



BMVBS-Online-Publikation, Nr. 21/2011

Vulnerabilitätsanalyse in der Praxis

Inhaltliche und methodische Ansatzpunkte für die Ermittlung
regionaler Betroffenheiten

Impressum

Herausgeber

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS)

Wissenschaftliche Begleitung

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im
Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)

Bearbeitung

RWTH Aachen, Institut für Stadtbauwesen und Stadtverkehr
Christoph Riegel, Prof. Dr.-Ing. Dirk Vallée

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Berlin
Gina Siegel

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, Bonn
Dr. Fabian Dosch

Vervielfältigung

Alle Rechte vorbehalten

Zitierhinweise

BMVBS (Hrsg.): Vulnerabilitätsanalyse in der Praxis. Inhaltliche und methodische
Ansatzpunkte für die Ermittlung regionaler Betroffenheiten.
BMVBS-Online-Publikation 21/2011.

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

ISSN 1869-9324

© BMVBS Oktober 2011

Ein Projekt des Forschungsprogramms „Modellvorhaben der Raumordnung (MORO)“
des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS), betreut vom
Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen
und Raumordnung (BBR).

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	2
Abbildungsverzeichnis.....	3
Tabellenverzeichnis.....	4
1 Vulnerabilitätsanalysen: Für die Regionalplanung unverzichtbar.....	5
2 Fallbeispiele: methodische Ansätze regionaler Vulnerabilitätsanalysen im KlimaMORO	11
2.1 Vorpommern	12
2.2 Stuttgart.....	17
2.3 Westsachsen	28
2.4 Zwischenfazit	38
3 Regionale Vulnerabilitätsanalyse: 12 Erfolgsfaktoren	40
3.1 Vulnerabilitätsanalyse als Prozess verstehen.....	41
3.2 Akteure frühzeitig einbinden.....	41
3.3 Analyseumfang frühzeitig eingrenzen	42
3.4 Klimamodelle und Projektionen zur Kenntnis nehmen	43
3.5 Daten organisieren.....	46
3.6 Exposition, Sensitivität und Anpassungskapazität ermitteln	48
3.7 Nachvollziehbare Verknüpfungsregeln konzipieren.....	48
3.8 Analysen nur so komplex wie unbedingt nötig halten.....	49
3.9 Ergebnisse visualisieren.....	49
3.10 Ergebnisse als Diskussionsgrundlage verstehen	50
3.11 Fachöffentlichkeit informieren.....	50
3.12 Planerische Lösungen entwickeln	50
4 Ablaufschritte der Vulnerabilitätsanalyse.....	51
4.1 Qualitative Betroffenheitsanalyse	54
4.2 GIS-basierte Betroffenheitsanalyse mit Vulnerabilitätsindikatoren	56
5 Fazit	59
Quellenverzeichnis	61

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Modellregionen im Modellvorhaben der Raumordnung „Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel – Phase 1 (2009-2011)“	7
Abbildung 2: Logo „KlimaMORO“: Modellvorhaben der Raumordnung „Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel“	8
Abbildung 3: Ablaufschema der Vulnerabilitätsanalyse der Modellregion Vorpommern	13
Abbildung 4: Beispiel eines Kartenblattes der Modellregion Vorpommern	15
Abbildung 5: Ablaufschema der Vulnerabilitätsanalyse der Modellregion Stuttgart	17
Abbildung 6: Ergebnisbeispiel der Modellregion Stuttgart (Vulnerabilitätsklassen der Biotypen)	20
Abbildung 7: Ergebnisbeispiele der Modellregion Stuttgart (Räumliche Verteilung vulnerabler Biotope)	21
Abbildung 8: Übersicht über die Struktur der Vulnerabilitätsbewertung der AG Gesundheit der Modellregion Stuttgart	24
Abbildung 9: Ergebnisbeispiel der Modellregion Stuttgart (Räumliche Verteilung der Bevölkerungsvulnerabilität)	25
Abbildung 10: Analyse des Systems Klimawandel und Wasser der AG Wasser in der Modellregion Stuttgart	26
Abbildung 11: Ablaufschema der Vulnerabilitätsanalyse der Modellregion Westsachsen	28
Abbildung 12: Vulnerabilitätsanalyse Westsachsen 2009/10 Klimaszenarien Jährliche mittlere Temperatur Karte 1_2a	30
Abbildung 13: Anzeige von Fachdaten in der Metadatenbank „KlimaInformationssystem Region Stuttgart („KISS“)	46
Abbildung 14: Recherche von Fachdaten in der Metadatenbank „KlimaInformationssystem Region Stuttgart („KISS“)	47
Abbildung 15: Möglicher Ablauf einer qualitativen Klimafolgenabschätzung	52
Abbildung 16: Möglicher Ablauf einer quantitativen Klimafolgenabschätzung	53
Abbildung 17: Beispielhafte Zusammensetzung eines Betroffenheitsindikators	56
Abbildung 18: Beispiel für eine Verknüpfungsmatrix als Aggregationsvorstufe zu einem Betroffenheits-Teilindikator	58

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Handhabung der „Klimafolgenbewertung“ in den KlimaMORO-Modellregionen (Phase I)	9
Tabelle 2: In den Handlungsfeldern der Region Vorpommern verwendete Daten	14
Tabelle 3: Thematische Ausrichtung der Raumentwicklungsstrategie Vorpommern im Bereich der Anpassung	16
Tabelle 4: Leitfragen für die Arbeitsgruppen „Vulnerabilität“ der Modellregion Stuttgart (Auswahl)	18
Tabelle 5: Klimasensitivität von Naturschutz / Biodiversität	22
Tabelle 6: Klimasensitivität der ackerbaulichen Nutzung	23
Tabelle 7: Klima – Analyse Region Westsachsen	29
Tabelle 8: Ansatzpunkte der Vulnerabilitätsanalyse der Modellregion Westsachsen	32
Tabelle 9: Beispiele für Vulnerabilitätsindikatoren der Modellregion: Hitzebelastungen, Vorstufe für die Gesamtregion Westsaschen	35
Tabelle 10: Beispiele für die Vulnerabilitätsindikatoren der Modellregion: Hitzebelastung, Vertiefung für potenzielle Belastungsräume	36
Tabelle 11: Inhaltlicher und methodischer Umfang der Vulnerabilitätsanalysen in den Modellregionen Vorpommern, Stuttgart und Westsachsen	38
Tabelle 12: Empfehlungen für eine effektive Durchführung regionaler Vulnerabilitätsanalysen	40
Tabelle 13: Akteure und Partner	42
Tabelle 14: Servicestellen für Klimadaten und –Informationen	43
Tabelle 15: Berührungspunkte von Klimaveränderungen und Handlungsfeldern der Regionalplanung	55

1 Vulnerabilitätsanalysen: Für die Regionalplanung unverzichtbar

Ein wichtiger Baustein in einem regionalen Prozess für die Klimaanpassung ist die Untersuchung und Bewertung der Klimafolgen. Ein häufig verwendeter Fachbegriff hierfür ist „Vulnerabilität“, d.h. „Verwundbarkeit“, „Verletzbarkeit“ oder „Anfälligkeit“. Die offizielle Definition des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) lautet: „Vulnerabilität gibt an, inwieweit ein System für nachteilige Auswirkungen der Klimaänderungen (inklusive Klimaschwankungen und -extreme) anfällig ist bzw. nicht fähig ist, diese zu bewältigen. Die Vulnerabilität eines Systems setzt sich gemäß der IPCC-Definition aus folgenden drei Teilen zusammen:

- Exposition: abhängig von Charakter, Größenordnung und Geschwindigkeit der Klimaänderung und -abweichung und gibt an, wieweit eine Region/ein System bestimmten Änderungen von Klimaparametern (z. B. Niederschlag, Temperatur etc.) ausgesetzt ist;
- Sensitivität: gibt die Empfindlichkeit des betroffenen Mensch-Umwelt-Systems wieder;
- Anpassungskapazität: beschreibt die Fähigkeit einer Region/eines Systems, sich durch Planung und Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen an die veränderten Bedingungen anzupassen oder die Veränderungen auch zum Vorteil nutzen zu können. Die Anpassungskapazität ist von Faktoren abhängig wie den ökonomischen Ressourcen, Know-how und Technologie, institutionellen Kapazitäten, politischem Willen etc.“¹

Nur wenn bekannt ist, welche Naturgüter oder räumlichen Nutzungen vom Klimawandel beeinträchtigt werden und wie stark diese Beeinträchtigung voraussichtlich ist, kann Regionalplanung darauf mit ihren Instrumenten reagieren. Sie begleitet dabei entsprechende Abstimmungsprozesse unter Einsatz der ihr zur Verfügung stehenden informellen Planungsinstrumente. Vulnerabilitätsanalysen sind damit eine wichtige Basis für die Klimafolgenbewertung.

