, Phänomene wie den Temperaturanstieg, die veränderten Niederschlagsverteilungen und die Zunahme von Extremwetterereignissen in Planung und Politikgestaltung vorausschauend zu berücksichtigen (vgl. → Anpassung). Dies gilt insbesondere vor dem Hintergrund, dass nicht nur direkte, sondern auch indirekte Auswirkungen des Klimawandels auf die Raumnutzung zu erwarten sind. Während die Überschwemmung bisher nicht betroffener Flächen direkt wirkt, sind z. B. „Klimaflüchtlinge" indirekt für die Raumentwicklung bedeutsam. Dieser Herausforderung soll durch das Prinzip eines Climate Adaptation Mainstreaming begegnet werden.

Climate Adaptation Mainstreaming beinhaltet in Anlehnung an die Begriffsverwendung in der Entwicklungszusammenarbeit (OECD 2009; GTZ 2009) und das Begriffsverständnis beim Gender Mainstreaming (Europarat 1998) die Reorganisation, Verbesserung, Entwicklung und Evaluation von Entscheidungsprozessen in allen Politik- und Arbeitsbereichen einer Organisation in Bezug auf die Anpassung an die Auswirkungen des Klimawandels. Ziel des Climate Adaptation Mainstreaming ist es, in politischen Entscheidungsprozessen auf allen Ebenen die Auswirkungen der zukünftigen klimatischen Veränderungen in die Abwägung mit einzubeziehen.

Der Begriff „Mainstreaming", wörtlich übersetzt „Hauptströmung", unterstreicht, dass die Anpassung an klimatische Veränderungen nicht nur auf die Durchführung gesonderter Maßnahmen zu beschränken ist, sondern querschnittsorientiert in politischen Konzepten, Normen, Gesetzen und Richtlinien auf allen Ebenen Eingang finden soll. „Mainstreaming" hat eine gewisse inhaltliche Nähe zum Begriff des → Climate Proofing. Beispielsweise wird in der niederländischen Anpassungsstrategie formuliert, dass nicht nur die niederländische Raumplanung, sondern die Niederlande generell „climate proof" zu machen sind, was dem Verständnis des Climate Adaptation Mainstreaming entspricht.

Climate Change Governance (dt.: Klimawandel-Governance)

Climate Change Governance beschreibt Diskursprozesse zwischen unterschiedlichen vom Klimawandel betroffenen Akteuren, um gemeinsam Anpassungsstrategien zu entwickeln und Entscheidungen über konkrete Maßnahmen vorzubereiten.

Da Entscheidungen über den Umgang mit → Risiken – so auch Klimafolgen – letztlich Wertentscheidungen sind, ist die Akzeptanz dieser Entscheidungen außerordentlich wichtig. Dies trifft v. a. dann zu, wenn Entscheidungen unter Unsicherheit über Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß zu treffen sind (Asselt 2005; Biermann 2007).

Komplexität und Unsicherheit stellen Entscheidungsträger vor besondere Schwierigkeiten, da die Folgen von Entscheidungen nur sehr schwer oder gar nicht abzuschätzen sind. Hier werden Governance-Ansätze als Lösung angesehen, bei denen nicht alleine die kommunalen Behörden Träger der Prozesse der Stadtentwicklung sind, sondern bei denen es sich um politisch-gesellschaftliche Entscheidungsfindungen handelt, an denen nicht nur die Bevölkerung, sondern auch demokratische Gremien, andere Fachpolitiken und gesellschaftliche Kräfte, Wirtschaft und Wissenschaft beteiligt werden und hierarchielos in den Diskurs treten (Selle 1996). Unter Governance werden somit i. d. R. „neue" Formen von Arrangements zur Steuerung, Regulierung und Handlungskoordination unter Einbeziehung verschiedener Akteure verstanden (Geißel 2007). Sie sind gekennzeichnet durch eine Form des Koordinierens politischer und gesellschaftlicher Interaktion, bezogen auf eine Steuerung und Regelung, die durch kooperative Koordinationsformen und durch das Merkmal der Horizontalität geprägt ist (Benz 2004) und sich von bisherigen hierarchischen Steuerungsformen (Government) unterscheiden (Holtkamp 2007).

Risk Governance zielt darauf ab, die gesellschaftliche (oder räumliche) → Resilienz gegenüber Katastrophen zu vergrößern, und umfasst die Gesamtheit von Akteuren, Regeln, Übereinkommen, Prozessen und Mechanismen, die sich damit befassen, wie relevante risikobezogene Informationen gesammelt, analysiert und kommuniziert und wie Managemententscheidungen getroffen werden (IRGC 2005). Das Risiko-Governance-Konzept lässt sich auch auf den Bereich der lokalen Klimapolitik übertragen. Zwar handelt es sich bei Klimafolgen nicht allein um ein klassisches Risiko, sondern einerseits um eine Vielzahl von langfristigen Klimawirkungen, anderseits um die Zunahme und Verstärkung von Extremereignissen. Allen Klimawirkungen ist gemein, dass sie, wie bereits ausgeführt, von einer hohen Unsicherheit geprägt sind und folglich Entscheidungen von Misstrauen begleitet werden. Auch hier sollten Governance-Prozesse zur Erhöhung der Umsetzungsqualität von Anpassungsstrategien im Rahmen der Stadtentwicklungspolitik initiiert werden (Löfstedt 2005). In Abgrenzung zu dem eher auf Extremereignisse fokussierten Risikobegriff werden bei der „Klimawandel-Governance" auch über konkrete Risiken hinausgehende (Wert-)Entscheidungen in den Prozess eingebunden.

Der Diskurs über Vorsorge- und → Anpassungsstrategien zum Klimawandel umfasst zwei Dimensionen:

1. Zum einen geht es darum, die Vielzahl relevanter Akteure in Politik und Verwaltung in diesen Diskursprozess einzubinden. Da es keine „Klimawandel-Fachplanung" gibt, ergibt sich hier die Herausforderung zu klären, welchem Akteur welche Verantwortlichkeiten zugeordnet werden können. Daher muss grundsätzlich geklärt werden, welche Akteure in den Prozess des Klimaschutzes und der Klimaanpassung auf regionaler oder kommunaler Ebene eingebunden werden sollten.
2. Zum anderen geht es um die partizipative Organisation des Diskursprozesses zwischen dem politisch-administrativen System und der Öffentlichkeit. Dabei ist es insbesondere wichtig, im Zusammenspiel mit der Öffentlichkeit problemadäquatere Lösungen und neue Ideen zu entwickeln, die Implementationsressourcen gesellschaftlicher Akteure zu nutzen und durch eine frühzeitige Beteiligung Implementationswiderstände zu verringern.

Dabei ist zu beachten, dass Governance-Prozesse Entscheidungen nur vorbereiten, jedoch nicht ersetzen können – zumindest solange diese Entscheidungen Drittbindungswirkung haben sollen. Am Ende steht letztlich normgebend wieder die politische Entscheidung.

Bei Governance-Ansätzen zum Klimawandel bestehen verschiedene Anforderungen, je nachdem, ob es sich um Klimaschutz (Climate Mitigation Governance) oder Klimaanpassung (Climate Adaptation Governance) handelt.

Climate Proofing (dt.: Sicherung gegenüber dem Klimawandel sowie Prüfverfahren zur Integration von Klimawandelfragen)

Climate Proofing bezeichnet die systematische Berücksichtigung von Anpassungsfragen und die Entwicklung von Risikominderungsstrategien gegenüber klimabezogenen Extremereignissen sowie schleichenden Veränderungen. Dabei kann Climate Proofing sowohl im Sinne eines Prüfverfahrens verstanden werden als auch als generelle Strategie zur Sicherung von bestehenden Systemen (z. B. Infrastrukturen) oder als zukunftsorientierte Investition gegen die Folgen des Klimawandels.

Eine einheitliche Definition des Begriffs Climate Proofing gibt es bisher nicht. In der internationalen Klimaanpassungsforschung und -politik finden sich drei Ausprägungen des Begriffs (Birkmann, Fleischhauer 2009):

- Objektbezogen: Das weitaus häufigste Verständnis des Begriffs bezieht sich auf Objekte, die i. S. einer Anpassung an den Klimawandel gegenüber dessen Auswirkungen abgesichert oder geschützt werden sollen. Dabei erstreckt sich der Begriff beispielsweise auf einzelne Infrastrukturen oder Sektoren wie Landwirtschaft.
- Prozessbezogen: In diesem Sinn wird der Begriff zur Beschreibung von Planungs- und Entscheidungsprozessen (Prüfverfahren) verwendet, die resiliente Raumstrukturen gegenüber zukünftigen Klimafolgen zum Ziel haben.
- Subjektbezogen: Ein weiteres Begriffsverständnis orientiert sich an den handelnden Subjekten. In diesem Sinne geht es darum, dass vom Klimawandel betroffene Akteure z. B. Kenntnisse erwerben, um das Ergebnis ihrer Handlungen an die veränderte Situation durch den Klimawandel anzupassen. Ein Beispiel wäre die Qualifizierung von Landwirten, damit diese besser mit Dürre/Trockenheit umgehen können.

Für klimabezogene schleichende Veränderungen entspricht Climate Proofing dem Nachhaltigkeitsprinzip, für Extremereignisse handelt es sich letztlich um eine Erweiterung des Nachhaltigkeitsprinzips um die Dimension der Katastrophenresistenz (BMVBS, BBSR 2009; Greiving 2002).

Eine der ersten wissenschaftlichen Forderungen nach einem Climate Proofing wurde von Kabat et al. (2005) formuliert. Sie beziehen sich dabei allerdings ausschließlich auf die Anpassung an den Klimawandel, wohingegen andere Autoren auch Aspekte des Klimaschutzes unter dem Stichwort Climate Proofing mitbehandeln. Kabat et al. (2005) definieren Climate Proofing dabei wie folgt: „Climate proofing does not mean reducing climate-based risks to zero – an unrealistic goal for any country. The idea is to use hard infrastructure to reduce risks to a quantified level, accepted by the society or economy. This risk can be further combated by ‚softer' measures, such as insurance schemes or, as a last resort, evacuation plans. Such climate proofing should be driven by opportunities for technological, institutional and societal innovations, rather than purely by fear of the negative effects of climate change" (Kabat et al. 2005: 283).

Die in der internationalen Diskussion vertretenen Definitionen von Climate Proofing spiegeln aber letztlich die Sorge wider, dass existierende Strukturen, Verhaltensweisen und Systeme nicht mehr langfristig als „sicher" gelten können. Damit verbunden ist die Forderung, Strukturen, Prozesse, Systeme usw. so auszugestalten, dass sie weniger verwundbar sind (siehe → Vulnerabilität) und trotz unvorhergesehener, plötzlicher Änderungen weiter existieren und funktionieren, sei es, weil sie (1) besonders robust („resistant"), (2) besonders flexibel/fehlertolerant („resilient") oder (3) besonders rückzugsfähig („able to retreat") sind.

Für die räumliche Planung und Raumentwicklung in Deutschland lässt sich somit als erste Annäherung folgende Definition und Abgrenzung des Begriffs Climate Proofing ableiten: „Unter ‚Climate Proofing' sind Methoden, Instrumente und Verfahren zu verstehen, die absichern, dass Pläne, Programme und Strategien sowie damit verbundene Investitionen gegenüber den aktuellen und zukünftigen Auswirkungen des Klimawandels resilient und anpassungsfähig gemacht werden, und die zudem auch darauf abzielen, dass die entsprechenden Pläne, Programme und Strategien dem Ziel des Klimaschutzes Rechnung tragen" (Birkmann, Fleischhauer 2009: 118).

In einem engen Verständnis handelt es sich bei Climate Proofing um ein reines Prüfverfahren, bei dem die Umsetzung der Ergebnisse nicht Gegenstand des Verfahrens ist. In der aktuellen Diskussion werden in einem weiteren Verständnis des Begriffs Climate Proofing unter dem Prüfverfahren auch Methoden und Projekte subsummiert, die die Berücksichtigung entsprechender Klimaanpassungsfragen in Plänen und Programmen ermöglichen. Insgesamt bezieht sich Climate Proofing damit einerseits auf neue Aspekte der Planung und der Planprüfverfahren, andererseits umfasst es auch neue Wertmaßstäbe, die die Frage, was klimaangepasste Raumentwicklung konkret bedeutet, für die jeweilige Region oder Kommune konkretisieren muss. Ob dafür ein neues Plan- und Prüfverfahren notwendig ist oder diese Anforderungen in bestehende Prüfverfahren (insb. in die Strategische Umweltprüfung) integriert werden können, ist damit nicht beantwortet, sondern wird sich in der Praxis erweisen müssen.

Eignungsgebiet → Vorrang-, Vorbehalts-, Eignungsgebiet

Empfindlichkeit, Sensitivität → Vulnerabilität

Die Empfindlichkeit oder Sensitivität eines Mensch-Umwelt-Systems gegenüber bestimmten Veränderungen des Klimas ist in der Klimafolgenforschung Teil der à Vulnerabilität und wird zusammen mit Unterschieden der Definition in verschiedenen Wissenschaftsdisziplinen dort erläutert. In der Naturrisiko- und geographischen Vulnerabilitätsforschung wird Sensitivität kaum als Begriff genutzt, es wird eher von Anfälligkeit (engl.: susceptibility) als Komponente der Vulnerabilität gesprochen.

Exposition

Unter Exposition ist zu verstehen, dass Subjekte, Objekte und Systeme den Einwirkungen des Klimawandels und seinen Folgen räumlich und zeitlich ausgesetzt sind.

Unter Ausgesetztsein werden der Aufenthalt von Personen sowie die Lage von Lebensgrundlagen, Ökosystemdienstleistungen und Naturressourcen, Infrastrukturen oder wirtschaftlichen, sozialen und kulturellen Werten in Gebieten verstanden, welche durch die Einwirkungen des Klimawandels negativ beeinflusst werden können (IPCC 2012). Aus Sicht der Raumplanung gibt die Exposition insofern an, inwieweit einzelne Raumnutzungen, die

potenziell oder tatsächlich anfällig sein können, dort liegen, wo mit Klimaänderungen und deren Folgen zu rechnen ist.

Exposition wird in einigen Risiko- und Vulnerabilitätskonzepten als Bestandteil der → Vulnerabilität angesehen (vgl. Turner et al. 2003; Birkmann 2006), wohingegen andere Konzepte Exposition als eigenständigen Faktor außerhalb der Vulnerabilität definieren (vgl. u. a. IPCC 2012). Insgesamt ist die Exposition ein Bindeglied zwischen der räumlichen und zeitlichen Ausprägung der Naturgefahr einerseits und der räumlichen und zeitlichen Verteilung von Menschen, Raumnutzungen und Infrastrukturen andererseits.

Während beispielsweise aufgrund einer generellen Auflistung von exponierten Infrastruktureinrichtungen noch keine Aussage zur Vulnerabilität getroffen werden kann, können über den Anteil der exponierten Elemente des Gesamtsystems auch erste Hinweise auf die Verwundbarkeit gegeben werden. Zentral ist allerdings, dass die Exposition allein in keinem der Ansätze ein hinreichendes Kriterium der Vulnerabiltät darstellt.

Extremwetterereignis

Ein Extremwetterereignis ist ein mit Wetterbedingungen wie Hitze, Sturm oder Starkniederschlag verbundenes Ereignis, das am gegebenen Ort und zur gegebenen Jahreszeit selten ist (vgl. IPCC 2012).

Definitionsgemäß ist die Charakteristik von „Extremwetter" von Ort zu Ort unterschiedlich und die Definitionen für „selten" variieren. Üblicherweise ist ein Wetterereignis „extrem", wenn es außerhalb des Bereichs zwischen dem 10. und 90. Perzentil der beobachteten Wahrscheinlichkeitsverteilung liegt (IPCC 2007b). In der → Raum- und → Fachplanung ist es auch üblich, seltene Ereignisse mit langen Wiederkehrperioden bzw. einer hohen Jährlichkeit zu verbinden, z. B. HQ_{500} für fünfhundertjährliche Ereignisse. Im Gegensatz zu Extremereignissen, die nicht mit Wetterbedingungen zusammenhängen (z. B. Erdbeben), kann sich allerdings die Wahrscheinlichkeitsverteilung für Extremwetterereignisse und damit die Jährlichkeit infolge von Klimaänderungen ebenfalls verändern. Folglich kann es durch den Klimawandel zu einer Veränderung von Ausmaß und Häufigkeit von Extremwetterereignissen kommen. Einzelne Extremwetterereignisse können ohne Kenntnis der Wahrscheinlichkeitsverteilung nicht einfach und direkt dem Klimawandel zugeordnet werden, da immer eine – wenn auch kleine – Wahrscheinlichkeit besteht, dass das betreffende Ereignis auch natürlicherweise hätte auftreten können.

Fachplanung

Fachplanung umfasst die systematische Vorbereitung und Durchführung von Maßnahmen, die auf die Entwicklung eines bestimmten Sachbereiches beschränkt sind. Beispiele für Fachplanungen insbesondere im Hinblick auf die Herausforderungen durch den Klimawandel sind die Landschaftsplanung, die Verkehrsplanung und die Wasserwirtschaftliche Planung.

Fachplanungen existieren auf Ebene des Bundes, der Länder, Regionen oder Gebietskörperschaften. Sie sind sektoral (an Umweltmedien oder Aufgaben) orientiert, aber vielfach mit räumlichem Bezug, sodass sie Raumbedeutsamkeit erlangen. Fachplanungen verfügen über eigene Rechtsgrundlagen (z. B. Wasserhaushaltsgesetz, Naturschutzgesetz), in denen durch die sog. Raumordnungsklausel den Erfordernissen der Raumordnung Geltung verschafft wird (Runkel 2005; Reitzig 2011; Vallée 2011).

Von diesen raumbedeutsamen Fachplanungen wird die → Raumplanung unterschieden. Die Raumplanung nimmt auf allen Ebenen – sowohl auf überörtlicher als auch auf örtlicher – eine Abstimmung und Zusammenfassung der raumbedeutsamen Fachplanun-

gen vor, weshalb die Raumplanung auch als integrativ, überfachlich oder übergeordnet beschrieben wird. Raumplanung und raumbedeutsame Fachplanungen können wiederum unter dem (Ober-)Begriff der raumbedeutsamen Planungen zusammengefasst werden (Turowski 2005; Greiving 2011).

Durch den Klimawandel steigen die Anforderungen an alle Fachplanungen, die sich mit den natürlichen Ressourcen auseinandersetzen (z. B. Landschaftsplanung, Wasserwirtschaft) (Zebisch et al. 2005). Zudem müssen Infrastrukturplanungen an veränderte klimatische Bedingungen angepasst und Emissionen von → Treibhausgasen minimiert werden (ebd.). Die Verkehrsplanung kann z. B. über die Nahverkehrspläne Einfluss auf die Reduzierung der Treibhausgasemissionen nehmen. Anpassungsstrategien der Fachplanungen werden z. B. deutlich in den Hochwasserrahmenplänen der Wasserwirtschaft. Die durch den Klimawandel entstehenden Herausforderungen setzen teilweise auch sehr langfristige Strategien der Fachplanungen voraus. Beispiele hierfür sind Bestrebungen des Naturschutzes und der Landschaftsplanung zur Erhaltung der Biodiversität durch die Errichtung eines umfassenden Biotopverbundsystems oder aber Maßnahmen der Waldmehrung und des Waldumbaus in forstlichen Rahmenplänen.

Da → Anpassungsstrategien einzelner Fachplanungen jedoch auch raumbedeutsame Konflikte untereinander beinhalten können, ist die sektorübergreifende und stärker integrative Perspektive der Raumplanung bei der Formulierung von Anpassungsstrategien erforderlich (Overbeck et al. 2008).

Gefahr, Gefährdung

Gefahr bezeichnet eine potenziell schadensauslösende Einwirkung, die allmählich oder als Ereignis mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit auftritt (vgl. UN/ISDR 2004; Greiving 2002; WBGU 1999).

Der Begriff der Gefahr entspricht im Englischen im Wesentlichen dem Begriff des „hazard": „A potentially damaging physical event, phenomena or human activity that may cause the loss of life or injury, property damage, social and economic disruption or environmental degradation. Hazards can include latent conditions that may represent future threats and can have different origins [...]" (UN/ISDR 2004: 4).

Gefahren können durch ein Naturereignis, technische bzw. organisatorische Fehler oder menschliches Verhalten entstehen (SKK 2006). Im Polizei- und Ordnungsrecht werden Gefahren darüber hinaus als Phänomene definiert, bei denen dringender Handlungsbedarf besteht. In dieser Hinsicht bezeichnet Gefahr „eine Sachlage, in der bei ungehindertem Ablauf des objektiv zu erwartenden Geschehens in absehbarer Zeit mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ein Schaden für eines der Schutzgüter (öffentliche Sicherheit bzw. Ordnung) eintreten wird" (Schoch 2005: 174).

In Bezug auf → Extremwetterereignisse werden insbesondere die möglichen Wirkungen auf → Schutzgüter wie Gesundheit, Sachgüter, Umwelt sowie soziale oder wirtschaftliche Strukturen betrachtet. Erst wenn ein Extremereignis (z. B. Hochwasser) bestimmte negative Auswirkungen auf ein solches Schutzgut haben kann, wird von Gefahr bzw. einem Gefahrenereignis gesprochen.

Die Unterscheidung zwischen einer Gefahr und dem tatsächlichen Ereignis ist zunächst durch unterschiedliche Perspektiven gekennzeichnet. Während ein Ereignis einen tatsächlichen (vergangenen oder zukünftigen) Vorgang beschreibt, geht es bei der Gefahr um die Möglichkeit eines → Schadens. Da eine Gefahr immer im Zusammenhang mit einem möglichen Schaden steht, handelt es sich dabei – wie auch beim Schaden – um einen

anthropozentrisch geprägten Begriff. Ein (zukünftiges) Ereignis wird also dann zur Gefahr, wenn durch dessen Eintreten konkrete und abstrakte Werte gemindert oder zerstört werden könnten.

Für die räumliche Planung ist es bedeutsam zu prüfen, welche Gefahren überhaupt raumrelevant oder raumplanungsrelevant sind (vgl. Fleischhauer 2005; Greiving 2007). Tab. 1 stellt die raumplanerische Relevanz und den Klimawandelbezug verschiedener Naturgefahren in Zusammenhang. Unabhängig von dieser Zuordnung besteht die Möglichkeit, dass in bestimmten Fällen durch das Zusammenwirken verschiedener Naturgefahren ein indirekter Zusammenhang zwischen Naturgefahren und ihrem Klimabezug bzw. der raumplanerischen Relevanz besteht.

Die Interaktion zwischen einer Gefahr bzw. einem Gefahrenereignis und einer vulnerablen Gesellschaft konstituiert – insbesondere nach der Denkschule der Naturrisikoforschung – ein → Risiko (UN/ISDR 2004; Wisner et al. 2004; Birkmann 2008). Risikobewertungen und Risikoabschätzungen sind mit bestimmten Eintrittswahrscheinlichkeiten eines Gefahrenereignisses verbunden.

Tab. 1: Raumplanerische Relevanz und Klimawandelbezug ausgewählter Naturgefahren

Klimabezug / **Raumpl. Relevanz**	**hoch**	**mittel**	**gering bzw. nicht vorhanden**
hoch	- **Flussüberschwemmung** - **Sturzflut** - **Murgang** - **Bergrutsch, Erdrutsch** (infolge von Niederschlägen oder Auftauen von Permafrost) - **Sturmflut** - **Tidebeeinflusste Hochwasser**	- **Bergrutsch, Erdrutsch** (infolge von Erschütterungen in Verbindung mit Niederschlägen) - **Bergsturz, Felssturz** - **Lawine**	- Vulkanausbruch
mittel	- Dürre - Frost - Sturm	- Waldbrand	- Erdbeben
gering bzw. nicht vorhanden	- Hagel - Hitzewelle - Kältewelle	*(nicht erfüllt)*	- Meteoriteneinschlag

Raumplanerische Relevanz: Naturgefahr lässt sich mit formellen Instrumenten der Raumordnung/Bauleitplanung begegnen und/oder lässt sich räumlich deutlich von nicht gefährdeten Bereichen abgrenzen.
Klimabezug: Naturgefahr wird durch Wetterereignisse und/oder die Veränderung des Klimas in Häufigkeit und/oder Intensität verstärkt.

Quelle: Fleischhauer 2004

Von der Gefahr ist die Gefährdung zu unterscheiden, die sich auf die mögliche Schädigung eines konkreten Schutzgutes bezieht (vgl. z. B. SSK 2006). Egli (1996: 15) definiert Gefährdung erweitert als „eine nach Art, Ausdehnung, Eintretenswahrscheinlichkeit und Intensität bestimmte Gefahr". Mit anderen Worten handelt es sich beim Begriff der Gefährdung um eine qualitativ und quantitativ näher bestimmte Gefahr.

Instrumente der Raumplanung (im Rahmen von Anpassungsstrategien)

Instrumente der Raumplanung dienen u. a. der Umsetzung von Anpassungsstrategien an die Folgen des Klimawandels. Damit kann die Raumplanung als integrative Querschnittsaufgabe eine Vorreiterrolle bei der Entwicklung von anpassungsfähigen und resilienten Raumstrukturen übernehmen.

Zur Umsetzung von → Anpassungsstrategien sind konkrete Maßnahmen und/oder Instrumente (die beiden Begriffe werden in der Literatur nicht immer klar getrennt; s. Hübler 2005) notwendig. Instrumente sind Mittel zur Realisierung oder Implementierung von Planungen bzw. planerischen Strategien. Der à Raumplanung steht ein sehr breites Spektrum formeller und informeller Instrumente zur Verfügung. Während formelle Instrumente, i. d. R. gesetzlich normiert, zur Umsetzung der Planung (z. B. Bindungswirkung der Ziele der Raumordnung, Anpassungspflicht der kommunalen Bauleitplanung) und v. a. der mittel- bis langfristigen Rahmensetzung der Raumentwicklung dienen, zielen informelle Instrumente auf den Einbezug unterschiedlicher Akteure, auf Konsens und Kooperation, und sollen zur Vorbereitung, Ergänzung und Realisierung formeller Planung beitragen. Zu den informellen Instrumenten zählen z. B. Leitbilder, Regionale Entwicklungskonzepte oder Modellvorhaben der Raumordnung (MORO). Als formelle Instrumente der Raumordnung werden u. a. die in Plänen getroffenen Festlegungen zur überörtlichen Raumstruktur (wie z. B. → Vorrang-, Vorbehalts- oder Eignungsgebiete) bezeichnet (Hübler 2005).

Klima

Klima ist die raum-zeitliche Gesamtheit aller Wettererscheinungen in der Atmosphäre unter Berücksichtigung des Maßstabs der wirkungsrelevanten Prozesse.

Diese wissenschaftliche Definition in Anlehnung an Hupfer und Chmielewski (1990) umfasst verschiedene Definitionen des Begriffs Klima, die je nach betrachtetem Prozess und Maßstab (von global bis lokal) unterschiedlich formuliert sind. Im Kontext des → Klimawandels wirken neben Prozessen in der Atmosphäre viele andere Prozesse vom Erdinneren bis zum Sonnensystem mit. Das Klimasystem wird als Teil eines komplexen Erdsystems verstanden.

Der IPCC definiert Klima in einem engeren und einem weiter gefassten Zusammenhang. Im weiteren Sinn ist Klima der Zustand des Klimasystems, seiner Statistik und Variabilität. Im engeren, traditionellen Sinn ist Klima die statistische Beschreibung des Wetters über einen genügend langen Zeitraum, von Monaten zu Tausenden oder Millionen von Jahren. Der klassische, von der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) definierte Zeitraum (= Klimanormalperiode) sind 30 Jahre; die letzte komplette Klimanormalperiode war 1961–1990 (IPCC 2007b).

Die relevanten Zustandgrößen des Klimas, wie Temperatur, Niederschlag, Strahlung sowie stoffliche Transportparameter z. B. von Luft und Wasser, sind raum-zeitlich statistisch aggregierte und damit unanschauliche Größen. Im Gegensatz dazu beschreibt das Wetter den spürbaren momentanen (Sekunden bis Tage) Zustand der Atmosphäre an einem bestimmten Ort der Erdoberfläche. Wetter lässt sich direkt spüren bzw. mit Messgeräten für Temperatur, Bewölkung, Niederschlag, Wind usw. messen. Als Witterung bezeichnet man das Wetter in einem Zeitabschnitt von mehreren Tagen oder Wochen mit einer relativ homogenen Ausprägung, beispielsweise eine Föhnperiode in den Alpen mit reduzierter Luftfeuchte und gleichzeitig erhöhter Lufttemperatur (Lauer, Bendix 2004).

Klimaanpassung (engl.: climate change adaptation) → Anpassung

Klimamodell

Ein Klimamodell ist ein numerisches oder statistisches Modell, das eine dreidimensionale Repräsentation der Atmosphäre enthält und die in ihr ablaufenden physikalischen und chemischen Prozesse beschreibt. Es berücksichtigt Wechselwirkungen zwischen Atmosphäre und Erdoberfläche.

Ein globales Klimamodell (General Circulation Model, kurz GCM) basiert i. d. R. auf einem Atmosphärenmodell, wie es auch bei der numerischen Wettervorhersage zum Einsatz kommt. Zur Klimamodellierung wird dieses erweitert, da die Atmosphäre nicht als isoliertes System betrachtet werden kann. Üblicherweise wird ein Ozeanmodell angekoppelt – man erhält dann ein sogenanntes Atmosphere-Ocean GCM, kurz AOGCM – und zudem ein Schnee- und Eismodell für die Kryosphäre sowie ein Vegetationsmodell für die Biosphäre. Es gibt eine Entwicklung in Richtung noch komplexerer Modelle mit interaktiver Chemie und Biologie.

Um die räumliche Auflösung der Ergebnisse zu erhöhen, stehen mit dynamischen und statistischen regionalen Klimamodellen prinzipiell zwei Ansätze zur Verfügung. Regionale dynamische Klimamodelle repräsentieren – wie globale Klimamodelle – die Dynamik der physikalischen und chemischen Prozesse in der Atmosphäre. Da sie nur einen regionalen Ausschnitt der Atmosphäre modellieren, ist ihre horizontale Auflösung – bei gleichbleibendem Rechenaufwand – größer als bei globalen Klimamodellen und liegt typischerweise bei unter 50 km bis zu nur wenigen Kilometern. Wie auch bei globalen Klimamodellen müssen Prozesse, die auf feinerer Skala als die räumliche Auflösung stattfinden, parametrisiert werden. Im Gegensatz zu dynamischen Klimamodellen beruhen regionale statistische Klimamodelle auf der Ermittlung skalenübergreifender Beziehungen zwischen Klimaparametern, d. h. Beziehungen zwischen großskaligen Klimavariablen (z. B. globale Mitteltemperatur) und lokalen/regionalen Klimavariablen (z. B. mittlere Januartemperatur an einem bestimmten Ort). Diese Beziehungen werden aus langjährigen Messdatenreihen abgeleitet und sind i. d. R. für jede Region unterschiedlich. Regionale Klimamodelle benötigen eine Vorgabe der globalen Klimaänderung, etwa aus den Ergebnissen globaler Klimamodelle, z. B. müssen regionale dynamische Klimamodelle in ozeanische und laterale atmosphärische Randbedingungen an den Modellrändern eingebettet werden.