Damit die Ergebnisse dieser Prozesse in möglichst verbindlicher Form als Planungsgrundlage Eingang in die formelle Regionalplanung finden können, müssen sie unter Anwendung anerkannter, wissenschaftlicher Methoden und Standards durchgeführt werden und dabei belastbare Daten verwenden. Anzustreben ist, dass die Belastbarkeit der Ergebnisse dem Stand der Klimafolgenforschung entspricht und damit so hoch ist, dass sie als Ziele der Raumordnung die höchste mögliche Verbindlichkeit erlangen. Sofern die Ergebnisse nicht so belastbar sind, dass sie einer gerichtlichen Überprüfung als Ziel der Raumordnung standhalten würden, können sie als Grundsatz der Raumordnung oder als Planungshinweise für Kommunen und Fachplanungen eingebracht werden. Dann allerdings unter-

¹ IPCC 2007: „Vulnerability is the degree to which a system is susceptible to, and unable to cope with, adverse effects of climate change, including climate variability and extremes. Vulnerability is a function of the character, magnitude, and rate of climate change and variation to which a system is exposed, its sensitivity, and its adaptive capacity.“ Übersetzung und Ergänzungen bei: www.umweltbundesamt.at.

liegen sie der Abwägung und können im konkreten Fall gegenüber anderen Nutzungsansprüchen als nachrangig eingestuft werden.

Da es bislang keine abgestimmten und standardisierten Vorgehensweisen für die Erstellung von Vulnerabilitätsanalysen in der Regionalplanung gibt, strebt der Bund mittelfristig die Entwicklung entsprechender Standards an, die in Form eines webbasierten Methodenbaukastens zur Verfügung gestellt werden sollen. Die vorliegende Publikation ist als ein erster Schritt in dieser Richtung zu verstehen. Sie stellt die in drei Modellregionen des KlimaMORO erprobten Ansätze vergleichend vor und soll damit zeigen, wie Vulnerabilitätsanalysen auf der regionalen Ebene durchgeführt werden können. Sie soll das Interesse anderer Regionen an dieser Thematik wecken und Anregungen für die Ausarbeitung eigener Lösungsansätze geben, die den individuellen Rahmenbedingungen entsprechen. Sie kann somit als Zwischenschritt zu dem umfassenden Methoden- und Datenbaukasten verstanden werden.

Klimafolgen-Anpassung zwischen Wissenschaft und Praxis

Die Regionalplanung muss übergeordnete Trends und Entwicklungen in allen strategischen und praktischen Überlegungen berücksichtigen, um der allgemeinen Leitvorstellung der nachhaltigen Entwicklung gerecht werden zu können. Hierzu gehören zum Beispiel der demografische Wandel und andere wirtschaftliche, gesellschaftliche, politische oder ökologische Megatrends. Der Klimawandel fällt ohne Zweifel ebenfalls in diese Kategorie.

Die anwendungsorientierte Forschung befasst sich zusammen mit verschiedenen Praxispartnern bereits seit mehreren Jahren mit Fragen der regionalen Anpassung an den Klimawandel (z.B. Franck und Peithmann 2010, Hoffmann et al. 2011, Beck et al. 2011, BMVBS 2010e). Forschungsergebnisse und Umsetzungsvorschläge werden von öffentlichen Akteuren auf allen Ebenen und in allen Sektoren erarbeitet und liegen zu vielen Einzelthemen vor. Dabei geht es einerseits darum herauszufinden, welche Fragestellungen in einer konkreten Situation relevant sind („Was ist zu tun?“) und welche konkreten Handlungsmöglichkeiten sich daraus ergeben („Wie ist es zu tun?“).

Welche Fragen aber tatsächlich gestellt werden und wie sich die Beteiligten an ihre Bewältigung machen hängt von unterschiedlichen Faktoren ab, die von Region zu Region z.T. stark variieren können. Dazu gehören zum Beispiel

- politische Randbedingungen: Welche Themen sind Entscheidungsträgern wichtig?
- die regionale Planungskultur: Welchen Stellenwert hat die Regionalplanung in einem Planungsraum?

Die regionalen Planungsstellen sehen sich dabei in unterschiedlichen Konstellationen vor Herausforderungen und Rahmenbedingungen wie

- die Kooperationsbereitschaft wichtiger Gesprächspartner: Sind Akteure wie z.B. Fachplanungen offen für einen Dialog zum Thema Klimaanpassung?
- die verfügbaren Daten und Informationen: Welche Basis- und Fachdaten stehen zur Verfügung?
- die vorhandenen Ressourcen: Stehen notwendiges Personal und Sachmittel für eine angemessene Bearbeitung der Fragen zur Verfügung?

Abbildung 1: Modellregionen im Modellvorhaben der Raumordnung „Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel – Phase 1 (2009-2011)“

Modellregionen "Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel"



Letztlich können rein wissenschaftliche Untersuchungen nicht zeigen, welche Ideen und Konzepte in der Praxis tatsächlich tauglich sind. Dies ist nur durch die Erprobung und Anwendung in der Praxis möglich. Dort muss sich auch erweisen, ob sie im politischen Abwägungsprozess gegen andere Belange bestehen können. Seit 2008 lässt der Bund im Forschungsprogramm „Modellvorhaben der Raumordnung“ das Forschungsfeld „Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel“ (KlimaMORO) untersuchen. Nachdem zunächst eine wissenschaftliche Vorstudie (BMVBS/BBSR 2010b) in Auftrag gegeben und erste Teilergebnisse hieraus als BBSR-Online-Publikationen² veröffentlicht wurden³, starteten im Sommer 2009

² Die Publikationen des BBSR zum Forschungsfeld "KlimaMORO" sind im Internet unter <http://www.bbsr.bund.de> und www.klimamoro.de abrufbar.

³ Nr. 19/2008: „Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel, Nr. 17/2009: „Entwurf eines regionalen Handlungs- und Aktionsrahmens Klimaanpassung („Blaupause“), sowie etwas später Nr. 7/2010: „Regionale Klimamodellierung für Anpassungsstrategien“

insgesamt acht Modellregionen (Abbildung 1) mit dem Ziel, Vorschläge zur Weiterentwicklung des raumordnerischen Instrumentariums zu erarbeiten und die Position der Regionalplanung durch den Aufbau regionaler Netzwerke im Themenfeld „Klimawandel“ zu festigen.

Regionen ermitteln Klimafolgen

Die Modellregionen haben in einer ersten Phase bis März 2011 eine Reihe von Forschungsleitfragen intensiv bearbeitet und dabei

- dauerhaft tragfähige Akteursnetzwerke aufgebaut und regionale Handlungsfähigkeit hergestellt,
- integrierte Handlungskonzepte entwickelt und konkrete Lösungsansätze modellhaft erprobt,
- die Möglichkeiten und Grenzen des formalen wie informellen raumordnerischen Instrumentariums ausgelotet,
- übertragbare Konzepte entwickelt und weitere Forschungsbedarfe benannt.

Die Herangehensweisen der acht Modellregionen zeichneten sich durch eine große Bandbreite in inhaltlicher, prozeduraler und methodischer Hinsicht aus. Nicht alle verfolgten demnach einen Ansatz der systematischen Vulnerabilitätsanalyse, die in einer räumlichen, kartierten und weitgehend quantifizierten Differenzierung der Klimafolgen für die jeweiligen Modellräume mündete (Tabelle 1). In einigen Regionen werden diese Erkenntnisse in einer zweiten Phase vertieft.

Die Modellregionen haben damit einen wichtigen Beitrag zum "Aktionsplan Anpassung" der Bundesregierung geleistet, der die 2008 verabschiedete "Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel" konkretisiert. Die Anpassungsstrategie ordnet der Raumentwicklung eine koordinierende Rolle zum Schutz, zur Sicherung und zur nachhaltigen Entwicklung der Siedlungs-, Verkehrs- und Freiraumstruktur sowie der natürlichen Ressourcen zu und misst ihr eine zentrale Rolle im Hinblick auf konkrete Maßnahmen in Regionen und Städten bei. Aufgabe der Raumentwicklung ist dabei,

- Klimawandel-Betroffenheit überfachlich zu bewerten,
- den fachübergreifenden Dialog zur Entwicklung konkreter Anpassungsmaßnahmen zu moderieren und
- verschiedene Handlungsfelder so zusammenzuführen, dass ein übergreifendes Konzept für resiliente d.h. klimawandelangepasste Raumstrukturen erstellt werden kann.

Abbildung 2: Logo „KlimaMORO“: Modellvorhaben der Raumordnung „Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel“



Tabelle 1: Handhabung der „Klimfolgenbewertung“ in den KlimaMORO-Modellregionen (Phase I)

Region	Vorgehen	Klimafolgenbewertung	Einbindung der Akteure	GIS / Karten	Ergebnisse / Produkte
Vorpommern	Experten- netzwerk und fachliche Analysen, Strategie- und Maß- nahmen- entwicklung	Pragmatisches Ver- fahren der räumlichen Annäherung an das The- ma	Beratend bei Strategie- entwicklung und Einbin- dung politi- scher Gremi- en	Verschnei- dung von Klimaände- rungen mit Fachdaten	Regionale Anpassungs- strategie, formelle und informelle Maßnahmen
Havelland- Fläming	Akteursnetz- werk in the- matischen Arbeitsgrup- pen. Sensibi- lisierung in Schulen	Externes Gutachten (PIK)	Über Netz- werke, Öffentlich- keitsarbeit	Abbildungen zur Änderung von Klima- parametern in der Region	Strategie- Bausteine
West- sachsen	2 Phasen: a) Wissen- schaftliche Analyse b) fachliche Diskussion in Fokusgebie- ten	Umfassend für alle wich- tigen Klima- faktoren und Handlungs- felder	Zur Ergeb- nisdiskus- sion, Priorisierung und Maß- nahmen- Entwicklung bzw. Bera- tung der Ak- teure	Je nach Thema z.T. mehrere Karten.	Umfangrei- che Doku- mentation der Ergeb- nisse aus beiden Pha- sen, konkre- te Umset- zung von Maßnahmen
Oberes Elbtal / Osterz- gebirge	Themen- und Zielgruppen- orientierter Ansatz	Auswertung der REGKLAM- Klimadaten- bank	Stark pro- zess- und beteiligungs- orientiert	Modellierung für drei Klimakenn- größen und tabellarisch	Leitfaden zur Formulierung von Anpassungs- strategien
Mittel- und Südhausen	Befragung, thematische Arbeitsgrup- pen	Nutzung vor- handener Daten und Informatio- nen, Zusammen- stellung von teilregionalen Dossiers	Stark partizipativ angelegte Strategie- entwicklung	für räumlich begrenzte Einzelfragen (z.B. Stark- regen im Dill-Einzugs- gebiet)	Verschiedene Leitfäden und Produkte z.B. zur Pro- zessteuerung und zu kommunalen Handlungs- optionen