In Deutschland werden derzeit vier regionale Klimamodelle zur Erstellung regionaler Klimaszenarien eingesetzt: Die beiden dynamischen Modelle REMO (Max-Planck-Institut für Meteorologie, Hamburg) und CCLM (Deutscher Wetterdienst und etwa 25 weitere Institutionen) sowie die beiden statistischen Modelle STAR (Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung) und WettReg (Climate and Environment Consulting Potsdam GmbH) (Walkenhorst, Stock 2009).

Klimaprojektion

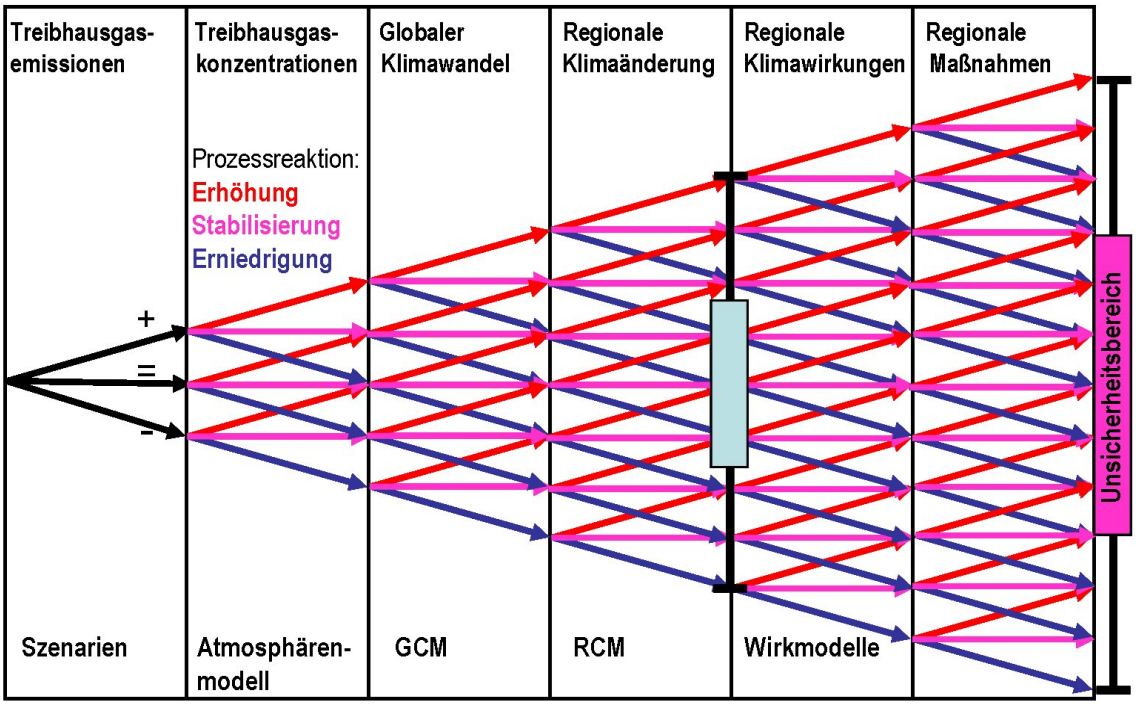
Als Klimaprojektion wird eine mögliche zukünftige Entwicklung einzelner oder mehrerer Klimakenngrößen (Klimavariablen) bezeichnet, wie sie auf der Basis vonà Szenarien mithilfe eines → Klimamodells berechnet werden kann.

Berechnungsgrundlage sind → (Emissions-)Szenarien, wie sie für die globale Klimaentwicklung vom IPCC entwickelt wurden (vgl. IPCC 2001b). Szenarien liegen begründete Annahmen zur möglichen Entwicklung von Antriebsparametern der Klimaänderung (z. B. Sonnenaktivität, Treibhausgasemissionen oder Landnutzungsänderungen) zugrunde, mit

denen Klimamodelle die zukünftige Klimaentwicklung berechnen. Ob diese Annahmen auch tatsächlich eintreten werden, ist ungewiss, was wesentlich zu den Unsicherheiten bzgl. der zukünftigen Klimaentwicklung beiträgt. Dieser Unsicherheit wird durch verschiedene Szenarien mit alternativen Annahmen Rechnung getragen, was zu verschiedenen Projektionen führt. Hinzu kommen zusätzliche Unsicherheiten aus der Berechnung der weiteren Entwicklung mit verschiedenen Modellen (s. Abb. 1).

Im Unterschied zum Begriff „Klimaprognose", der vermieden wird, weil er die Existenz eines einzigen Pfades in die Zukunft suggeriert, weisen Klimaprojektionen auf mögliche unterschiedliche Pfade in die Zukunft hin, die von zukünftigen sozioökonomischen und technologischen Entwicklungen sowie von gegenwärtigen Weichenstellungen abhängen.

Abb. 1: Schematische Darstellung möglicher alternativer Projektionen von Klima und Klimafolgen und der Beiträge verschiedener Unsicherheiten bei Multimodell rechnungen



Die möglichen alternativen Entwicklungen der zukünftigen Klimafolgen gehen von Szenarien der Treibhausgasemissionen auf der Basis von Annahmen zur Entwicklung der Energie- und Landnutzung aus und berechnen die möglichen Folgen schrittweise mit verschiedenen Modellen.

Quelle: Eigene Darstellung (in Anlehnung an Viner 2002)

Klimaschutz (auch: Mitigation, engl.: mitigation)

Der Begriff Klimaschutz wird mit zwei Bedeutungen verwendet: (1) In der Diskussion zum Klimawandel versteht man darunter alle Bemühungen zum Schutz des globalen Klimas, also zur möglichst weitgehenden Vermeidung des Klimawandels. Hierfür wird häufig auch der Begriff Mitigation verwendet. (2) Daneben kann Klimaschutz als Schutz bzw. Sicherung der lokalen (bio-)klimatischen Funktionen verstanden werden, i. S. des Schutzgutes „Klima" der Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) oder der Strategischen Umweltprüfung (SUP).

(1) Klimaschutz in Zusammenhang mit dem Klimawandel umfasst sämtliche Strategien und Maßnahmen zur Minderung der Emission klimarelevanter Gase (sog. → Treibhausgase). Dies beinhaltet

- die Reduktion der Treibhausgasemissionen durch:

  die Reduktion des Energieverbrauchs (Steigerung der Energieeffizienz, Verzicht auf bzw. Reduktion von Energie verbrauchenden Tätigkeiten),

  den Wechsel zu regenerativen, d. h. nicht auf fossilen Brennstoffen beruhenden, Energieträgern (v. a. Windenergie, Photovoltaik / passive Solarenergie, Wasserkraft, Biomassenutzung, Geothermie),

- die Sicherung von natürlichen (v. a. Moore, Wälder) und technischen (v. a. Carbon Capture & Storage, CCS, bei Kraftwerken) Treibhausgassenken (IPCC 2007d).

Den internationalen Rahmen für den Klimaschutz bildet v. a. das 2005 in Kraft getretene Kyoto-Protokoll (verabschiedet von der 3. COP in Kyoto 1997), das für die Unterzeichnerstaaten unterschiedliche Reduktionsziele bis zum Jahr 2012 enthält. Derzeit werden von der internationalen Staatengemeinschaft eine 2. Verpflichtungsperiode unter dem Kyoto-Protokoll (als Übergangslösung) sowie ein neues Abkommen (geplanter Beschluss 2015) verhandelt. In Deutschland hat die Bundesregierung über das Kyoto-Protokoll hinaus zugesagt, die Emission von Treibhausgasen bis 2020 um 40 % (bezogen auf 1990) zu reduzieren, sofern die EU-Staaten einer Reduzierung der europäischen Emissionen um 30 % im gleichen Zeitraum zustimmen. Ein wichtiges Klimaschutz-Instrument ist das Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien (EEG), das den Betreibern von Anlagen Erneuerbarer Energien über einen bestimmten Zeitraum einen festen Abnahmepreis garantiert.

Die Raumordnung trägt zum Klimaschutz v. a. durch die räumliche Steuerung erneuerbarer Energien (z. B. Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für Windkraft und Solaranlagen) sowie durch die Förderung energieeffizienter Raum- und Siedlungsstrukturen (Stadt der kurzen Wege, Funktionsmischung) bei. Hinsichtlich des Ausbaus erneuerbarer Energien bestehen in vielen Regionen mittlerweile entsprechende Energiekonzepte. Auf Ebene der Bauleitplanung sind durch das Baugesetzbuch (BauGB) und die Baunutzungsverordnung (BauNVO) Festlegungen zum Klimaschutz bei Vorhaben der Siedlungsentwicklung möglich. Grundsätzlich können auch raumordnerische Konzepte wie dezentrale Konzentration, das Zentrale-Orte-System usw. zur Vermeidung von Verkehr und damit zur Einsparung von Treibhausgasemissionen beitragen, wobei jedoch die tatsächliche Wirkung vom Nutzer- bzw. Mobilitätsverhalten abhängt.

(2) Der Schutz der lokalen bioklimatischen Funktionen umfasst v. a. die planerische Sicherung von Kaltluftentstehungsgebieten und Frischluftbahnen und ist insbesondere in Siedlungsräumen von Bedeutung. Durch die mit dem Klimawandel einhergehende Temperaturerhöhung steigt die Bedeutung des Austauschs von Luftmassen in Siedlungsräumen. Daneben lässt sich durch entsprechende Gestaltung von Grünflächen (v. a. durch Bäume) die Hitzebelastung lokal reduzieren. Im Zuge der → Anpassung an den Klimawandel steigt somit die Bedeutung der Sicherung von Freiräumen bzw. Grünzügen.

Klimavariabilität

Die Klimavariabilität bezeichnet die Schwankungen des mittleren Zustands und anderer statistischer Größen (wie Standardabweichungen, Vorkommen von Extremereignissen usw.) des Klimasystems auf allen zeitlichen und räumlichen Skalen.

Da das Klimasystem ein nichtlineares System mit komplexer Dynamik ist, unterliegt es einer natürlichen Variabilität durch natürliche interne Prozesse (interne Variabilität). Die Variabilität kann aber auch durch natürliche (z. B. Sonnenaktivität, Vulkanismus) oder anthropogene (z. B. Treibhausgasemissionen) äußere Einflüsse begründet sein (externe Variabilität). In der Regel wird mit dem Begriff der Klimavariabilität der natürliche Prozess der Klimaschwankungen bezeichnet, wohingegen unter dem Begriff → Klimawandel der vom Menschen verursachte Anteil der Klimaänderungen verstanden wird (IPCC 2007d).

Klimawandel (engl.: climate change)

Der Begriff des Klimawandels bzw. der anthropogenen Klimaänderung bezieht sich in erster Linie auf die aktuelle vom Menschen verursachte Veränderung des globalen und regionalen Klimas. Allgemein umfasst eine Klimaänderung die langfristigen Veränderungen des Klimas, unabhängig davon, ob dies auf natürliche oder anthropogene Ursachen zurückzuführen ist.

Die erstgenannte Bedeutung entspricht der in der Klimarahmenkonvention (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC) verwendeten Definition von „Climate Change" (UNFCCC 1992, Art. 1). Der anthropogene Klimawandel ist Teil des globalen Wandels, tritt zusätzlich zur natürlichen → Klimavariabilität auf und verändert die Umweltbedingungen vergleichsweise rasch, mit z. T. tiefgreifenden Folgen (→ Klimawirkung).

Die Klimaänderungen der Vergangenheit lassen sich über die gemessenen oder aus verschiedenen Quellen rekonstruierten Klimaparameter nachweisen. Ihre Analyse dient dem Verständnis des Klimasystems und seiner natürlichen Variabilität. Der IPCC definiert daher „Climate Change" allgemein als Klimaänderung mit den langfristigen Veränderungen des Klimas, unabhängig davon, ob dies auf natürliche oder anthropogene Ursachen zurückzuführen ist (IPCC 2007c; IPCC 2001a). Die zukünftige Entwicklung des Klimas wird auf der Basis dieses Verständnisses über → Szenarien und Modelle in → Projektionen abgeschätzt und beinhaltet daher stets → Unsicherheiten („wahrscheinlicher Klimawandel").

Klimawirkung, Klimafolgen

Eine Klimawirkung ist das Resultat einer multikausalen Wirkungsbeziehung, an deren Anfang die Veränderungen bestimmter Klimakenngrößen bzw. -variablen als Belastung (Einwirkung) auf ein klimasensitives System stehen und in deren Folge in Abhängigkeit von der Exposition ökonomische, ökologische und soziale Auswirkungen im betroffenen System eintreten können.

Art und Größe der Auswirkungen einer Klimaänderung hängen immer auch von nichtklimatischen Parametern ab, die die → Exposition sowie die Sensitivität und das Bewältigungs- bzw. Anpassungspotenzial (→ Vulnerabilität) des Systems bestimmen. Die spezifische Klimawirkung wird über mathematische Beziehungen ermittelt, bei denen die Projektionen der Klimavariablen mit den Systemparametern und den nichtklimatischen Wirkfaktoren verknüpft werden. Bei Letzteren werden raumbezogene Geobasis- und Geofachdaten und ggf. ihre zukünftig zu erwartende Veränderung verwendet. Diese sind i. d. R. in größerer räumlicher Auflösung verfügbar, als es bei den Daten der regionalen Klimamodelle der Fall ist, sodass sie vorherrschend die regionale Verteilung der → Vulnerabilität im Klimawandel bestimmen.

Je nach Komplexität der Wirkungsbeziehung unterscheidet man direkte und indirekte Klimawirkungen. Bei direkten Klimawirkungen besteht eine annähernd direkte Wirkungskette zwischen veränderten klimatischen Bedingungen, z. B. vermehrten Hitze- und

Dürreperioden, und Auswirkungen, z. B. Ernteausfällen oder Herz- Kreislaufbelastungen. Bei indirekten Klimawirkungen werden hingegen mehrere nebeneinander bestehende Wirkungsketten multikausal verknüpft sowie Rückkopplungen und Vorschädigungen berücksichtigt. Das betrifft z. B. die Ausbreitung von Krankheitserregern und ihren Übertragungsorganismen, die von jeweils unterschiedlichen klimatischen und umweltbezogenen Bedingungen abhängig sind, zusätzlich aber auch von Transportsystemen sowie dem Zustand des Gesundheitssystems. Außerdem unterscheidet man zwischen potenzieller Klimawirkung, ohne den Einfluss von → Anpassung zu berücksichtigen, und verbleibender Klimawirkung nach Berücksichtigung der schadensmindernden Wirkung von Anpassung.