Region	Vorgehen	Klimafolgenbewertung	Einbindung der Akteure	GIS / Karten	Ergebnisse / Produkte
Mittlerer Oberrhein/ Nord-schwarz-wald	Überfachlicher Diskurs, Quellenauswertung, Katalog von Problemlösungs-Ansätzen, siedlungsklimatische Modellierung	Klimadokument: Zusammenstellung der Bandbreite zur Entwicklung der Klimafaktoren aus Informationssystemen	Stark prozess- und beteiligungsorientiert, Bildung strategischer Allianzen	Als Ergebnis der Mikro-modellierung	Klimadokument, Planungshinweiskarte Kaltluft, Übersetzungshilfe
Region Stuttgart	Fachliches Netzwerk, Bildung AK Vulnerabilität mit drei thematischen Arbeitsgruppen	Verschiedene methodische Varianten in den Arbeitsgruppen	Im gesamten Prozess (Problemdefinition, Indikatorenformulierung und Bewertung, Schlussfolgerungen)	Als Ergebnis von 2 der drei Arbeitsgruppen	Vulnerabilitätsbericht, Umsetzungsvorhaben mit Kommunen
Landkreis Neumarkt i.d.Opf.	Fachlicher Steuerungskreis, Bottom-up-Beteiligung der Öffentlichkeit	Umfassende, interne Expertise (Quellenauswertung) durch regionale Assistenz	Durch Befragungen, Workshops, Tagungen	Tabellarisch auf Basis KLIWA	Anpassungsstrategie, Forschungs- und Umsetzungsvorhaben

(Quelle: eigene Darstellung ISB)

2 Fallbeispiele: methodische Ansätze regionaler Vulnerabilitätsanalysen im KlimaMORO

Im Rahmen des Modellvorhabens der Raumordnung „Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel (KlimaMORO)“ haben sich die Modellregionen zwar auf unterschiedliche Weise, aber dennoch intensiv mit der Frage zu erwartender Klimafolgen auseinander gesetzt. Drei Modellregionen haben sich dabei intensiv mit der räumlichen Analyse dieser Anfälligkeiten und der Darstellung von Vulnerabilitätsindikatoren in geografischen Informationssystemen befasst. Dabei sind sie allerdings sehr unterschiedlich vorgegangen, so dass bei den Ergebnissen eine recht große Bandbreite möglicher Vorgehensweisen entstanden ist.

In den folgenden Abschnitten werden die drei Ansätze der Modellregionen Vorpommern, Stuttgart und Westsachsen in ihren wesentlichen Zügen vorgestellt. Dabei werden jeweils die folgenden Leitfragen untersucht:

1. Wie wurde der Prozess gestaltet, in dem die Vulnerabilitätsanalyse angefertigt wurde?
 - Welche Akteure wurden beteiligt, wie sah die Beteiligung aus?
 - Welche Probleme wurden formuliert, welche Fragestellungen wurden untersucht?
 - Welche technischen/ personellen Ressourcen wurden eingesetzt?
2. Welche Bausteine hat die Vulnerabilitätsanalyse?
 - Wie wurden Klimaprojektionen und Klimamodelle in die Analyse einbezogen?
 - Wie wurden Vulnerabilitätsindikatoren entwickelt?
 - Welche Daten wurden dafür verwendet und wie wurden sie aufbereitet?
3. Welche Erkenntnisse lassen sich aus der Analyse gewinnen?
 - Wie werden die Ergebnisse in künftigen Planungen verwendet?
 - Ist die Methode in andere Regionen übertragbar?

Dabei kann im Rahmen dieser Online-Publikation nicht auf jedes methodische und technische Detail eingegangen werden. Für vertiefende Fragestellungen zu den einzelnen Herangehensweisen sei daher auf die Berichte der Modellregionen⁴ verwiesen.

⁴ Die Studien sind im Internet verfügbar unter: www.klimamoro.de („Modellregionen“, dort Link zu den Projektwebsites, bzw. <http://www.rpv-vorpommern.de>, <http://www.region-stuttgart.org> und <http://www.rpv-westsachsen.de> (Projekte → Moro)

2.1 Vorpommern

Die Modellregion Vorpommern erarbeitete ihre Vulnerabilitätsanalyse als Grundlage für eine integrierte Raumentwicklungsstrategie, deren Hauptziel es ist, Klimaschutz- und Anpassungsmaßnahmen zu erarbeiten, die planerisch umsetzbar und wirksam sind. Dies geschah aufgrund der Komplexität des Klimawandels in einem informellen Planungsprozess unter Beteiligung einer Vielzahl von Experten und Akteuren.

1. Wie wurde der Prozess gestaltet, in dem die Vulnerabilitätsanalyse angefertigt wurde?

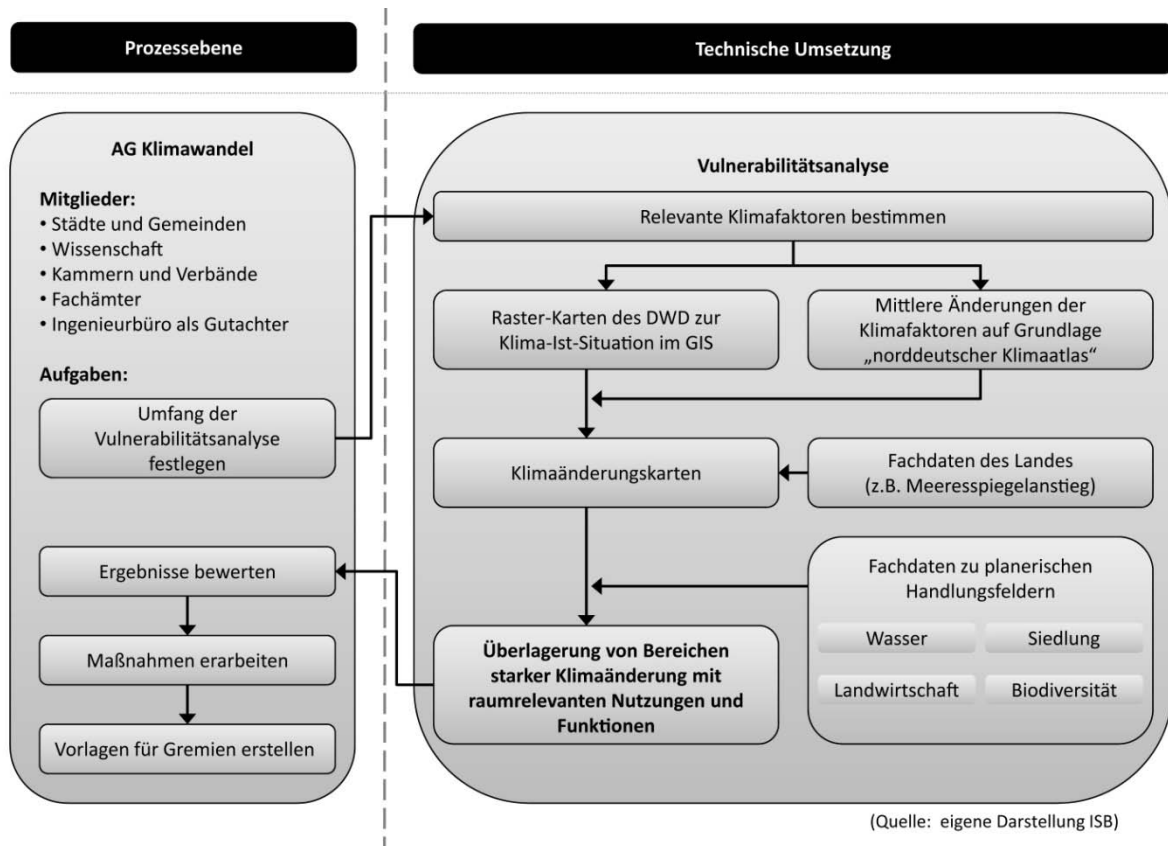
Der Regionale Planungsverband Vorpommern (RPV-VP) als Träger berief für die Durchführung des regionalen KlimaMORO-Projektes eine ständige „Arbeitsgruppe Klimawandel“ ein. Darin wirkten unterschiedliche Akteure aus Städten und Gemeinden, Wissenschaft, Kammern und Verbänden und Fachämtern sowie ein Ingenieurbüro als Gutachter in der Funktion einer „regionalen Forschungsassistenten“ mit. Die Aufgabe der Arbeitsgruppe Klimawandel bestand in der Beratung über die strategische Ausrichtung der einzelnen Handlungsfelder im Rahmen der Gesamtstrategie, in der Beratung des RPV-VP und in der Vorbereitung der politisch relevanten Dokumente.