Häufig wird auch von Klimafolgen synonym für Klimawirkungen gesprochen, was für direkte, potenzielle Klimawirkungen auch adäquat ist. Es wird jedoch beim Begriff Klimafolgen weniger deutlich vermittelt, dass indirekte, verbleibende Klimawirkungen im globalen Wandel auch maßgeblich die Folge von Veränderungen nichtklimatischer ökonomischer, ökologischer und sozialer Einflussfaktoren sowie von Anpassung in komplexen und multikausalen Wirkungsbeziehungen sein können.

Kritische Infrastrukturen

Unter Kritischen Infrastrukturen werden Einrichtungen und Organisationen verstanden, die für das staatliche Gemeinwesen von zentraler Bedeutung sind und bei deren Ausfall oder Beeinträchtigung nachhaltig wirkende Versorgungsengpässe, erhebliche Störungen der öffentlichen Sicherheit oder andere dramatische Folgen eintreten würden (BMI 2005).

Als Kritische Infrastrukturen gelten z. B. die Energie- und Wasserversorgung, Verkehrsnetze und Kommunikationsinfrastrukturen sowie Krankenhäuser. Ein Ausfall dieser Systeme würde zu erheblichen Beeinträchtigungen des Gemeinwesens und der täglichen Erfordernisse führen.

Aus Sicht der Raumplanung sind Kritische Infrastrukturen besonders wichtig, da ohne sie die Bereitstellung von Daseinsgrundfunktionen und Leistungen des täglichen Bedarfs nicht hinreichend gewährleistet werden kann. Aufgrund des Klimawandels steigt in einigen Regionen das Risiko des Ausfalls Kritischer Infrastrukturen infolge von → Extremwetterereignissen, z. B. Hochwasserereignissen. Hier besteht also eine besonders hohe → Vulnerabilität, auf die bei bestehenden Infrastrukturen mit Anpassungs- oder Schutzmaßnahmen reagiert werden sollte. Insbesondere sollten in gefährdeten Gebieten nach Möglichkeit keine Kritischen Infrastrukturen angesiedelt werden oder entsprechende Vorsorgemaßnahmen mit dem Bau solcher Infrastrukturen eingeplant werden, wie z. B. die Förderung resilienter Strukturen (Krings 2010).

No-Regret-Strategie (dt.: „Strategie ohne Bedauern“)

No-Regret-Strategien basieren auf Konzepten und Verhaltensweisen, die unabhängig vom Klimawandel ökonomisch, ökologisch und sozial sinnvoll sind. Sie werden vorsorglich ergriffen, um negative Auswirkungen zu vermeiden oder zu mindern. Ihr gesellschaftlicher Nutzen ist auch dann noch gegeben, wenn der primäre Grund für die ergriffene Strategie (hier: Anpassung an den Klimawandel) nicht im erwarteten Ausmaß zum Tragen kommt.

Der Begriff der No-Regret-Strategie taucht bereits im zweiten Sachstandsbericht des IPCC (1995) auf. No-Regret-Strategien sind hier Maßnahmen, deren gesellschaftlicher Nutzen, der zusätzlich zum Nutzen der verhinderten Klimaänderung eintritt, den gesellschaftlichen Kosten gleichkommt oder diese übersteigt (ebd.).

Beispiele für No-Regret-Strategien zur → Anpassung an den Klimawandel sind:

- Erarbeitung von Evakuierungsplänen und Frühwarnsystemen, z. B. gegenüber Hochwasserereignissen
- Einführung von energieeffizienten Gebäudestandards in den Bereichen Wärmedämmung und Heizung (das Klima wird geschützt und die Heizkosten fallen)

No-Regret-Strategien sind aufgrund der → Unsicherheiten bzgl. der zukünftigen Auswirkungen des Klimawandels attraktiv, da sie auch dann von Nutzen sind, wenn der Klimawandel anders ausfällt als erwartet (Hallegatte 2009). Im Gegensatz zu Strategien und Maßnahmen, die einen hohen Aufwand erfordern und zudem nur einem Zweck dienen, sind No-Regret-Strategien zeitnah umsetzbar. Zudem dürfte die Akzeptanz zur Durchführung von No-Regret-Strategien höher sein als für Maßnahmen, für die große Investitionen getätigt werden müssen und die nur einem einzigen Zweck dienen. Durch ihre Multifunktionalität wird die Akzeptanz von Anpassungsmaßnahmen erhöht. Allerdings werden die Potenziale dieser Maßnahmen teilweise als gering eingeschätzt: Finanzielle, technologische, institutionelle oder gesellschaftliche Ursachen (z. B. auch ein Mangel an Information) verhindern oftmals die Umsetzung von No-Regret-Strategien trotz ihres vielschichtigen Nutzens (ebd.).

Projektion → Klimaprojektion

Raumplanung, Raumordnung, Raumentwicklung

Raumplanung umfasst die überörtliche, zusammenfassende Gesamtplanung (= Raumordnung) und die örtliche Gesamtplanung, während der Begriff der Raumentwicklung stärker den gestaltenden, dynamischen Charakter der Entwicklung eines Raumes beschreibt.

Die Raumplanung spielt eine zentrale Rolle bei der Lösung von Nutzungskonflikten, die durch den klaren Raumbezug von Maßnahmen zum Klimaschutz und zur Anpassung an den Klimawandel entstehen können.

Der Begriff der Raumplanung umfasst in Deutschland die örtliche und die überörtliche Gesamtplanung. Auf überörtlicher Ebene ist dies die Raumordnung, die als zusammenfassende und übergeordnete Tätigkeit zur Ordnung und Entwicklung des Raumes definiert wird. Raumordnung betrifft die Ebenen der Bundesraumordnung, der Landesplanung sowie der Regionalplanung. Die Gesamtplanung auf örtlicher Ebene ist die Bauleitplanung (kommunale städtebauliche Planung), die die bauliche und sonstige Nutzung des Gemeindegebiets vorbereitet (Flächennutzungsplan) und letztlich auch bürgerverbindlich regelt (Bebauungsplan) (Turowski 2005; Greiving 2011).

Von diesen Gesamtplanungen werden die raumbedeutsamen → Fachplanungen unterschieden. Die Gesamtplanungen nehmen auf allen Ebenen eine Abstimmung und Zusammenfassung der Fachplanungen vor, weshalb die Raumplanung auch als integrativ, überfachlich oder übergeordnet beschrieben wird. Raumplanung und raumbedeutsame Fachplanungen können wiederum unter dem (Ober-)Begriff der raumbedeutsamen Planungen zusammengefasst werden (Turowski 2005; Greiving 2011).

Im Gegensatz zum traditionellen Begriff der Raumordnung, der „eine leitbildhafte, normative Vorstellung von der Ordnung und Entwicklung eines Raumes“ (Sinz 2005: 863) beschreibt, betont der Begriff der Raumentwicklung stärker den gestaltenden, dynamischen Charakter der Entwicklung eines Raumes und schließt dabei auch räumliche Entwicklungskonzepte fachübergreifender Art ein (ebd.: 864).

Der Raumplanung kommt bei der Formulierung von → Anpassungsstrategien an den Klimawandel eine Vorreiterrolle u. a. bei der Entwicklung von Leitbildern für anpassungsfähige und resiliente Raumstrukturen zu. Diese Aufgabe wird in der Deutschen Anpassungsstrategie (vgl. Bundesregierung 2008) herausgestellt. Daneben stellt die kartographische Darstellung von Risikogebieten eine wesentliche Informations- und Entscheidungsgrundlage dar. Zum Klimaschutz trägt die Raumplanung durch die Steuerung von Flächen für erneuerbare Energien, die Entwicklung energieeffizienter und emissionsarmer Siedlungsstrukturen sowie die Sicherung von Treibhausgassenken bei (BMVBS 2010). Als formelle Instrumente der Raumordnung im Umgang mit dem Klimawandel sind → Vorrang-, Vorbehalts- oder Eignungsgebiete zu nennen. Speziell zur Anpassung an den Klimawandel werden allerdings Optimierungen und Ergänzungen des Instrumentariums diskutiert, z. B. → Climate Proofing oder Zielvereinbarungen (ebd.).

Resilienz (engl.: resilience)

Als Resilienz wird u. a. in der Ökologie die Fähigkeit von Ökosystemen beschrieben, Schocks und Störungen zu absorbieren und zentrale Funktionen in einem System auch in der Zeit von Stresseinwirkungen möglichst zu erhalten (Holling 1973; Folke 2006).

Das Resilienz-Konzept wurde in der Ökologie maßgeblich von C. S. Holling geprägt. Es wird heute auch auf soziale bzw. sozio-ökonomische und sozio-ökologische Systeme angewendet und wurde in dieser Hinsicht deutlich weiterentwickelt (u. a. Berkes et al. 2003; Brand, Jax 2007; Birkmann 2008).

Analog zur ökologischen Pufferkapazität ist mit Resilienz einerseits die Fähigkeit eines Systems gemeint, auch unter dem Einfluss externer Schocks und Störungen zentrale Funktionen aufrechtzuerhalten (→ Robustheit). Andererseits umfasst Resilienz die Fähigkeit zur Wiederherstellung des Systems („bounce back") nach der Einwirkung von Störungen und Schocks und die Weiterentwicklung im Sinne von Lern- und Reorganisationsprozessen. Die in der englischsprachigen Literatur mit „recovery" oder „coping capacity" bezeichnete Eigenschaft ist gleichzusetzen mit der → Bewältigungskapazität. Das Konzept der „engineering resilience" (Hollnagel et al. 2006) betont diese Eigenschaft und misst sie anhand der Zeitspanne bis zur Wiedererlangung des Ausgangszustandes. In diesem Sinne erholt sich ein System von den Folgen einer Krise umso schneller, je resilienter es ist. Wegen der zugrunde liegenden Gleichgewichtsvorstellung (Annahme stabiler Systeme, Rückkehr zum Ausgangszustand zurückgehend auf Pimm 1984) kritisieren etliche Autoren (u. a. Folke 2006) eine Einschränkung des Resilienzbegriffs auf Robustheit und Bewältigungskapazität und beziehen eine Lernfähigkeit als dritte Dimension von Resilienz mit ein. Demnach ist ein resilientes System in der Lage zu lernen und sich veränderten (Umwelt-)Bedingungen anzupassen. Diesem sehr weitgefassten Begriffsverständnis folgend verfügt ein resilientes System oder eine resiliente Gesellschaft über eine hohe → Anpassungskapazität und ist in der Lage, sich sowohl reaktiv als auch proaktiv an sich wandelnde Umweltbedingungen anzupassen.

Eine klima-resiliente → Raumentwicklung zielt daher nicht allein auf die Entwicklung robuster und widerstandsfähiger Strukturen, sondern sollte auch i. S. einer gezielten Reorganisationsphase Veränderungen in Richtung einer anpassungsfähigen Raumstruktur fördern.

Risiko

Risiko kann als die Wahrscheinlichkeit negativer Konsequenzen verstanden werden (vgl. WBGU 1999; UN/ISDR 2004; Schanze 2006). Darüber hinaus wird Risiko als Produkt der Interaktion bzw. des Zusammentreffens einer Gefahr (z. B. natürlicher Prozesse wie Starkregenereignisse) mit der gesellschaftlichen Vulnerabilität verstanden (vgl. UN/ISDR 2004; Birkmann 2006).

Mit Risiken werden zudem mögliche Folgen von Handlungen bezeichnet, die im Urteil der überwiegenden Zahl der Menschen als unerwünscht gelten. Daher umfasst Risiko immer auch ein normatives Konzept, wonach die Gesellschaft angehalten ist, Risiken zu erkennen, zu vermeiden oder zumindest zu verringern (WBGU 1999). Im Rahmen des Klimawandels könnten Risiken insbesondere aufgrund einer Zunahme der Gefahrenkomponenten sowie durch die Zunahme gesellschaftlicher → Vulnerabilität und → Exposition eine verstärkte Bedeutung erfahren (vgl. IPCC 2012). Auf globaler Ebene führt z. B. die zunehmende Urbanisierung von Küstenregionen, die von möglichen Einflüssen des Meeresspiegelanstiegs negativ betroffen sein könnten, zu einer erhöhten Exposition von Bevölkerung gegenüber solchen potenziellen Gefahren. Zudem können beispielsweise bestimmte sozial selektive Migrationsprozesse oder die Nicht-Einhaltung von Bauvorschriften bezogen auf Vorsorgestandards für Sturm- und Hochwasserereignisse eine Zunahme der Vulnerabilität von Menschen und physischen Strukturen bedeuten.

Der Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) betont des Weiteren, dass Risiko ein „mentales Konstrukt" zur näheren Bestimmung von Gefahren und zur Ordnung nach dem Grad der Bedrohung ist (WBGU 1999). Damit wird die wertende Dimension verdeutlicht, die bei der Bestimmung und Definition von Risiken vielfach erforderlich ist.

Das Begriffsverständnis des IPCC (2007a) in Bezug auf Risiko war in der Vergangenheit relativ unbestimmt. In den neuesten Berichten nähert es sich dem der Naturrisikoforschung an (Schanze, Daschkeit, 2012). UN/ISDR (United Nations International Strategy for Disaster Reduction) beispielsweise versteht Risiko als die Wahrscheinlichkeit negativer Konsequenzen oder Verluste (z. B. Todesfälle, Zerstörung von Besitztümern), die aus dem Zusammentreffen von natürlich oder anthropogen verursachten Gefahren und vulnerablen Gegebenheiten resultieren (UN/ISDR 2004).

Im Sinne der Risikovorsorge können die raumbedeutsamen Planungen ansetzen bei der Standortwahl von Gefahrenquellen, der Exposition vulnerabler Objekte, Subjekte oder Systeme (→ Schutzgüter) sowie der Reduzierung der Vulnerabilität der exponierten Entitäten.

Mit der Identifizierung von „Risikoraumtypen" kann die Raumordnungspolitik wesentliche Informationen für Entscheidungsträger in der Wirtschaft (z. B. für Versicherungen oder Standortentscheidungen), der Verwaltung sowie in anderen Bereichen der Politik und Gesellschaft liefern (Hecht 2003).

Robustheit

Robustheit gibt die Fähigkeit eines Systems an, Veränderungen gegenüber standzuhalten.

Vor dem Hintergrund der Unsicherheit des Verlaufs des Klimawandels kann ein System als robust gelten, wenn es gegenüber einem breiten Spektrum möglicher Klimaveränderungen mit deren Folgen unempfindlich reagiert. Bei der Bewertung von Handlungsalter-

nativen der Klimaanpassung unter unsicheren Entwicklungen stellt Robustheit (robuste Raumstrukturen und Raumfunktionen) ein wichtiges Kriterium dar (Hallegatte 2009; Lempert et al. 2006). Im Rahmen der Deutschen Anpassungsstrategie wird der → Raumplanung durch die Entwicklung einer robusten Raumstruktur gegenüber allen gesellschaftlichen Veränderungsprozessen eine wichtige Rolle zugesprochen (Bundesregierung 2008). Insbesondere im Hinblick auf → Unsicherheiten bzgl. der zukünftigen Entwicklung des Klimawandels und seiner Folgen sind robuste Raumelemente und Raumstrukturen von großer Bedeutung, um unterschiedlichen → Szenarien Rechnung tragen zu können.

In der aktuellen Diskussion zur → Anpassung von Räumen an den Klimawandel ist jedoch auch zu prüfen, wie sich Strategien robuster Raumstrukturen mit der Zielsetzung flexibler Raumstrukturen vertragen.