2. Welche Bausteine hat die Vulnerabilitätsanalyse?

Der Prozess des KlimaMORO in der Modellregion Vorpommern gliederte sich in zwei Abschnitte (Abbildung 3). In einer ersten Phase wurden Veränderungen klimatischer Parameter mit den Geoinformationen planerischer Handlungsfelder im GIS zusammengeführt. Die dabei entstehenden Karten lassen Rückschlüsse auf Risikogebiete und Gefahrenzonen zu, so dass die Betroffenheit der Raumfunktionen und Nutzungen bewertet werden konnte. In der zweiten Phase wurden dann in vier Handlungsfeldern Ziele und Maßnahmen entwickelt, die schließlich in einer Raumentwicklungsstrategie gebündelt und veröffentlicht wurden.

Zunächst wurden relevante Daten zu Wirkfaktoren, d.h. Klimaparameter aus den Bereichen Temperatur und Niederschlag, deren Veränderung im Klimawandel Auswirkungen auf Raumfunktionen und Nutzungen könnte, und die potenziell betroffenen Handlungsfelder der Regionalplanung (Tabelle 2) zusammengetragen. Dazu wurden im ersten Schritt Klimadaten des Bezugszeitraumes 1971-2000 zu verschiedenen Parametern von Temperatur und Niederschlag beschafft, die beim Deutschen Wetterdienst (DWD) für ganz Deutschland als Rasterdateien verfügbar sind.

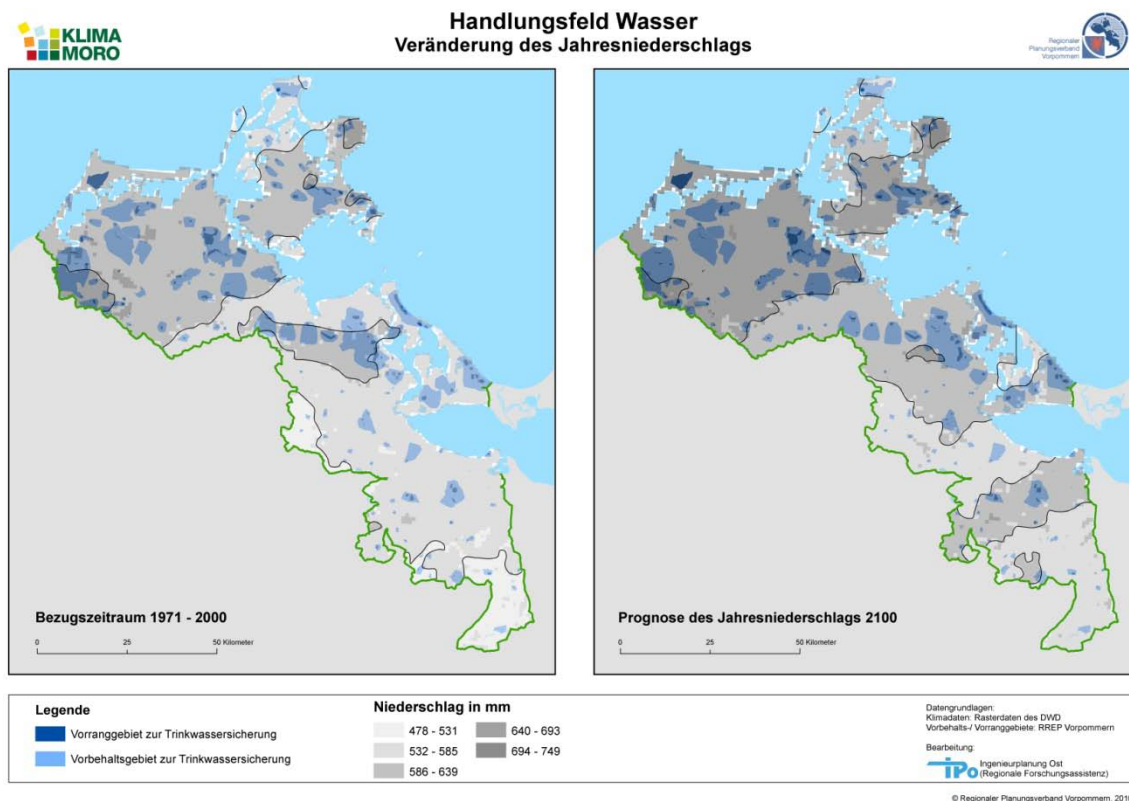
Nachdem diese Daten ins geografische Informationssystem (GIS) importiert worden waren, wurden für die entsprechenden Parameter Projektionsdaten aus dem Norddeutschen Klimaatlas für den Zeitraum 2071-2100 für das Emissionsszenario A1B abgelesen (mögliche mittlere Änderung). Diese Veränderungswerte wurden anschließend in der GIS-Datei mit den DWD-Daten verrechnet. Um die Darstellung zu vereinheitlichen, wurde für jeden Parameter eine gemeinsame Klassifizierung über den Wertebereich von Bezugszeitraum und Prognose vorgenommen, wobei die Intervalle in den fünf Klassen immer gleich groß sind. Daten zum Meeresspiegelanstieg wurden vom Land Mecklenburg-Vorpommern zur Verfügung gestellt.

Abbildung 3: Ablaufschema der Vulnerabilitätsanalyse der Modellregion Vorpommern

Anschließend wurden Geodaten aus den planerischen Handlungsfeldern mit den einzelnen Klimadaten überlagert und jeweils für beide Bezugszeiträume (1971-2000 und 2071-2100) in einem Kartenblatt gegenüber gestellt (Abbildung 4). Auf eine vertiefende Bewertung der Sensitivität einzelner Raumfunktionen oder Nutzungen oder eine weitergehende Verknüpfung von Daten zu aggregierten Vulnerabilitätsindikatoren wurde verzichtet. Vielmehr wird die Bedeutung einer Raumnutzung mit dem Grad der planerischen Sicherung in Verbindung gesetzt, d.h. Vorranggebieten wird eine sehr hohe Bedeutung, Vorbehaltsgebieten eine hohe Bedeutung beigemessen. Die weitere Einschätzung der zu erwartenden Auswirkungen der Klimaänderungen auf die Handlungsfelder beruht auf dem in der Arbeitsgruppe Klimawandel vertretenen Sachverstand.

Tabelle 2: In den Handlungsfeldern der Region Vorpommern verwendete Daten

Handlungsfeld	Klimaparameter
Biodiversität, Naturschutz • Vorranggebiete für Naturschutz und Landschaftspflege • Vorbehaltsgebiete für den Naturschutz und Landschaftspflege	• Jahresmitteltemperatur • Anzahl der Sommertage • Anzahl der Frosttage • Jahresniederschlag • Frühjahrsniederschlag • Sommerniederschlag • Herbstniederschlag • Winterniederschlag • Mittelwasserstand • Bemessungshochwasserstand
Landwirtschaft, Forstwirtschaft • Biotop- und Nutzungskartierung • Landwirtschaftliche Flächen: Acker, Grünland, Gartenland, Sumpf, Trockenrasen, Heideflächen und Waldflächen	• Jahresmitteltemperatur • Anzahl der heißen Tage • Anzahl der Frosttage • Jahresniederschlag • Frühjahrsniederschlag • Sommerniederschlag • Herbstniederschlag • Winterniederschlag • Anzahl der Niederschlagstage • Anzahl der Schneetage • Bemessungshochwasserstand
Wasserwirtschaft, Wasserhaushalt • Vorranggebiete für Trinkwasser • Vorbehaltsgebiete für Trinkwasser	• Jahresniederschlag • Frühjahrsniederschlag • Sommerniederschlag • Herbstniederschlag • Winterniederschlag • Mittelwasserstand • Bemessungshochwasserstand
Siedlung, Gewerbe, Mobilität, Tourismus • Siedlungsflächen: Siedlungsbiotope aus der Biotop- und Nutzungskartierung • bestehende und in Aufstellung befindliche Bebauungspläne für den Ausschnitt Stralsund-Greifswald mit Küstenbereich • Straßen (überregional, regional), Radwege (überregional, regional), Bahnstrecken • Verkehrsflächen für den Ausschnitt Stralsund-Greifswald mit Küstenbereich • Häfen, Flughäfen • Tourismusschwerpunkträume	• Jahresmitteltemperatur • Anzahl der Frosttage • Frühjahrsniederschlag • Sommerniederschlag • Herbstniederschlag • Winterniederschlag • Bebaute Flächen / Mittelwasserstand und Bemessungshochwasserstand • Infrastruktur / Mittelwasserstand • Bebaute Flächen / BHW

Abbildung 4: Beispiel eines Kartenblattes der Modellregion Vorpommern

(Quelle: RPV-VP 2011: 116)

3. Welche Erkenntnisse lassen sich aus der Analyse gewinnen?

Die Nutzung der Klimadaten des DWD und deren Veränderung nach den im regionalen Klimaatlas enthaltenen Daten ist bis zum Vorliegen detaillierterer regionalisierter und GIS-fähiger Klimaprojektionsdaten eine pragmatische Herangehensweise. Die Überlagerung dieser Informationen mit den Lagedaten der Raumfunktionen und Nutzungen ermöglicht eine Einschätzung der Exposition dieser Güter gegenüber Änderungen des Klimas. Eine Ermittlung und Bewertung von Sensitivität und Anpassungskapazität fand allerdings nicht statt, so dass im engeren Sinne nicht von einer Vulnerabilitätsanalyse gesprochen werden kann.

Die entstandenen Karten erlaubten den versammelten Akteuren, sich ein Bild von der räumlichen Verteilung der Klimaänderungen und der exponierten Nutzungen und Funktionen in den genannten Handlungsfeldern zu machen. Auf dieser Basis wurden nun Ziele und Maßnahmen für die Raumentwicklungsstrategie definiert. Die Karten stellen damit eine wesentliche Informationsgrundlage dar, allerdings ist die Analyse nicht belastungsfähig genug, um Ziele im Regionalplan gerichts-fest auszuweisen. Damit stellt die Analyse der Region Vorpommern eine pragmatische Lösung dar, die regionalen Folgen des Klimawandels zu betrachten und in der Diskussion zu berücksichtigen.

Tabelle 3: Thematische Ausrichtung der Raumentwicklungsstrategie Vorpommern im Bereich der Anpassung

- Bewältigung des Meeresspiegelanstiegs an den Flachküsten
- Steuerung der Siedlungsentwicklung an den Steilküsten
- Ausrichtung der Landwirtschaft auf die veränderten klimatischen Rahmenbedingungen
- Stärkung der Wälder als klimatische Schutz- und Ausgleichsräume mit multifunktionalen Wirkungen
- Entwicklung der Siedlungspotenziale im Küstenraum im Einklang mit den Erfordernissen der Biodiversität und des Küstenschutzes
- Nutzung der regionalen Ressourcen regenerativer Energieerzeugung für die Stärkung des Arbeitsmarktes

Roland Wenk, Regionaler Planungsverband Vorpommern:

„Den Ansatz zur Abschätzung der Klimafolgen hat die Projektgruppe gewählt, weil er ein pragmatisches Vorgehen ermöglichte und die Ausstattung mit Daten begrenzt war. Die Kooperation mit dem Deutschen Wetterdienst hat vorbildlich funktioniert. Ein Vertreter des DWD war in der Arbeitsgruppe Klimawandel präsent und brachte die sehr gut nutzbaren Rasterdaten bei. Von der anfänglichen Absicht, intensiver mit dem norddeutschen Klimaatlas des norddeutschen Klimabüros zu arbeiten musste hingegen aufgrund der dortigen Auslastung Abstand genommen werden.

Die Informationen zu den regionalen Klimaänderungen wurden anschließend mit der regionalplanerischen Empirie überlagert. Eine Bewertung der Ergebnisse konnte durch den in der Arbeitsgruppe versammelten regionalen Sachverstand vorgenommen werden. Ausgefeilte quantitative Analysen zur Vulnerabilität waren somit zwar nicht vorgesehen. Einschränkungen bei der „Gerichtsfestigkeit“ daraus abgeleiteter Ziele der Raumordnung befürchten wir in der Region Vorpommern aber nicht. Die inhaltlichen und methodischen Fragen sind weniger wichtig, da Ziele der Raumordnung dem Verband ohnehin nie leichtfertig und ohne sorgfältige Überlegungen zur Entscheidung vorgeschlagen werden. Von größerer Bedeutung für die Gerichtsfestigkeit sind formale Aspekte, denn politische Beschlüsse über die Entwicklung der Region müssen formal sauber herbeigeführt werden und die einzelnen Verfahrensschritte entsprechend hinterlegt sein, z.B. im Erläuterungsbericht der Strategischen Umweltprüfung.

Während des gesamten Projektverlaufes hat eine intensive und durchweg positive Begleitung durch die Akteure und Entscheidungsträger der Planungsregion stattgefunden, die sich in mehreren Entscheidungen der zuständigen Gremien niederschlug. So wurde auch die Raumentwicklungsstrategie zum Klimawandel der Region Vorpommern noch im Sommer 2011 vom Vorstand des Verbandes beschlossen. Konkrete Umsetzungsprojekte werden aktuell bearbeitet und es besteht Aussicht auf eine Vertiefung einzelner Fragestellungen aus dem KlimaMORO in weiteren Forschungsvorhaben, darunter die Phase II des KlimaMORO.“

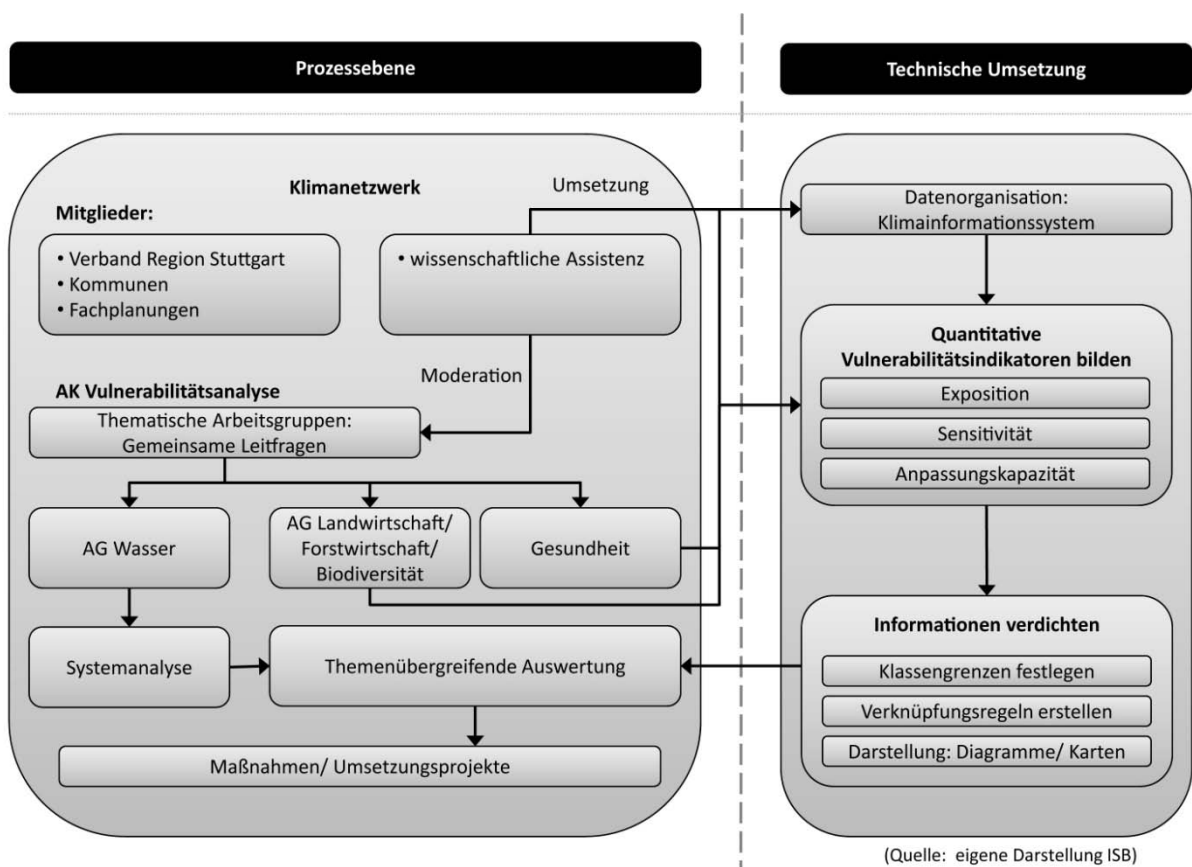
2.2 Stuttgart

Die Modellregion Stuttgart mit dem Verband Region Stuttgart als Träger der Regionalplanung hat sich in thematischen Arbeitsgruppen dem Thema Vulnerabilität angenähert. Dabei geht die Region von unterschiedlichen Schutzgütern bzw. Raumnutzungen aus, die angesichts des Klimawandels sowohl Sensitivitäten aufweisen, aber auch über Möglichkeiten der Anpassung verfügen. Aus einer systematischen Kombination dieser Eigenschaften lassen sich schutzgutbezogene Vulnerabilitätsindikatoren erstellen. Diese geben für die verschiedenen Standorte einer Nutzungsart bzw. eines Schutzgutes Auskunft über die räumliche Verteilung der Anfälligkeit.

1. Wie wurde der Prozess gestaltet, in dem die Vulnerabilitätsanalyse angefertigt wurde?

In der Modellregion Stuttgart stellte der Verband Region Stuttgart als Gesamtkoordinator des Projekts ein Netzwerk aus zwei Partnerkommunen, Vertretern der wichtigsten Fachplanungen (auf Ebene der Kommunen, Landkreise und des Landes) sowie weiterer gesellschaftlicher Akteure zusammen. Die wissenschaftliche Begleitung des Forschungsvorhabens und technische Umsetzung der GIS-Analysen erfolgte durch das Institut für Raumordnung und Entwicklungsplanung (IREUS) der Universität Stuttgart (VRS 2011: 14).

Abbildung 5: Ablaufschema der Vulnerabilitätsanalyse der Modellregion Stuttgart



Innerhalb des Klimanetzwerkes wurden drei thematische Arbeitsgruppen gebildet, die sich mit der Untersuchung der Vulnerabilität in den Themenfeldern (1) Wasser, (2) Naturschutz/Biodiversität, Land- und Forstwirtschaft/ und (3) Gesundheit befassten.