Robustheit wird außerdem als ein Kriterium für die Beurteilung von Klimaanpassungsmaßnahmen verwendet. Sie bezeichnet dann die Wirkung von Instrumenten und Maßnahmen unter verschiedenen Randbedingungen, wie sie sich insbesondere aus alternativen Emissionsszenarien und Klimamodellen ergeben (Schanze, Sauer 2012).

Schaden

Schaden bezeichnet die Zerstörung und Minderung von konkreten oder abstrakten Werten.

Die Folgen von → Extrem(wetter)ereignissen in vulnerablen Räumen und Gesellschaften sind oftmals negative Veränderungen, die als Schäden wahrgenommen werden. Dazu gehören der Verlust von geldwerten Gütern, aber auch gesundheitliche Beeinträchtigungen, negative psychische oder soziale Auswirkungen sowie der Verlust von Menschenleben (SKK 2006; Dikau, Pohl 2007).

Die Wahrnehmung eines Schadens braucht immer ein bewertendes Subjekt – der Schadensbegriff ist damit anthropozentrisch angelegt (WBGU 1999). Die Verwendung des Schadensbegriffs in den Medien ist aber mit Vorsicht zu betrachten: Beispielsweise wird bei Todesfällen meist nicht von „Schäden" gesprochen, auch wenn aus humanitärer Sicht durch jeden Tod eines Menschen ein Schaden entsteht. Schäden lassen sich selten allein in Geldwerten hinreichend ausdrücken, dennoch ist eine objektive Schadensbestimmung üblich, etwa für die Zahlungsleistung einer Versicherung (Dikau, Pohl 2007; GDV 2010).

Entscheidend für das Ausmaß der Schäden sind auch die jeweils vorliegenden Raumstrukturen, die im Einflussbereich der → Raumplanung liegen, sodass der raumplanerischen Risikovorsorge insbesondere im Rahmen des Klimawandels sowie des globalen Umweltwandels eine neue Bedeutung zukommt (vgl. z. B. ARL 2009; Birkmann 2008; Hecht 2005). Selbst wenn keine weiteren Flächen für Siedlungs- und Verkehrszwecke in Risikozonen in Anspruch genommen werden, kann es zu einer Erhöhung des Schadenspotenzials kommen. Dies kann einerseits durch einen Anstieg der Werte in bestehenden Siedlungs- und Raumstrukturen bedingt sein, andererseits durch die Verschiebung und Erweiterung der räumlichen Einflussbereiche von klimabezogenen Naturgefahren.

Schutzgut

Als Schutzgut kann im Allgemeinen alles aufgefasst werden, was aufgrund seines materiellen oder ideellen Wertes vor einem Schaden geschützt werden soll.

Die konkrete Bestimmung von Schutzgütern hängt immer vom Kontext der Ereignisse und von den Auswirkungen (→ Gefahr) ab, vor denen ein Schutz erfolgen soll.

Eine Konkretisierung von Schutzgütern zur wirksamen Umweltvorsorge in Bezug auf Auswirkungen von öffentlichen und privaten Vorhaben und Plänen erfolgt im Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG). Dieses definiert die in der Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) und Strategischen Umweltprüfung (SUP) zu betrachtenden Schutzgüter:

- Menschen (einschließlich der menschlichen Gesundheit), Tiere, Pflanzen und die biologische Vielfalt
- Boden, Wasser, Luft, Klima und Landschaft
- Kulturgüter und sonstige Sachgüter
- die Wechselwirkung zwischen den vorgenannten Schutzgütern (vgl. u. a. Scholles 2008)

Unter dem Schutzgut Klima werden hierbei bislang die lokalen bioklimatischen Funktionen verstanden, die von öffentlichen und privaten Vorhaben und Plänen beeinflusst werden können. Definitorisch geht es hierbei nicht um → Klimaschutz i. S. der Reduktion von → Treibhausgasen. Im Zuge des Klimawandels können vielerorts die Gefahren für einzelne Schutzgüter aufgrund von häufigeren oder heftigeren → Extremwetterereignissen steigen. Dieser Zusammenhang ist vom UVPG jedoch nicht erfasst. Daher wird eine Erweiterung von UVP/SUP i. S. eines → Climate Proofing diskutiert.

Szenarien

Szenarien sind kohärente, konsistente und plausible Beschreibungen möglicher zukünftiger Verhältnisse einschließlich des Verlaufs ihrer Entstehung (vgl. Alcamo 2008; Greeuw et al. 2000). Sie basieren auf Annahmen. Die Beschreibung kann in qualitativer und quantitativer Form erfolgen.

Szenarien beschränken sich meist zunächst auf die zukünftige Entwicklung eines bestimmten Bereichs (z. B. Demographie, Technologie), die entsprechenden Beschreibungen können dann aber sukzessive und kohärent zu umfassenderen Szenarien zusammengefasst werden (vgl. Schanze et al. 2012). Die zur Berechnung des zukünftigen Klimawandels erstellten Szenarien basieren auf Annahmen über die demographische, sozio-ökonomische, politische und technologische Entwicklung, wie z. B. Annahmen über Bevölkerungswachstum, Wirtschaftswachstum, Energieverbrauch, Art der Energiegewinnung und Landnutzungsänderungen. Von diesen Annahmen hängen die klimarelevanten Eigenschaften von Atmosphäre und Landoberfläche ab. Ein Beispiel sind die sog. SRES-Emissionsszenarien, die als Basis für die Berechnung der → Klimaprojektionen in den IPCC Berichten von 2001 bis 2007 verwendet wurden („Special Report on Emissions Scenarios"). Die zukünftigen Emissionen – von denen das Ausmaß des Klimawandels abhängt – sind von einer Vielzahl ökonomischer, sozialer und politischer Entwicklungen abhängig, die grundsätzlich nicht vorhersagbar sind, sodass die Betrachtung einer großen Bandbreite von Annahmen über die künftige Entwicklung notwendig ist. Die SRES-Szenarien berücksichtigen – differenzierter als vorherige Szenarien – die möglichen alternativen Entwicklungen in den Bereichen Bevölkerungswachstum, ökonomische und soziale Entwicklung, technologische Veränderungen, Ressourcenverbrauch und Umweltmanagement jeweils bis zum Ende des 21. Jahrhunderts.

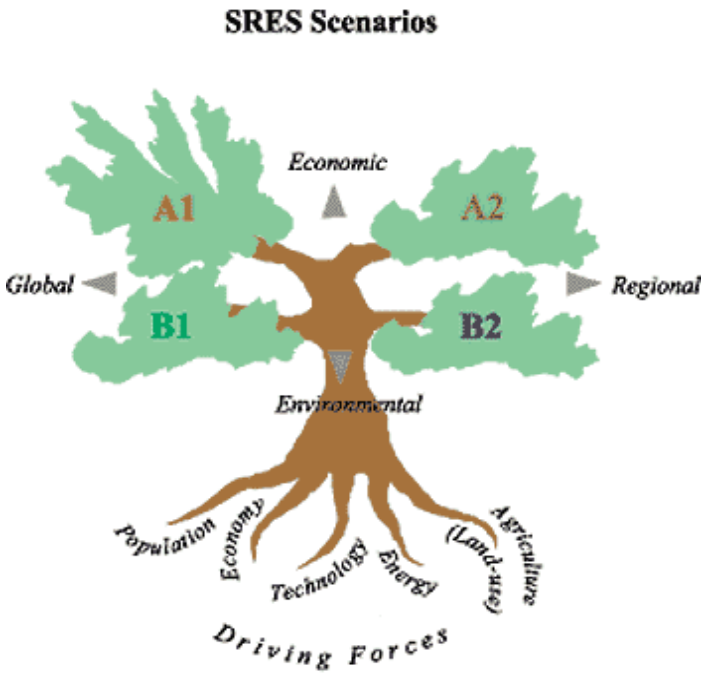
Folgende Begriffe sind zum Verständnis der SRES-Szenarien wichtig:

- Eine Szenarienfamilie ist eine Gruppe von Szenarien, denen eine ähnliche demographische, gesellschaftliche, wirtschaftliche und den technologischen Wandel betref-

fende Modellgeschichte zugrunde liegt. Das SRES-Szenarienset (insgesamt 40 Szenarien) umfasst vier Szenarienfamilien: A1, A2, B1 und B2. Abb. 2 gibt eine grafische Übersicht über die vier Szenarienfamilien (weitere Informationen unter www.ipcc.ch oder auf deutsch unter www.hamburger-bildungsserver.de/klima)

- Ein illustratives Szenario ist ein Szenario, das jeweils eine der sechs Szenariengruppen repräsentiert Die Szenarienfamilie A1 umfasst die drei Szenariengruppen A1FI, A1B und A1T, die unterschiedliche Grade des zukünftigen Umbaus der Energiesysteme – von „fossil intensive" (FI) über „balanced" (B) bis „non-fossil" (T) – abbilden; den übrigen Szenarienfamilien entspricht jeweils eine Szenariengruppe. Alle Szenariengruppen sind gleich „wahrscheinlich".
- Eine Modellgeschichte ist erzählende Beschreibung eines Szenarios (oder einer Szenarienfamilie), die dessen Haupteigenschaften und die Zusammenhänge zwischen den Haupteinflussfaktoren und deren Entwicklungsdynamik hervorhebt.

Abb. 2: Schematische Darstellung der Szenarienfamilien des IPCC Special Report on Emissions Scenarios



Quelle: IPCC 2001a

Treibhausgase (engl.: greenhouse gases)

Treibhausgase sind gasförmige Bestandteile der Atmosphäre (sowohl natürlichen wie anthropogenen Ursprungs), die die Strahlung, die von der Erdoberfläche, der Atmosphäre selbst und den Wolken abgestrahlt wird, in spezifischen Wellenlängenbereichen innerhalb des Spektrums der thermischen Infrarotstrahlung absorbieren und wieder ausstrahlen.

Wasserdampf (H_2O), Kohlendioxid (CO_2), Lachgas (N_2O), Methan (CH_4) und Ozon (O_3) sind die wichtigsten (auch natürlich vorkommenden) Treibhausgase in der Atmosphäre. Daneben gibt es eine Vielzahl ausschließlich anthropogener Treibhausgase wie z. B. Halogenkohlenwasserstoffe und andere chlor- und bromhaltige Substanzen. Neben CO_2, N_2O, und CH_4 erfasst das Kyoto-Protokoll auch Schwefelhexafluorid (SF_6), Fluorkohlenwasserstoffe (H-FKWs) und perfluorierte Kohlenwasserstoffe (FKWs) (IPCC 2007c).

Die Treibhausgase heben durch den sog. Treibhauseffekt die durchschnittliche Temperatur auf der Erdoberfläche an: Die kurzwelligen Sonnenstrahlen erwärmen die Erdoberfläche. Diese gibt langwellige Infrarotstrahlung ab, welche von den Treibhausgasen aufgenommen wird und zurück zur Erdoberfläche gesendet wird. Dadurch gelangt weniger Energie ins Weltall und die Temperatur auf der Erdoberfläche steigt. Durch den Temperaturanstieg nimmt die Wärmestrahlung der Erde zu und das Strahlungsgleichgewicht wird wieder hergestellt. Man unterscheidet zwischen dem natürlichen Treibhauseffekt, der seit Entwicklung der Erdatmosphäre immer stattfindet und das Leben auf der Erde erst ermöglicht hat (ohne natürliche Treibhausgase läge die globale Mitteltemperatur momentan bei etwa -15 °C), und dem zusätzlichen anthropogenen Treibhauseffekt (Rahmsdorf, Schellnhuber 2006; Endlicher, Gerstengarbe 2007).

Die Stärke des Einflusses eines Treibhausgases hängt von zwei Größen ab. Erstens von der Konzentration des Gases in der Atmosphäre und zweitens von der Treibhauswirksamkeit des Gases. Die Treibhauswirksamkeit ist eine Maßzahl für die relative Wirkung einzelner Treibhausgase im Vergleich zu CO_2. Als Maßeinheit dient daher das CO_2-Äquivalent bzw. Treibhauspotenzial. Tab. 2 zeigt die wichtigsten (anthropogenen) Treibhausgase und ihre Bedeutung.

Tab. 2: Ausgewählte Treibhausgase im Überblick

	CO_2	**CH_4**	**N_2O**	**FCKW**
Prozentanteil der anthropogenen Emissionen am gesamten Stofffluss in der Atmosphäre	5	70	40	100
Mittlere Lebenszeit in Jahren nach anthropogener Emission	50-200	15	120	100
Relatives Treibhauspotenzial für einen Zeithorizont von 100 Jahren (CO_2-Äquivalent)	1	25	300	>4000
Prozentanteil am natürlichen Treibhauseffekt	22	2	4	0
Prozentanteil am anthropogenen Treibhauseffekt	60	15	4	11
Anthropogene Emissionsorte der Gase	Verbrennung fossiler Energieträger	½ Land-Forstwirtschaft, ½ Industrie	Landwirtschaft	Chemische Industrie

Quelle: Endlicher, Gerstengarbe 2007

Unsicherheit

Unsicherheit ist ein Ausdruck für das Ausmaß, in dem ein Wert, Zustand oder Prozess unbekannt ist (IPCC 2012; z. B. der zukünftige Zustand des Klimasystems, der zukünftige Zustand der Gesellschaft).

Unsicherheit kann viele Quellen haben, von bezifferbaren Fehlern in Daten über mehrdeutig formulierte Konzepte und Terminologien bis hin zu unsicheren Projektionen über mensch-

liches Verhalten und gesellschaftliche Entwicklung. Unsicherheit kann deshalb entweder quantitativ angegeben werden, z. B. durch eine Spannweite von berechneten Werten aus verschiedenen Modellen, oder durch qualitative Aussagen, die das Urteil eines Expertenteams wiedergeben (IPCC 2007a).

In Bezug auf die Auswirkungen des Klimawandels gibt es aus verschiedenen Gründen eine vergleichsweise große Unsicherheit (s. Abb. 1 bei → Klimaprojektionen), sodass sich derzeit zwar Trendaussagen machen lassen, das genaue Ausmaß des Klimawandels und seiner Auswirkungen (direkte und indirekte Folgen) jedoch nicht bekannt ist:

- Den → Klimaprojektionen liegen Annahmen zur zukünftigen sozio-ökonomischen Entwicklung in Form von → Szenarien zugrunde.
- Unterschiedliche → Klimamodelle (global/regional) liefern unterschiedliche Ergebnisse (v. a. klimatische Extremereignisse sind schwer vorhersagbar)
- Die Wirkung von sich wandelnden Klimaparametern auf Ökosysteme, Gesellschaften (inklusive einzelner Raumnutzungen) und den Menschen sind sehr komplex.

Planung bedeutet grundsätzlich, zwischen Alternativen abzuwägen. Dabei besteht immer – auch bei guter Datengrundlage – ein gewisses Risiko, dass Entwicklungen anders verlaufen als vorhergesehen. Wichtige Ansatzpunkte zum Umgang mit Unsicherheit im Zusammenhang mit dem Klimawandel sind:

- Einbezug der Bandbreite möglicher Entwicklungen in planerische Konzepte
- Berücksichtigung des generellen Ziels der Reduktion der → Vulnerabilität gegenüber Extremereignissen
- Entwicklung resilienter, d. h. anpassungsflexibler Raumstrukturen und Verfolgung von → No-Regret-Strategien, d. h. Konzentration auf Strategien und Maßnahmen, die unter unterschiedlichen Entwicklungen zielführend sind
- Einbezug der Öffentlichkeit bei der Bestimmung von Anpassungszielen, um gerade aufgrund der Unsicherheiten und des Nicht-Wissens eine höhere Akzeptanz in der breiten Bevölkerung anzustreben bzw. zu erzielen (→ Climate Change Governance)

Auch bei intensiver weiterer Forschung zum Klimawandel wird eine erhebliche Unsicherheit bzgl. der Folgen des Klimawandels bestehen bleiben. Planungsinstrumente und planerische Strategien sind folglich so weiterzuentwickeln, dass sie dieser Unsicherheit Rechnung tragen können (→ Anpassungsstrategien). So empfiehlt auch der Beirat für Raumordnung die Flexibilisierung von → Raumplanung und deren Instrumentenset, beispielweise durch den Einsatz von Szenariotechniken (Beirat für Raumordnung 2008).