Der Prozessverlauf (Abbildung 5) war so gestaltet, dass nach einer Konstituierungsphase mit einer Auftaktveranstaltung zum Gesamtvorhaben in jeder Arbeitsgruppe je drei bis vier Experten-Workshops durchgeführt wurden. Sie hatten das Ziel, im interdisziplinären Austausch die methodischen und inhaltlichen Fragen zur regionalen Vulnerabilität in der Region zu bearbeiten (Tabelle 4). Parallel dazu wurden die Fachgrundlagen zum jeweiligen Arbeitsstand im Rahmen der Begleitforschung erarbeitet. Zum Ende des Prozesses trafen dann die Arbeitsgruppen in einer Akteurskonferenz wieder zusammen und diskutierten übergreifende Aspekte der Vulnerabilitätsanalysen.

Da die Arbeitsgruppen die Themenfelder weitgehend unabhängig voneinander bearbeiteten und auch ihre Ziele und Untersuchungsansätze selbst definierten, weichen die methodischen Ansätze z.T. deutlich voneinander ab. Es gibt somit in der Modellregion Stuttgart im Ergebnis nicht „die eine“ Methode der Vulnerabilitätsanalyse, wohl aber einen Baukasten themenbezogener Analyseansätze, die auch für andere Fragestellungen erneut eingesetzt und ggf. weiter angepasst werden können. Auch gibt es keine Karte zur Gesamt-Vulnerabilität der Modellregion, da die themenbezogenen Vulnerabilitätsanalysen nicht zu einem Super-Vulnerabilitätsindikator weiterverdichtet wurden.

Tabelle 4: Leitfragen für die Arbeitsgruppen „Vulnerabilität“ der Modellregion Stuttgart (Auswahl)

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">• Welche Probleme und Chancen durch den Klimawandel sind in diesem Sektor für die Region grundsätzlich zu erwarten?• In welchen Bereichen ist die Region besonders „verwundbar“, d.h. welche Aspekte sind in diesem Sektor von besonderer Relevanz und müssen im Rahmen der Vulnerabilitätsanalyse vordringlich beleuchtet werden?• Wo bestehen Verknüpfungen mit den anderen Sektoren/Handlungsfeldern?• Welche Daten bzw. Informationen sind für eine räumlich differenzierte Vulnerabilitätsanalyse der Region in diesem Sektor notwendig? Welche Daten sind vorhanden bzw. wo sind sie vorhanden?• Wie könnte ein räumliches Bewertungsmodell zur Abschätzung der Vulnerabilität in diesem Sektor konzeptionell aufgebaut sein? Welche Indikatoren sind für die Bestimmung des Grades der Verwundbarkeit heranzuziehen? Wie lassen sich diese Indikatoren operationalisieren?• Wie lässt sich im Rahmen des Bewertungsverfahrens mit Unsicherheiten hinsichtlich des zukünftigen Klimas umgehen, die durch verschiedene Emissionsszenarien und unterschiedliche regionale Klimamodelle zum Ausdruck kommen?• Was sind weitere einzubeziehende Akteure? Wie können diese angesprochen und einbezogen werden? |
|---|

(Quelle: Weis et al. 2011: 13)

2. Welche Bausteine hat die Vulnerabilitätsanalyse?

Eine erste wichtige Grundlage des Ansatzes der Arbeitsgruppen zur regionalen Vulnerabilität in der Modellregion Stuttgart ist die Hypothese, dass für die regionale Anpassung an den Klimawandel keine eigenen Modellierungen des Klimawandels erforderlich sind. „Da die Klimafolgenanpassung nicht auf die Eintrittswahrscheinlichkeit von schädigenden Ereignissen oder Veränderungen Einfluss nehmen kann, kommt der Anpassung hier eine Schlüsselbedeutung zu. Anpassung ist vor allem in Systemen (bzw. Sektoren) erforderlich, denen ein hohes Maß an Vulnerabilität gegenüber Klimafolgen attestiert werden kann.“ (Weis et al. 2011: 11). Anstatt also zunächst die begrenzten Ressourcen auf eine möglichst exakte Vorhersage oder Modellierung von klimatischen Veränderungen zu verwenden, war es der Modellregion ein „Kernanliegen, Strategien im Umgang mit dem sich verändernden Klima zu entwickeln, um negative Folgen begrenzen zu können“ und dabei „den Klimawandel nicht isoliert zu sehen, sondern andere (nicht-klimatische) Prozesse einzubeziehen“ (Weis et al. a.a.O.).

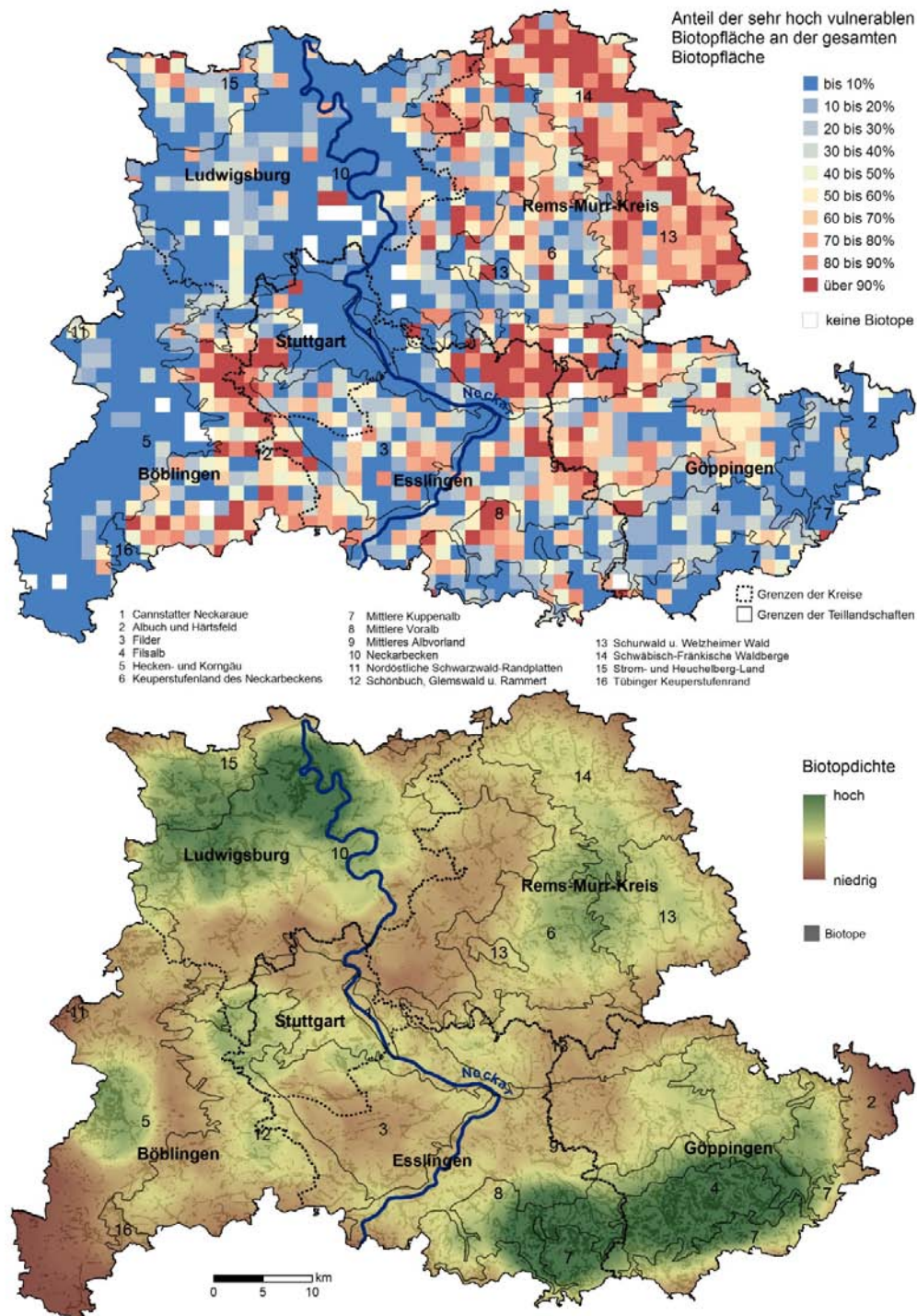
Ein zweiter wichtiger Schritt für eine effektive Behandlung der Sachfragen in den Vulnerabilitäts-Arbeitsgruppen der Modellregion Stuttgart ist der Aufbau des „Klimainformationssystems Stuttgart (KISS)“, das es ermöglichte, in den Arbeitsgruppen auf ebenfalls langwierige Diskussionen zur Datenverfügbarkeit und -qualität zu verzichten. Im KISS wurden zahlreiche in der Region verfügbare Datensätze hinsichtlich ihrer Aussagekraft zu den drei Parametern des Vulnerabilitätskonzeptes (1) Exposition, (2) Sensitivität und (3) Anpassungskapazität begutachtet und mit einem entsprechenden Metadatensatz versehen. Dieser kann über ein Datenbanksystem recherchiert werden, so dass die Modellregion über eine „qualifizierte Fachdatenbasis (verfügt), die fachliche Grundlagen für analytische und strategisch-instrumentelle Aufgaben der Klimafolgenanpassung bereitstellt“ (VRS 2011: 16).