Vorrang-, Vorbehalts-, Eignungsgebiet

Vorrang-, Vorbehalts- und Eignungsgebiete sind Instrumente der Raumordnung, die der Widmung von Flächen für bestimmte Nutzungen dienen und in der Landes- und insbesondere Regionalplanung festgelegt werden. Mit dem Einsatz dieser Instrumente ist gleichzeitig die Festlegung von Zielen oder Grundsätzen der Raumordnung verbunden, die auch den Umgang mit dem Klimawandel betreffen können.

Die drei Gebietstypen, die auch als Raumordnungsgebiete bezeichnet werden, sind in § 8 Abs. 7 Raumordnungsgesetz (ROG) definiert.

In einem Vorranggebiet gemäß § 8 Abs. 7 Nr. 1 ROG, das für eine bestimmte raumbedeutsame Nutzung vorgesehen ist, sind andere raumbedeutsame Nutzungen ausgeschlossen, soweit sie mit der vorrangigen Raumnutzung unvereinbar sind. Vorranggebiete haben

somit den Charakter von Zielen der → Raumordnung, d. h. sie sind endgültig abgewogen und müssen beachtet werden (Scholich 2005).

Demgegenüber haben Vorbehaltsgebiete gemäß § 8 Abs. 7 Nr. 2 ROG den Charakter von Grundsätzen der Raumordnung und sind damit der Abwägung zugänglich; die jeweils festgelegten Nutzungen müssen in der Abwägung berücksichtigt werden, ihnen kommt ein besonderes Gewicht zu (ebd.).

Eignungsgebiete gemäß § 8 Abs. 7 Nr. 3 ROG bezeichnen Gebiete, die für bestimmte raumbedeutsame Funktionen geeignet sind und gleichzeitig diese Nutzungen an anderer Stelle im Planungsgebiet ausschließen. Der Charakter eines Ziels der Raumordnung entfaltet sich also im Gegensatz zum Vorranggebiet nicht im Eignungsgebiet selbst, sondern bezieht sich auf die nicht geeigneten Flächen außerhalb des Eignungsgebietes (ebd.).

Über die unabhängige Festlegung der drei Instrumente hinaus ist eine Kombination von Vorrang- und Eignungsgebiet gemäß § 8 Abs. 7 Satz 2 ROG für eine bestimmte Nutzung auf ein und derselben Fläche möglich. In den einzelnen Bundesländern werden die Instrumente in der Planungspraxis z. T. unterschiedlich intensiv eingesetzt.

Eine Vielzahl der Anwendungsbereiche dieser Instrumente der Raumplanung auf überörtlicher Ebene steht mit dem Klimawandel in Zusammenhang. Vorrang- und Eignungsgebiete für Windenergie, in einigen Bundesländern bzw. Regionen auch für Freiflächen-Photovoltaikanlagen, leisten wichtige Beiträge zum Ausbau erneuerbarer Energien und damit zum → Klimaschutz (BMVBS 2010). Allerdings muss auch Erwähnung finden, dass die Möglichkeit besteht, im Zusammenhang mit Vorrang- und Eignungsgebieten sog. Ausschlussgebiete festzulegen.

Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für den vorbeugenden Hochwasserschutz, für Natur und Landschaft, zur Sicherung von Wäldern oder der Landwirtschaft und für den Grundwasserschutz beziehen sich auf Aufgabenfelder mit vielfach hohem Anpassungsbedarf an die Folgen des Klimawandels (ebd.). So kann die Festlegung von entsprechenden Gebieten dazu beitragen, Schadensrisiken (z. B. durch Hochwasser) zu reduzieren. Flächen für wichtige Ressourcen (z. B. Biodiversität, Grundwasser), die Veränderungen durch den Klimawandel unterliegen, können durch dieses Instrumentarium langfristig gesichert werden. Ebenso können Bereiche für Nutzungen, die durch den Klimawandel ggf. nicht mehr überall ausgeübt werden können (z. B. landwirtschaftliche Nutzung aufgrund von Wassermangel) oder die besondere Funktionen erfüllen (z. B. Bannwälder als Schutz vor Lawinen oder Hangrutschungen), gesichert werden. Vorrang-, Vorbehalts- und Eignungsgebiete können also wichtige Beiträge zur vorsorgenden → Anpassung an den Klimawandel leisten. Dabei sollte auch die langfristige Entwicklung der jeweiligen Funktionen und Räume betrachtet werden.

Vulnerabilität (auch: Verwundbarkeit, engl.: vulnerability)

Vulnerabilität umfasst physische, soziale, ökonomische, umweltbezogene und institutionelle Strukturen und Prozesse, die die Anfälligkeit sowie die Bewältigungs- und Anpassungskapazitäten eines Systems oder Objekts hinsichtlich des Umgangs mit Gefahren – wie z. B. Klimawandeleinflüssen – bedingen.

Der englische Begriff „vulnerability" kann mit „Verwundbarkeit" übersetzt werden. Die häufig verwendete Übersetzung mit „Anfälligkeit" greift jedoch zu kurz, da Vulnerabilität nicht allein die nachteiligen Charakteristika eines Raumes, Systems oder von Personen umfasst, sondern auch ihre Handlungskapazitäten in Form von Bewältigungs- und Anpassungsprozessen. Teilweise wird auch die → Exposition als Teil der Vulnerabilität betrachtet.

In verschiedenen Denkschulen der Risiko- und Klimaanpassungsforschung finden sich sehr unterschiedliche Interpretationen des Begriffs. Zahlreiche Definitionen stimmen allerdings darin überein, dass der Begriff der Vulnerabilität vorrangig die gesellschaftliche oder „interne" Seite des → Risikos oder der → Klimawirkung bezeichnet. Das heißt, das Konzept der Vulnerabilität ist ein deutliches Gegengewicht zu der Vorstellung, dass Katastrophen und Risiken primär aus Umweltveränderungen und Naturereignissen resultieren. Das Konzept und seine Anwendung zeigen, dass nicht allein die Belastung durch Klimaänderungen bzw. → Extremwetterereignisse (Hitzestress, Hochwasser, Dürren etc.) für entsprechende Probleme und Risiken verantwortlich ist, sondern dass der Zustand und die Prozesse in einer Gesellschaft, einem System oder einem Raum – d. h. die Anfälligkeit (Sensitivität), → Bewältigungskapazität und → Anpassungskapazität – darüber entscheiden, ob eine Umweltveränderung oder ein Naturereignis zum Risiko oder gar zu einer Katastrophe werden kann.

Vulnerabilität konstituiert sich nach der Denkschule der Naturrisikoforschung über die Exposition, die Anfälligkeit und die Bewältigungskapazität (Turner et al. 2003; Birkmann 2008; Bohle 2001; Cardona 2005; Bohle, Glade 2008). Demgegenüber ist die „externe" Seite des Risikos primär mit der Naturgefahr sowie den direkten Veränderungen des Klimas verbunden. Dabei ist allerdings zu beachten, dass die Exposition gegenüber Klimaveränderungen und Naturgefahren auch in der Naturrisikoforschung teilweise als eigenständiger Faktor definiert wird, der in gewisser Weise unabhängig von der Vulnerabilität zu bestimmen ist (vgl. UN/ISDR 2011).

Im Vergleich dazu verknüpft die Klimafolgenforschung den Begriff der Vulnerabilität stärker mit Aspekten der Einwirkung der Klimaänderungen (Gefahrenkomponente). So formuliert der IPCC in seinem vierten Assessmentbericht, dass die Verwundbarkeit abhängig ist von Art, Ausmaß und Geschwindigkeit der Klimaänderung sowie der Schwankung, der das System ausgesetzt ist, seiner Empfindlichkeit gegenüber diesen Veränderungen und seiner Anpassungskapazität (vgl. IPCC 2007 a). Demzufolge wird im Rahmen der Klimawandelforschung bisher ein deutlich stärkerer Akzent auch auf die direkten Auswirkungen des Klimawandels im Verständnis von Vulnerabilität gelegt (vgl. u. a. Zebisch et al. 2005).

Im neusten IPCC Spezialbericht SREX (IPCC 2012) ist eine gewisse Integration der Perspektiven der Naturrisikoforschung einerseits und der Klimafolgenforschung andererseits erfolgt. Dabei wurde das Konzept der sozialen Vulnerabilität besonders betont und auch verdeutlicht, dass die Exposition eher als eigenständige Dimension neben der Vulnerabilität betrachtet werden kann (vgl. IPCC 2012: 31).

Trotz der unterschiedlichen Definitionen und Ansätze im Detail kann ein gewisser Grundkonsens zwischen der Denkschule der Naturrisikoforschung und der Klimafolgenforschung darin gesehen werden, dass Vulnerabilität einer Gesellschaft, eines Systems oder Raums mindestens zwei Kernfaktoren zu berücksichtigen hat:

1. Die Sensitivität oder Anfälligkeit des Systems oder der Gesellschaft, die von sozioökonomischen und kulturellen Einflussfaktoren sowie Umweltbedingungen abhängen;
2. Die Bewältigungs- und Anpassungskapazitäten an sich verändernde Bedingungen, die ebenfalls von sozio-ökonomischen, kulturellen und umweltbedingten Einflussfaktoren abhängen. Während Bewältigung in der Tendenz stärker die direkten Handlungsmöglichkeiten einer Gesellschaft oder eines Raumes bezogen auf die Einwirkungen eines Gefahrenereignisses umfasst, sind Anpassungspotenziale vielfach mit deutlichen mittel- und langfristig wirkenden Veränderungen verbunden.

Die Exposition ist dabei direkt oder indirekt zu berücksichtigen, beispielsweise zur Festlegung der Untersuchungsbereiche für die weitere Vulnerabilitätsanalyse. Einige Ansätze nutzen zudem beispielsweise den Anteil der exponierten Bevölkerung oder des Raumes als eine Größe für die Vulnerabilitätsbetrachtung (vgl. Turner et al. 2003; Birkmann et al. 2012).

Ein System ist also vulnerabel, wenn es für nachteilige Auswirkungen des Klimawandels anfällig und nicht in der Lage ist, diese zu bewältigen. Im Umkehrschluss ist die Vulnerabilität eines Systems, einer Region, einer Kommune oder eines Haushaltes umso niedriger, je größer → Bewältigungs- und Anpassungskapazität sind (Smith et al. 2001).

Trotz der Schwierigkeiten, einen alle Aspekte umfassenden gemeinsamen Ansatz der Vulnerabilität zu entwickeln, hat das Konzept mit den unterschiedlichen Forschungsschwerpunkten – soziale, ökologische, ökonomische Vulnerabilität – erheblich dazu beigetragen, dass sog. Naturkatastrophen und auch der Klimawandel heute nicht mehr als rein physisches Ereignisse, sondern als vielschichtige Mensch-Umwelt-Interaktionsprobleme wahrgenommen werden (Birkmann 2008).

Wetter → Klima

Witterung → Klima

Literatur

Alcamo, J. (2008): Environmental Futures: The Practice of Environmental Scenario Analysis. Amsterdam

Archer, D.; Brovkin, V. (2008): Millennial Atmospheric Lifetime of Anthropogenic CO_2. Climate Change. http://www.pik-potsdam.de/~victor/publications.html (11.05.2010).

ARL – Akademie für Raumforschung und Landesplanung (2009): Klimawandel als Aufgabe der Regionalplanung. = Positionspapier aus der ARL 81. Hannover.

Asselt, M. v. (2005): The complex significance of uncertainty in a risk era: logics, manners and strategies in use. = Risk Assessment and Management (2/3/4), 125-158.

Beirat für Raumordnung (2008): Empfehlung des Beirats für Raumordnung zu „Klimaschutz, Klimafolgen, Regenerative Energien und Raumentwicklung" (verabschiedet am 14. Juli 2008). http://www.bmvbs.de/cae/servlet/contentblob/28690/publicationFile/11082/empfehlung-zu-klimaschutz-klimafolgen-regenerative-energien-und-raumentwicklung.pdf (21.03.2011).

Benz, A. (2004): Einleitung. In: Benz, A. (Hrsg.): Governance – Regieren in komplexen Regelsystemen. Eine Einführung. Wiesbaden.

Berkes, F.; Colding, J.; Folke, C. (eds.) (2003): Navigating Social-Ecological Systems: Building Resilience for Complexity and Change. Cambridge.

Biermann, B. (2007): Umwelt. In: Benz, A.; Lütz, S.; Schimank, U.; Simonis, G. (Hrsg.): Handbuch Governance – Theoretische Grundlagen und empirische Anwendungsfelder. Wiesbaden, 424-436.

Birkmann, J.; Bach, C.; Vollmer, M. (2012): Tools for Resilience Building and Adaptive Spatial Governance – Challenges for Spatial and Urban Planning in Dealing with Vulnerability. In: Raumforschung und Raumordnung 70 (4), 293-308.

Birkmann, J.; Teichman, K. v. (2010): Integrating disaster risk reduction and climate change adaptation: key challenges – scales, knowledge and norms. In: Sustainable Science 5 (2), 171-184.

Birkmann, J.; Fleischhauer, M. (2009): Anpassungsstrategien der Raumentwicklung an den Klimawandel: „Climate Proofing" – Konturen eines neuen Instruments. In: Raumforschung und Raumordnung 67 (2), 114-127.

Birkmann, J. (2008): Globaler Umweltwandel, Naturgefahren, Vulnerabilität und Katastrophenresilienz. Notwendigkeit der Perspektivenerweiterung in der Raumplanung. In: Raumforschung und Raumordnung 66 (1), 5-22.

Birkmann, J. (2006): Measuring vulnerability to promote disaster-resilient societies: Conceptual framework and definitions. In: Birkmann, J. (ed.): Measuring Vulnerability to Natural Hazards – towards disaster resilient societies. Tokio, New York.

BMI – Bundesministerium des Innern (2005): Schutz Kritischer Infrastrukturen – Basisschutzkonzept.

BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.) (2010): Klimawandel als Handlungsfeld der Raumordnung. Forschungen (144), Berlin.

BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung; BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.) (2009): Klimawandelgerechte Stadtentwicklung: „Climate-Proof Planning". = BBSR-Online-Publikation Nr. 26/2009.

Bohle, H.-G.; Glade, T. (2008): Vulnerabilitätskonzepte in Sozial- und Naturwissenschaften. In: Felgentreff, C.; Glade, T. (Hrsg.): Naturrisiken und Sozialkatastrophen. Berlin, Heidelberg, 435-441.

Bohle, H.-G. (2001): Vulnerability and Criticality. In: IHDP Newsletter UPDATE2001 (2). http://www.ihdp.uni-bonn.de/html/publications/publications.html (17.05.2010).