Die Arbeitsgruppen „Naturschutz/Biodiversität, Land- und Forstwirtschaft“ und „Gesundheit“ gingen nach einem vergleichbaren Arbeitsprogramm vor. In einem ersten Schritt verständigten sich die versammelten Experten hinsichtlich ihrer Einschätzungen zur Sensitivität der betreffenden Nutzungen und Schutzgüter, um den Untersuchungsumfang einzugrenzen und sich angesichts der begrenzten Zeit- und Mittelbudgets auf wesentliche Fragestellungen zu konzentrieren. Dabei stützten sie sich auf die verfügbare Fachliteratur. In einem zweiten Schritt entwickelten sie konzeptionelle Modelle zur Einschätzung der Vulnerabilität einzelner Nutzungen und Schutzgüter, die die Vulnerabilitätskomponenten Sensitivität und Anpassungskapazität mit den verfügbaren Daten möglichst gut abbilden.

Diese konzeptionellen Modelle zeigen auf, wie aus einer Reihe von Ausgangsdatsätzen über verschiedene Aggregationsschritte ein Vulnerabilitätsindikator abgeleitet werden kann. Die Aggregationsschritte zur Verschmelzung von je zwei Einzelkriterien erfolgten über Verknüpfungsregeln. Hierzu wurden die in den Ausgangsdatsätzen enthaltenen Informationen in Bewertungsklassen überführt, die sich meist aus der Fachliteratur bzw. allgemein anerkannten Verfahren begründen ließen. Nur in Einzelfällen waren hierzu keine Informationen verfügbar, so dass die Expertengruppen selbst Klassenbildungen vornahmen. Die Tabellen 5 und 6 zeigen beispielhaft die konzeptionellen Modelle für die Themen Naturschutz/ Biodiversität und Landwirtschaft auf.

Die Anwendung des Indikators auf den vorhandenen Bestand an Nutzungen und Schutzgütern ermöglichte dann einerseits die Unterscheidung vulnerabler und weniger vulnerabler Elemente (Abbildung 6) und die räumliche Darstellung dieser Ergebnisse im GIS (Abbildung 7). Auch Aussagen zu Flächenanteilen und vulne-

Abbildung 7: Ergebnisbeispiele der Modellregion Stuttgart (Räumliche Verteilung vulnerabler Biotope)



„Die obere Karte zeigt den Anteil der als sehr vulnerabel eingestuftten Biotopfläche an der gesamten Biotopfläche in einer Rasterzelle. Die Kantenlänge einer Rasterzelle beträgt 1500 m. Aufgrund der sehr ungleichmäßigen Verteilung geschützter Biotope wird mit der unteren Karte komplementär die räumliche Biotopdichte visualisiert.“

(Quelle: Weis et al. 2011: 34)

Beispiele für Vulnerabilitätsindikatoren der Modellregion Stuttgart

Tabelle 5: Klimasensitivität von Naturschutz/ Biodiversität

Ausgangsinformation	Messvorschrift/ Klasseinteilung [Anzahl Klassen]	Teilindikatoren		Vulnerabilitätsindikator	Aggregation / Verknüpfungsregeln	Ergebnis
Grund-/ Oberflächenwasserabhängigkeit: Veränderung der Standortverhältnisse	nach Petermann et al. 2007	Klimasensitivität des Standortes	Klimasensitivität des §32-Biotops	Vulnerabilität des §32-Biotops	Teilindikatoren: fünfstufig	Abbildung der Vulnerabilität von Biotopen nach Typ, Anzahl, Flächenanteilen
Qualität der Umgebungslandschaft: Disposition aufgrund Umgebungseinflüssen	Hemerobiegrad ⁵ : anthropogener Einfluss, Ringpuffer 200m bzw. 50m (doppelt gewichtet)				Vulnerabilitätsindikator: siebenstufig	
Risiko eines Neophytenbefalls: Destabilisierung durch Neophyten	Experteneinschätzung der Biotoptypen	Klimasensitivität biotischer Strukturen				
Veränderungen der Biotopqualität: Disposition aufgrund biozönotischer Veränderungen	Für BW: nach Breunig 2002					
Regenerierbarkeit	Für BW: nach Breunig 2002					

(Quelle: eigene Darstellung ISB)

⁵ Grad der menschlichen Beeinflussung auf außermenschliche Natur

Beispiele für Vulnerabilitätsindikatoren der Modellregion Stuttgart

Tabelle 6: Klimasensitivität der ackerbaulichen Nutzung

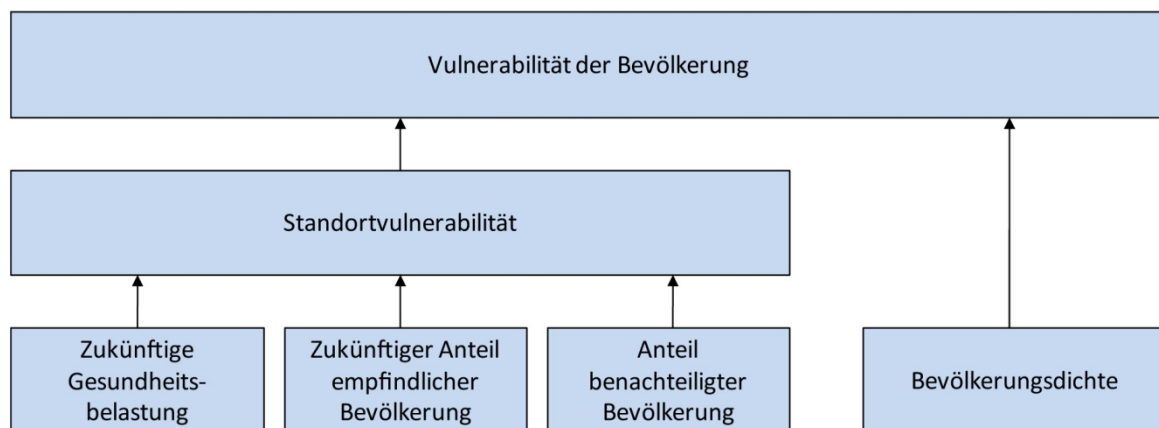
Ausgangsinformation	Messvorschrift [Anzahl Klassen]	Teilindikatoren		Vulnerabilitätsindikator	Aggregation / Verknüpfungsregeln	Ergebnis
Bodenzustandsbericht Region Stuttgart (nach Waldmann 2007)	Mittlerer langjähriger Bodenabtrag [t/ha*a ⁻¹]: Weis et al. 2011: 108; darin: gemessene Mittlere Sommerniederschläge, Bodenerodierbarkeitsfaktor, Hanglänge Hangneigung, Nutzungsart)	Erosionsgefährdung durch Wasser	Erosionsgefährdung des Ackerbodens	Klimasensitivität der ackerbaulichen Nutzung	Teilindikatoren und Vulnerabilitätsindikator: fünfstufig	Kartierung des Status Quo, Szenarien für verringerte Bodenfeuchte.
Digitale Bodenkarte der Region Stuttgart, Automatisierte Liegenschaftskarte Darin: Bodenart des Oberbodens, Humusgehalt, Ökologischer Feuchtegrad, Nutzungsart	Verfahren der AG Bodenkunde (1982); Schmidt in Marks et al. 1992, darin: Erosionswiderstand, Nutzungsart	Erosionsgefährdung durch Wind				Flächengröße pro Sensitivitätsstufe, nach Verwaltungseinheiten,
Mittlere Anzahl der Hitzetage (Tagesmaximum bei mind. 30°C) 1971-2000	1000m Raster	Hitzegefährdung der Feldfrüchte	Gefahr einer Schädigung der Kulturpflanzen			Karten zur räumliche Verteilung sensibler Nutzungen, nach Teillandschaften
Bodenkundliche Feuchtestufe	DIN 19686 E, AG Bodenkunde	Trockenstressgefährdung des Standortes				

(Quelle: eigene Darstellung ISB)

In der AG Gesundheit wurde in einem ersten Schritt aus Expertensicht die Betroffenheit der Region Stuttgart durch gesundheitliche Wirkungen des Klimawandels eingeschätzt. Thematisiert wurden dabei die Wirkungspfade Wärme/ Hitze, Gebäudeklima, UV-Strahlung, Oberflächenwasser und Niederschläge, Sturm, Hangrutschung und Extremereignisse hinsichtlich Belastungen der Gesundheitsversorgung und psychischer Folgen in der Bevölkerung. Im Ergebnis wurde lediglich das Thema Wärme /Hitze mit den Wirkungen Hitzeschlag, Hitzekollaps, Hitzeerschöpfung sowie Einbußen von Wohlbefinden und Arbeitsleistung als hinreichend relevant und räumlich differenzierbar identifiziert.

Auf diesem Arbeitsstand aufbauend wurde dann nach dem zuvor beschriebenen Muster ein konzeptionelles Modell für die Vulnerabilität der Bevölkerung gegenüber Hitzewirkungen entwickelt, dessen Grundstruktur in Abbildung 8 dargestellt ist.