Brand, F. S.; Jax, K. (2007): Focusing the Meaning(s) of Resilience: Resilience as a Desriptive Concept and a Boundary Object. Ecology & Society 12 (1).

Bundesregierung (2011): Aktionsplan Anpassung der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Vom Bundeskabinett am 31.08.2011 beschlossen.

Bundesregierung (2008): Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Vom Bundeskabinett am 17.12.2008 beschlossen.

Cardona, O. D. (2005): Indicators for Disaster Risk and Risk Management. Program for Latin America and the Caribbean: Summary Report. Washington.

Dikau, R.; Pohl, J. (2007): „Hazards": Naturgefahren und Naturrisiken. In: Gebhardt, H.; Glaser, R.; Radtke, U.; Reuber, P. (Hrsg.): Geographie. Physische Geographie und Humangeographie. Heidelberg, 1029-1076.

Egli, T. (1996): Hochwasserschutz und Raumplanung. Schutz vor Naturgefahren mit Instrumenten der Raumplanung – dargestellt am Beispiel von Hochwasser und Murgängen. = ORL-Bericht Bd. 100. Zürich.

Endlicher, W.; Gerstengarbe, F.-W. (2007): Der Klimawandel – Einblicke, Rückblicke und Ausblicke. Berlin.

Europarat (1998): Gender Mainstreaming. Konzeptueller Rahmen, Methodologie und Beschreibung bewährter Praktiken. Straßburg.

Fleischhauer, M. (2005): Indikatoren räumlicher Risiken als Grundlage raumrelevanter Entscheidungen. In: Deutsches Komitee Katastrophenvorsorge (Hrsg.): 5. Forum Katastrophenvorsorge, 14. Oktober 2004 in Mainz. Naturgefahren im Fokus der Wissenschaft – Strategien der Sensibilisierung und räumlichen Vorsorge. = Schriftenreihe des DKKV 31. Bonn, 65-67.

Fleischhauer, M. (2004): Klimawandel, Naturgefahren und Raumplanung: Ziel- und Indikatorenkonzept zur Operationalisierung räumlicher Risiken. Dortmunder Vertrieb für Bau- und Planungsliteratur.

Folke, C. (2006): Resilience: The emergence of a perspective for social-ecological systems analyses. In: Global Environmental Change 16 (3), 253-267.

GDV – Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (2010): Schaden- und Unfallversicherung. http://www.gdv.de/DatenUndFakten/schadenundunfall/inhalt.html (21.03.2011).

Geißel, B. (2007): Zur (Un-)Möglichkeit von Local Governance mit Zivilgesellschaft. Konzepte und empirische Befunde. In: Schwalb, L.; Walk, H. (Hrsg.): Local Governance – mehr Transparenz und Bürgernähe? Wiesbaden, 23-38.

Gore, C. (1992): Entitlement relations and "unruly" social politics: a comment on the work of Amartya Sen. In: JDS – The Journal of Development Studies 29 (3), 429-460.

Greeuw, S.; Asselt, M.v.; Grosskurth, J.; Storms, C.; Rijkens-Klomp, N.; Rothmann, D.; Rotmans, J. (2000): Cloudy crystal balls. An Assessment of Recent European and Global Scenario Studies and Models. Experts corner report Prospects and scenarios No. 4, European Environment Agency, Kopenhagen. (http://reports.eea.europa.eu/Environmental_issues_series_17/en/envissue 17.pdf).

Greiving, S. (2011): Gesamtplanung auf überörtlicher und örtlicher Ebene. In: ARL – Akademie für Raumforschung und Landesplanung. Grundriss der Raumordnung und Raumentwicklung. Hannover, 385-387.

Greiving, S. (2007): Raumrelevante Risiken – materielle und institutionelle Herausforderungen für räumliche Planung in Europa. In: Tetzlaff, G.; Karl. H.; Overbeck, G. (Hrsg.): Wandel von Vulnerabilität und Klima. Müssen unsere Vorsorgewerkzeuge angepasst werden? = Schriftenreihe des DKKV 35. Bonn, 78-92.

Greiving, S. (2002): Räumliche Planung und Risiko. München.

GTZ – Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (2009): International Workshop on Mainstreaming Adaptation to Climate Change, Guidance and Tools. Eschborn.

Hallegatte, S. (2009): Strategies to adapt to an uncertain climate change. In: Global Environmental Change 19 (2), 240-247.

Hecht, D. (2005): Vorsorge durch nachhaltige Raumentwicklung: Ausbreitung von Risiken. In: Karl, H.; Pohl J.; Zimmermann, H. (Hrsg.): Risiken in Umwelt und Technik. Vorsorge durch Raumplanung. = Forschungs- und Sitzungsberichte der ARL 223. Hannover, 104-105.

Hecht, D. (2003): Die räumliche Ausbreitung von Risiken. In: Karl, H.; J. Pohl (Hrsg.): Raumorientiertes Risikomanagement in Technik und Umwelt. Katastrophenvorsorge durch Raumplanung = Forschungs- und Sitzungsberichte der ARL 220. Hannover, 7-34.

Holling, C. S. (1973): Resilience and Stability of Ecological Systems. In: Annual Review of Ecology and Systematics (4), 1-23.

Hollnagel, E.; Woods D. D.; Levenson, N. (2006) (eds.): Resilience Engineering: Concepts and Precepts. Aldershot, UK.

Holtkamp, L. (2007): Local Governance. In: Benz, A.; Lütz, S.; Schimank, U.; Simonis, G. (Hrsg.): Handbuch Governance – Theoretische Grundlagen und empirische Anwendungsfelder. Wiesbaden, 366-377.

Hübler, K.-H. (2005): Methoden und Instrumente der räumlichen Planung. In: ARL – Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.): Handwörterbuch der Raumordnung. Hannover, 635-641.

Hupfer, P.; Chmielewski, F.-M. (1990): Das Klima von Berlin. Akademie Verlag, Berlin.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2012): Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. Special Report. Cambridge.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2007a): Climate Change 2007. Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2007b): Climate Change 2007. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2007c): Climate Change 2007. Synthesis Report. Contribution of the Working Group I, II, and III to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2007d): Climate Change 2007. Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2001a): Climate Change 2001: Synthesis Report. Contribution of the Working Group I, II, and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, New York, Melbourne.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2001b): Special Report on Emissions Scenarios. Chapter 4: An Overview of Scenarios. http://www.grida.no/publications/other/ipcc%5Fsr/?src=/climate/ipcc/emission/089.htm (21.03.2011).

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (1995): IPCC Second Assessment, Climate Change 1995.

IRGC – International Risk Governance Council (Hrsg.) (2005): White paper on risk governance – towards an integrated approach. Geneva.

Kabat, P. van Vierssen, W.; Veraart, J.; Vellinga, P; Aerts, J. (2005): Climate proofing the Netherlands. = Nature 438. London, 283-284.

Krings, S. (2010): Verwundbarkeitsassessment der Strom- und Trinkwasserversorgung gegenüber Hochwasserereignissen. In Birkmann, J.; Dech, S.; Gähler, M.; Krings, S.; Kühling, W.; Meisel, K.; Roth, A.; Schieritz, A.; Taubenböck, H.; Vollmer, M.; Welle, T.; Wolfertz, J.; Wurm, M.; Zwenzer, H. (Hrsg).: Abschätzung der Verwundbarkeit gegenüber Hochwasserereignissen auf kommunaler Ebene. Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe. Bonn, 21-47.

Lauer, W.; Bendix, J. (2004): Klimatologie. Das Geographische Seminar. Braunschweig.

Lempert, R. J.; Groves, D. G.; Popper, S. W.; Bankes, S.C. (2006): A general, analytic method for generating robust strategies and narrative scenarios. = Management Science 52 (4), 514-528.

Löfstedt, R. (2005): Risk management in post-trust societies. Basingstoke.

OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development (2009): Integrating Climate Change Adaptation into Development Co-operation, Policy Guidance. Paris.

Overbeck, G.; Hartz, A.; Fleischhauer, M. (2008): Ein 10-Punkte-Plan „Klimaanpassung". Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel im Überblick. In: Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung. = Informationen zur Raumentwicklung 2008 (6/7). Bonn, 363-380.

Pimm, S. L. (1984): The complexity and stability of ecosystems. In: Nature 307, 321-326.

Rahmsdorf, S.; Schellnhuber, H. J. (2006): Der Klimawandel. München.

Reitzig, F. (2011): Fachplanungen, insbesondere raumbedeutsame Fachplanungen. In: ARL – Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.). Grundriss der Raumordnung und Raumentwicklung. Hannover, 387-392.

Runkel, P. (2005): Fachplanungen, raumwirksame. In: ARL – Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.): Handwörterbuch der Raumordnung. Hannover, 281-289.

Schanze, J. (2006): Flood risk management – A basic framework. In: Schanze, J.; Zeman, E.; Marsalek, J. (Hrsg.): Flood risk management: hazards, vulnerability and mitigation measures. Dordrecht, 1-20.

Schanze, J.; Daschkeit A (2013): Risiken und Chancen des Klimawandels. In: Birkmann, J.; Vollmer, M.; Schanze, J. (Hrsg.): Raumentwicklung im Klimawandel – Herausforderungen für die räumliche Planung. = Forschungsberichte der ARL. Hannover (in Vorbereitung).

Schanze, J.; Sauer, A. (2012): Parameterised regional futures: A policy-oriented scenario approach for regional climate change impact assessment and adaptation. In: Regional Environmental Change. (im Erscheinen).

Schanze, J.; Trümper, J.; Burmeister, C.; Pavlik, D.; Kruhlov, I. (2012): A methodology for dealing with regional change in integrated water resources management. In: Environmental Earth Science 65 (5), 1405-1414.

Schoch, F. (2005): Polizei- und Ordnungsrecht. In: Schmidt-Aßmann, E. (Hrsg.): Besonderes Verwaltungsrecht. Berlin.

Scholich, D. (2005): Vorranggebiet, Vorbehaltsgebiet, Eignungsgebiet. In: ARL – Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.): Handwörterbuch der Raumordnung. Hannover, 1261-1265.

Scholles, F. (2008): Das System der Projektzulassung in Deutschland. In: Fürst, D.; Scholles, F. (Hrsg.): Handbuch Theorien und Methoden der Raum- und Umweltplanung. Dortmund, 100-132.

Schröter, D. et al. (2004): Advanced Terrestrial Ecosystem Analysis and Modelling. ATEAM Final report 2004. http://www.pik-potsdam.de/ateam (18.03.2008).

Selle, K. (1996): Was ist bloß mit der Planung los? Erkundungen auf dem Weg zum kooperativen Handeln. Ein Werkbuch. = Dortmunder Beiträge zur Raumplanung 69.

Sinz, M. (2005): Raumordnung/Raumordnungspolitik. In: ARL – Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.): Handwörterbuch der Raumordnung. Hannover, 863-872.

SKK – Ständige Konferenz für Katastrophenvorsorge und Katastrophenschutz (2006): Wörterbuch für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe. http://www.katastrophenvorsorge.de/downloads/downloads2.html (26.03.2010).

Smit, B.; Pilifosova, O. (2001): Adaptation to Climate Change in the Context of Sustainable Development and Equity. In: McCarthy, J. J.; Canziani, O. F.; Leary, N. A.; Dokken, D. J.; White, K. (eds.): Climate Change 2001. Impacts, adaptation and vulnerability. Cambridge, 877-912.

Smit, B.; Burton, I.; Klein, R. J. T.; Street, R. (1999): The Science of Adaptation: a Framework for Assessment. = Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 1999 (4), 199-213.

Smith, J. B.; Schellnhuber, H. J.; Qader Mirza, M. M. (2001): Vulnerability to Climate Change and Reasons for Concern: A Synthesis. In: McCarthy, J. J.; Canziani, O. F.; Leary, N. A.; Dokken, D. J.; White, K. (eds.): Climate Change 2001. Impacts, adaptation and vulnerability. Cambridge, 913-967.

Stock, M.; Walkenhorst; O. (2006): AMICA – Adaptation and Mitigation – an Integrated Climate Polica Approach, Electronic Literature Review. http://www.amica-climate.net (21.03.2011).

Turner, B. L.; Kasperson, R. E.; Matson, P. A.; McCarthy, J. J.; Corell, R. W.; Christensen, L.; Eckley, N.; Kasperson, J. X.; Luers, A.; Martello, M. L.; Polsky, C.; Pulsioher, A.; Schiller, A. (2003): A Framework for Vulnerability Analysis in Sustainability Science. In: Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 100 (14), 8074-8079.

Turowski, G. (2005): Raumplanung (Gesamtplanung). In: ARL – Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.): Handwörterbuch der Raumordnung. Hannover, 893-898.

UN/ISDR – United Nations International Strategy for Disaster Reduction (2011): Global Assessment Report in Disaster Risk Reduction 2011: Revealing Risk, Redefining Development. http://www.preventionweb.net/english/hyogo/gar/2011/en/home/index.html (02.08.12).

UN/ISDR – United Nations International Strategy for Disaster Reduction (2004): Living with Risk. A global review of disaster reduction initiatives. Volume II Annexes. Genf.

UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change (1992): Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen. http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convger.pdf (21.03.2011).

Vallée, D. (2011): Zusammenwirken von Raumplanung und raumbedeutsamen Fachplanungen. In: ARL – Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.). Grundriss der Raumordnung und Raumentwicklung. Hannover, 567-604.

Viner, D. (2002): A qualitative assessment of the sources of uncertainty in climate change impacts assessment studies: A short discussion paper. = Advances in Global Change Research 10. Dordrecht, 139-151.

Vogel, C.; O'Brien, K. (2004): Vulnerability and Global Environmental Change: Rhetoric and Reality. In: AVISO – An Information Bulletin on Global Environmental Change and Human Security (13), 1-8.

Walkenhorst, O.; Stock, M. (2009): Regionale Klimaszenarien für Deutschland. Eine Leseanleitung. = E-Paper der ARL 6. Hannover.

WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (1999): Welt im Wandel. Strategien zur Bewältigung globaler Umweltrisiken. Jahresgutachten 1998. Berlin.

Wisner, B.; Blaikie, P.; Cannon, T.; Davis, I. (2004): At Risk. Natural hazards, people's vulnerability and disasters. London.

Yohe, G. W.; Tol, R. S. J. (2002): Indicators for Social and Economic Coping Capacity. Moving Towards a Working Definition of Adaptive Capacity. In: Global Environmental Change 12 (4), 25-40.

Zebisch, M.; Grothmann, T.; Schröter, D.; Haße, C.; Fritsch, U.; Cramer, W. (2005): Klimawandel und Klimaanpassung in Deutschland. Vulnerabilität klimasensitiver Systeme. Potsdam, Dessau.

Weitere Glossare und Handbücher

Klimawandel

Glossar des IPCC (englisch): http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_glossary.shtml (18.03.2011)

Glossar des Kompetenzzentrums Klimafolgen und Anpassung (KomPass) des Umweltbundesamtes (UBA): http://www.anpassung.net/cln_110/nn_700474/DE/Service/Glossar/glossar__node.html?__nnn=true (18.03.2011).

Glossar der BMBF-Förderaktivität klimazwei: www.klimazwei.de (linke Menüleiste)

Glossar des BMVBS im Bericht zu Ergebnissen der Vorstudie zu den Modellvorhaben „Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel": http://www.bbsr.bund.de/nn_23494/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BMVBS/Forschungen/2010/Heft144.html (18.03.2011).

Vergleichendes Glossar zu Schlüsselbegriffen der Risiko- und Katastrophenforschung (englisch): Thywissen, K. (2006): Core terminology of disaster reduction: A comparative glossary. In: Birkmann, J. (ed.): Measuring Vulnerability to Natural Hazards. Towards Disaster Resilient Societies. United Nations University Press; Tokyo, New York, Paris: 448-496.

Glossar zur Katastrophenvorsorge und Anpassung an den Klimawandel (englisch): Birkmann, J. et al. (2009): Addressing the Challenge: Recommendations and Quality Criteria for Linking Disaster Risk Reduction and Adaptation to Climate Change. In: Birkmann, J.; Tetzlaff, G.; Zentel, K. O. (eds.): DKKV Publication Series 38, Bonn.

Raumordnung

ARL – Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.) (2012): COMMIN Glossar. http://www.arl-net.de/lexica/de/en (18.08.2012).

ARL – Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.) (2011): Grundriss der Raumordnung und Raumentwicklung. Hannover.

ARL – Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.) (2005): Handwörterbuch der Raumordnung. 4., neu bearbeitete Auflage. Hannover.

ARL – Akademie für Raumforschung und Landesplanung; VLP – Schweizerische Vereinigung für Landesplanung (Hrsg.) (2008): Deutsch-Schweizerisches Handbuch der Planungsbegriffe. 2., neu bearbeitete Auflage. Hannover (exemplarisch für weitere binationale Handbücher der Planungsbegriffe, die von der ARL und Kooperationspartnern herausgegeben wurden).

Internetlinks

Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung (KomPass) des Umweltbundesamtes (UBA): http://www.anpassung.net

Klima-und-Raum.org – Informationsplattform der Kooperationspartner im KLIMAPAKT-Projekt (ARL, IÖR, PIK, UNU-EHS): http://www.klima-und-raum.org

Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK): http://www.pik-potsdam.de

Themenseite des Bundesumweltministeriums zum Thema Erneuerbare Energien: http://www.erneuerbareenergien.de

Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle: http://www.de-ipcc.de

Bundesumweltministerium, Thema Klima: http://www.bmu.de/klima_energie/doc/41060.php

Fördermaßnahme klimazwei: http://www.klimazwei.de

Fördermaßnahme Klimzug: http://www.klimzug.de

MORO – Modellvorhaben der Raumordnung: http://www.bbsr.bund.de/cln_016/nn_21684/BBSR/DE/FP/MORO/moro__node.html?__nnn=true

KlimaMORO: http://www.klimamoro.de

ExWoSt – Experimenteller Wohnungs- und Städtebau, Forschungsfeld Urbane Strategien zum Klimawandel: http://www.bbsr.bund.de/cln_016/nn_21686/BBSR/DE/FP/ExWoSt/Forschungsfelder/forschungsfelder__node.tml?__nnn=true

Climate Service Center: http://www.climate-service-center.de

Abkürzungen: Institutionen, Programme, Fachbegriffe

CLM – Climate Local Model: nicht-hydrostatisches dynamisches Klimamodell (Klimaversion des Lokalmodells des Deutschen Wetterdienstes DWD), mittlerweile umbenannt und weiterentwickelt zu COSMO-CLM (CCLM), eine Gemeinschaftsentwicklung von etwa 25 verschiedenen Institutionen.

COP – Conference of Parties: Vertragsstaatenkonferenz zur Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (UNFCCC). Die 3. COP fand 1997 in Kyoto (Japan) statt und ist seither Namenspatin des Kyoto-Protokolls. Auf der 16. COP Ende 2010 in Cancún wurde das 2°-Ziel anerkannt. Ein Nachfolgeprotokoll zum 2012 auslaufenden Kyoto-Protokoll soll 2011 in Durban verabschiedet werden.

DAS – Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel: vom Bundeskabinett am 17.12.2008 beschlossen. Erhältlich auf den Internetseiten des BMU unter: www.umweltministerium.de/klimaschutz/downloads/doc/42783.php.

EEG – Erneuerbare-Energien-Gesetz: Dieses Gesetz dient der Umsetzung der Richtlinie 2001/77/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27.09.2001 zur Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen im Elektrizitätsbinnenmarkt (ABl. EG Nr. L 283 S. 33). Mit dem neuen EEG, das am 01.01.2009 in Kraft getreten ist, wird das EEG in der Fassung von 2004 abgelöst.

ExWoSt – Experimenteller Wohnungs- und Städtebau: Mit dem Forschungsprogramm „Experimenteller Wohnungs- und Städtebau" fördert der Bund innovative Planungen und Maßnahmen zu wichtigen städtebau- und wohnungspolitischen Themen. Aus den Erfahrungen sollen Hinweise für die Weiterentwicklung der Städtebau- und Wohnungspolitik abgeleitet und der Wissenstransfer unterstützt werden. „ExWoSt" ist ein Programm des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) und wird vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) betreut (www.bbsr.bund.de/cln_005/nn_21268/BBSR/DE/FP/ExWoSt/exwost_node.html?__nnn=true). Relevante Studien vor dem Hintergrund des Klimawandels sind z. B. die Studien „Klimawandelgerechte Stadtentwicklung – Ursachen und Folgen des Klimawandels durch urbane Konzepte begegnen" (Laufzeit 2009–2010) sowie die in deren Folge ausgeschriebenen Modellvorhaben „Urbane Strategien zum Klimawandel – Kommunale Strategien und Potenziale" (2009–2012) oder das Projekt „Nutzung städtischer Freiflächen für erneuerbare Energien".

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change: Zwischenstaatlicher Ausschuss zum Klimawandel, kurz Weltklimarat. Der Weltklimarat veröffentlicht alle 5–6 Jahre im Auftrag der Vereinten Nationen einen umfassenden Bericht über den Klimawandel, zuletzt 2007. Im selben Jahr wurde der IPCC (zusammen mit Al Gore) für seine Arbeit mit dem Friedensnobelpreis geehrt (www.ipcc.ch).

Klimazwei – Forschung für den Klimaschutz und Schutz vor Klimawirkungen: Förderprogramm des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (www.klimazwei.de).

Klimzug – Klimawandel in Regionen zukunftsfähig gestalten: Forschungsförderprogramm des Bundesministeriums für Bildung und Forschung. In den sieben Projekten stehen regionale Ansätze und die Bildung von Netzwerken zwischen Wissenschaft, Unternehmen, Verwaltung und gesellschaftlichen Gruppen im Vordergrund (www.klimzug.de).

KomPass – Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung des Umweltbundesamtes (UBA): KomPass unterstützt das Bundesumweltministerium bei den Arbeiten zur DAS und bietet auf seiner Internetseite ein breites Serviceangebot zum Klimawandel für die unterschiedlichen Sektoren und Handlungsbereiche (www.anpassung.net).

MORO – Modellvorhaben der Raumordnung: Modellvorhaben sind für die Bundesraumordnung ein wichtiges Instrument zur Umsetzung eines stärker prozess-, aktions- und projektorientierten Planungs- und Politikverständnisses. Mit dem Aktionsprogramm „Modellvorhaben der Raumordung" (MORO) unterstützt das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) die praktische Erprobung und Umsetzung innovativer, raumordnerischer Handlungsansätze und Instrumente in Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Praxis, d. h. mit Akteuren vor Ort, in den Regionen. Hierzu fördert und begleitet es Forschungsfelder, Studien und Initiativen. Das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) betreut das Aktionsprogramm. Seine Aufgabe ist es, Erfolg versprechende neue Handlungsansätze für die Praxis als Modellvorhaben auszuwählen, diese Vorhaben zu begleiten und aus ihnen übertragbare Erkenntnisse abzuleiten, den Transfer in die Praxis zu organisieren und Empfehlungen für Veränderungen staatlicher Rahmenbedingungen (gesetzliche, finanzielle) zu geben (www.bbsr.bund.de/cln_005/nn_21686/BBSR/DE/FP/MORO/moro__node.html?__nnn=true). Eine vor dem Hintergrund des Klimawandels relevante Studie ist das Projekt „Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel – Vorstudie für Modellvorhaben" (Laufzeit 2008–2009). Die insgesamt acht Modellvorhaben selbst sind Mitte 2009 gestartet.

REMO: dynamisches regionales Klimamodell des Max-Planck-Instituts für Meteorologie, Hamburg (vgl. Internetplattform von KomPass unter www.anpassung.net, Rubrik „Klimaszenarien").

SGA – Servicegruppe Anpassung: Die Service Gruppe Anpassung (SGA), als Teil des nationalen Datenservices „Modelle und Daten" am Max-Planck-Institut für Meteorologie in Hamburg angesiedelt, berät und unterstützt die interdisziplinären Verbundprojekte aus „klimazwei" und „Klimzug".

STAR: statistisches regionales Klimamodell des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung (www.pik-potsdam.de/research/research-domains/climate-impacts-and-vulnerabilities/models/star/star-statistical-regional-model/?searchterm=star).

UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change: Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen. Das Kyoto-Protokoll, 1997 auf der 3. Vertragsstaatenkonferenz verabschiedet, ist bis dato das wichtigste Instrument der Klimarahmenkonvention (http://unfccc.int/).

WETTREG: statistisches regionales Klimamodell der Firma Climate & Environmental Consulting Potsdam GmbH (CEC) (vgl. Internetplattform von KomPass unter www.anpassung.net, Rubrik „Klimaszenarien").

Anhang II: Externe Teilnehmerinnen und Teilnehmer des Evaluierungsworkshops „Raumplanung im Klimawandel“ des ARL-Arbeitskreises „Klimawandel und Raumplanung“ am 24. Mai 2011 in Köln

Deppisch, Sonja, Dr.-Ing., Fachgebiet Stadt-, Regional- und Umweltplanung, HafenCity Universität Hamburg

Dosch, Fabian, Dr., Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, Bonn

Endlicher, Wilfried, Prof. Dr., Geographisches Institut, Humboldt-Universität zu Berlin

Fromme, Jörg, Dr.-Ing., Fakultät Raumplanung, Technische Universität Dortmund

Gobiet, Andreas, Dr., Climate Service Center, Hamburg

Hartz, Andrea M., Dipl.-Geogr., Planungsgruppe agl, Saarbrücken

Hutter, Gérard, Dr., Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung, Dresden

Jacoby, Christian, Prof. Dr.-Ing., Fakultät Bauingenieurswesen und Umweltwissenschaften, Universität der Bundeswehr München

Knauer, Harald, Dipl.-Geogr., Regionale Planungsgemeinschaft Havelland-Fläming, Teltow

Scheck, Natalie, Dr., Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung, Wiesbaden

Vallée, Dirk, Prof. Dr.-Ing., Institut für Stadtbauwesen und Stadtverkehr, RWTH Aachen

Zehetmair, Swen, Dr., Geographisches Institut, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

Kurzfassung / Abstract

Raumentwicklung im Klimawandel – Herausforderungen für die räumliche Planung

Der Klimawandel betrifft in vielfältiger Weise die Strukturen, Funktionen und Nutzungen von Räumen und führt deshalb zu zusätzlichen Anforderungen an die räumliche Planung. Der vorliegende Band beschreibt einerseits die wesentlichen Wirkungszusammenhänge zwischen den erwarteten Klimaänderungen und ihren raumbedeutsamen Folgen. Daraus werden andererseits Handlungsmöglichkeiten der Raumplanung im Hinblick auf eine gesellschaftliche Anpassung abgeleitet, wobei auch Synergien und Konflikte mit den Aufgaben zum Klimaschutz Berücksichtigung finden.

Im Einzelnen wird zunächst der wissenschaftliche Kenntnisstand zum Klimawandel skizziert, indem die prinzipielle Funktionsweise des Klimasystems und mögliche globale und regionale Klimaänderungen erläutert werden. Im Weiteren geht es um die Bedeutung und Erfassung der gesellschaftlichen Vulnerabilität sowie um ihren potenziellen Beitrag zur Anpassung. Dabei wird auch deutlich, dass man den Veränderungen durch den Klimawandel auch die Veränderungen der gesellschaftlichen Trends gegenüberstellen muss, um Handlungsbedarfe abschätzen zu können. Unter Einbeziehung der Klimaänderungen und der Vulnerabilität wird anschließend verdeutlicht, wie sich die Risiken und Chancen für die Gesellschaft ermitteln lassen und in welchen Handlungsfeldern und Gebieten sie in Deutschland auftreten können. Dabei wird auch die Raumbedeutsamkeit dieser Risiken und teilweise der Chancen verdeutlicht.

Auf der Basis der Wirkungszusammenhänge werden die raumplanerischen Instrumente zur Anpassung an den Klimawandel dargestellt. Dabei gehen die Autorinnen und Autoren zunächst auf den rechtlichen Rahmen und die Handlungsoptionen des Klimaschutzes ein, um eine Konsistenz zwischen Klimaanpassung und Klimaschutz zu gewährleisten. Danach folgt eine Analyse der rechtlichen Vorgaben sowie der Eignung formeller und informeller Instrumente der Raumplanung hinsichtlich der Anpassung an die Folgen des Klimawandels. Dies umfasst auch die Potenziale der strategischen Regionalplanung.

Zum Schluss werden Empfehlungen für die Raumforschung und die Praxis der räumlichen Planung abgeleitet, insbesondere zur Weiterentwicklung des vorhandenen Instrumentariums. Das Spektrum der Vorschläge reicht von methodischen Standards über Monitoringsysteme bis hin zur Erweiterung von Prüfinstrumenten und zur Stärkung von strategischen Planungsprozessen.

Schlüsselwörter

Angepasste Planung – Extremereignisse – Klimaanpassung – Klimaschutz –Klimawandel – Räumliche Planung – Risiko – Strategische Planung – Vulnerabilität

Spatial development in climate change – challenges for spatial planning

Climate change affects the structures, functions and uses of spaces in numerous ways, and thus makes additional demands on spatial planning. This volume describes the significant causal linkages between expected climate change and their spatially relevant consequences. Possible courses of action for spatial planning are derived from this discussion, with a particular focus on societal adaptation and further consideration of synergies and conflicts with climate protection measures.

In the first instance, current scientific knowledge of climate change is outlined through explanation of the principal ways in which the climatic system functions and consideration of possible global and regional climate change. This is followed by discussion of the importance and assessment of societal vulnerability and the potential contribution of this concept to adaptation. In this regard the changes in climatic conditions have to be juxtaposed with the societal changes in order to estimate the demand for action. Taking into account climate change and vulnerability, attention then turns to clarifying how the risks and opportunities for society may be determined, and in which fields of action and regions they may emerge in Germany. The spatial significance of these risks, and in some cases opportunities, are also elucidated.

Based on the causal linkages, spatial planning instruments for adaptation to climate change are presented. Consideration is given, firstly, to the legal framework and the possible courses of action for climate protection, thus ensuring consistency between adaptation to climate change and climate protection. Discussion then turns to an analysis of the legal provisions and the applicability of the formal and informal spatial planning instruments for use in the context of adaptation to the consequences of climate change. The potentials of strategic regional planning are also included.

Finally, drawing on the above, recommendations for spatial research and spatial planning practice are formulated, particularly in terms of the further development of available planning instruments. The spectrum of suggestions ranges from methodological standards and monitoring systems to the extension of assessment tools and the strengthening of strategic planning processes.

Keywords

Adapted planning – extreme events – climate adaptation – climate protection – climate change – spatial planning – risk – strategic planning – vulnerability

ISBN 978-3-88838-073-0
(PDF-Version)

ISBN 978-3-88838-074-7
(Print-Version)

www.arl-net.de