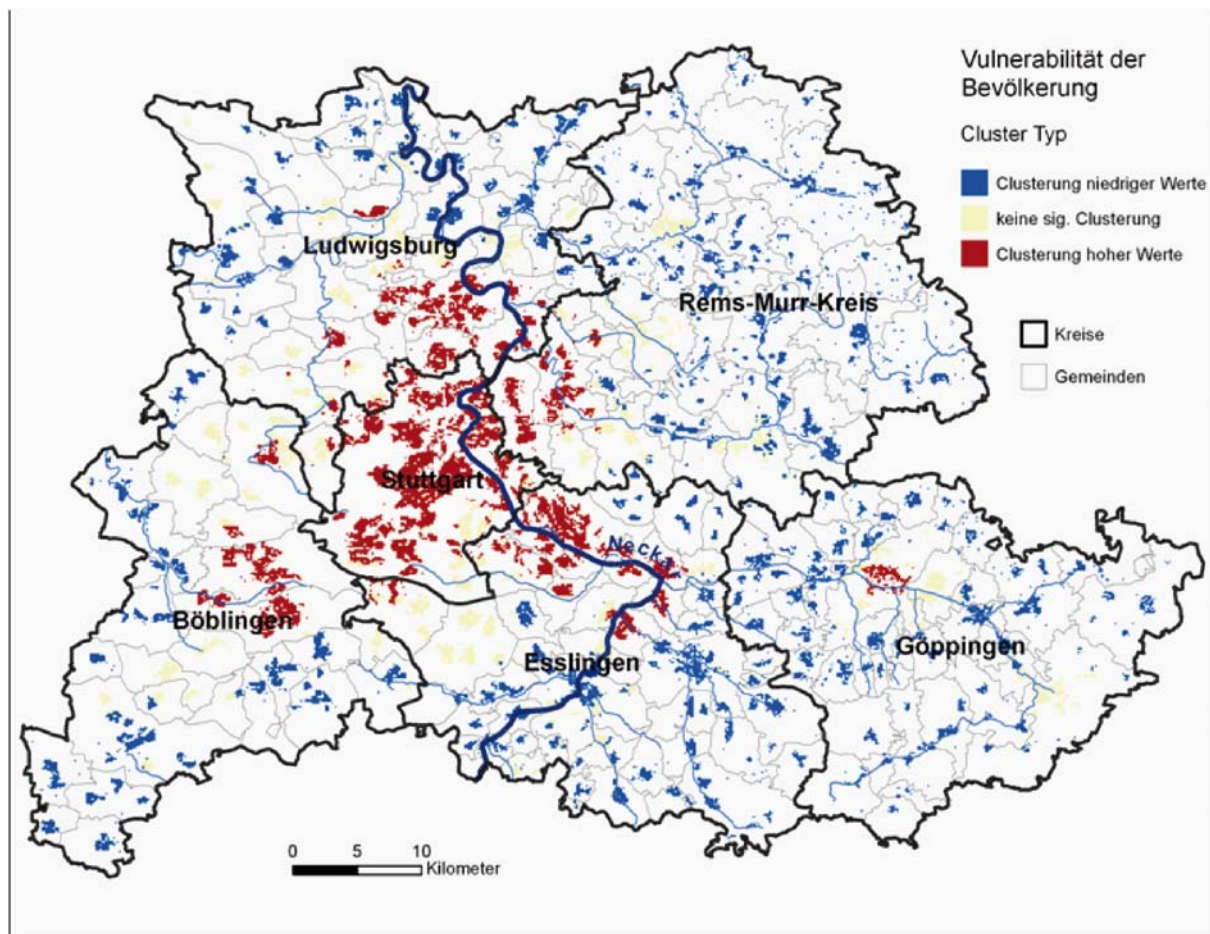
Abbildung 8: Übersicht über die Struktur der Vulnerabilitätsbewertung der AG Gesundheit der Modellregion Stuttgart



(Quelle: Weis et al. 2011: 91)

Die konkrete Ausarbeitung der Vulnerabilitätsanalyse erfolgte in diesem Fall im Rahmen einer Diplomarbeit, wobei eine Vielzahl von Ausgangsinformationen (ca. 20 Datensätze) über sechs Aggregationsschritte zusammengeführt wurden. Dabei kamen unterschiedliche Verknüpfungsmethoden zum Einsatz, etwa die Multiplikation (z.B. der Standortvulnerabilität mit der Bevölkerung in einem Gebiet), die „Und-Verknüpfung“ über eine Bewertungsmatrix, die „Oder-Verknüpfung“ über Addition sowie das „Pareto-Ranking“ (Minnich 2010: 56ff). Die Daten wurden im GIS aufbereitet (Abbildung 9). Zusammenfassend ist festzustellen, dass über diesen Ansatz wichtige Erkenntnisse zur Lokalisierung gesundheitlicher Vulnerabilität bei Hitzewellen gewonnen werden können. Er ist in der konkreten Umsetzung allerdings äußerst komplex und verlangt umfangreiches methodisches und technisches Wissen. Insbesondere die Aufbereitung der Datengrundlagen wird als sehr zeitaufwendig beschrieben. Zudem ist die Verwendung so unterschiedlicher Daten mit recht umfangreichen Kompromissen verbunden, die die Zuverlässigkeit der Ergebnisse begrenzen. Dies betrifft etwa die Vollständigkeit von Datengrundlagen, ihre räumliche Auflösung, oder die Bezugszeiträume der Daten (z.B. Klimaprojektionen 2071-2100 kombiniert mit sozioökonomischen Daten von 2010) (Minnich ebenda: 94f).

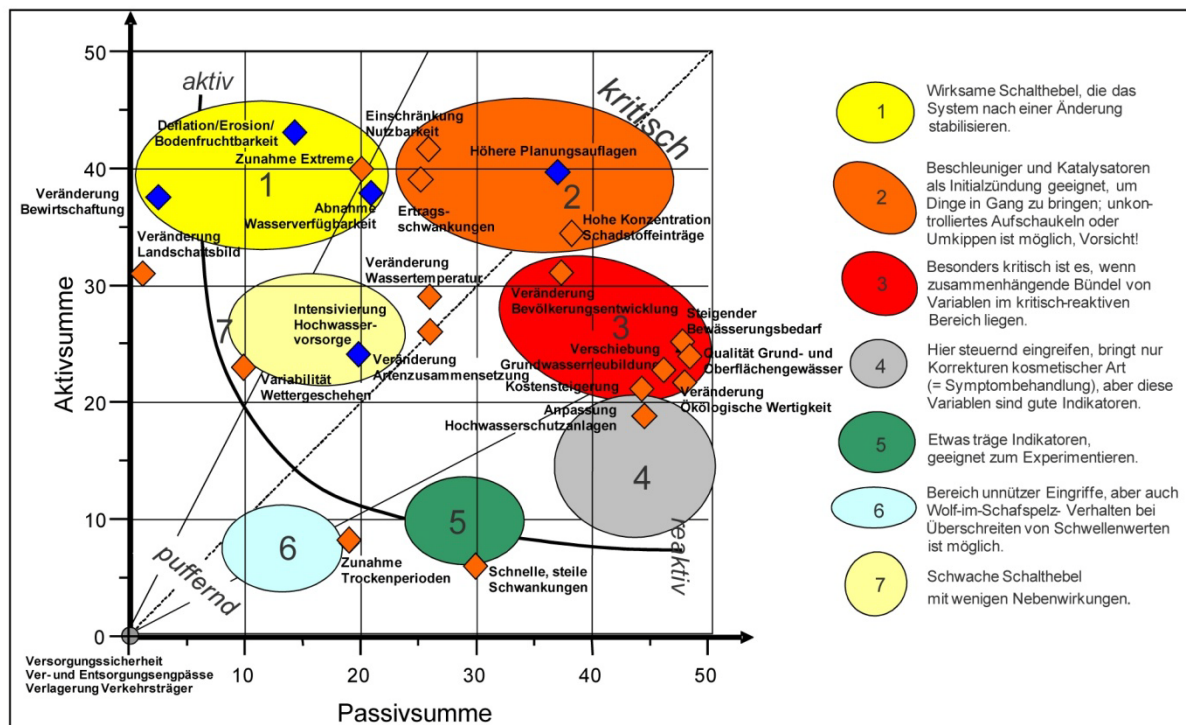
Abbildung 9: Ergebnisbeispiel der Modellregion Stuttgart (Räumliche Verteilung der Bevölkerungsvulnerabilität)



(Quelle: Weis et al. 2011: 34)

Die AG Wasser hingegen verfolgte einen von dem bisher beschriebenen grundlegend abweichenden Ansatz. Sie führte vielmehr eine Systemanalyse durch, die das Ziel hatte, auf der Basis von Experteneinschätzungen die wesentlichen Akteure bzw. Sektoren, Klimastimuli und Auswirkungen zu beurteilen und so die komplexen Vernetzungen und Wechselwirkungen im System „Wasser“ zu beschreiben. Hierzu wurde eine Methode der Sensitivitätsanalyse eingesetzt, die eine Systematisierung und Strukturierung von Expertenmeinungen ermöglicht. Diese definierten zunächst in einem Workshop die wesentlichen Systembestandteile als Variablen und bewerteten anschließend in der sogenannten Einflussmatrix die Wirkungen von Veränderungen jeder einzelnen Variablen auf jede andere Variable (Abbildung 10). Über Einflussindizes (Aktiv- und Passivsumme) konnten die Variablen dann in einem Koordinatensystem abgebildet werden, was eine Interpretation der Rolle einer Variablen im Gesamtgefüge des Systems ermöglicht. Daraus können anschließend Ansatzpunkte für Maßnahmen entwickelt werden.

Abbildung 10: Analyse des Systems Klimawandel und Wasser der AG Wasser in der Modellregion Stuttgart



(Quelle: Weis et al. 2011: 84)

3. Welche Erkenntnisse lassen sich aus der Analyse gewinnen?

Die Modellregion Stuttgart hat mit ihren Ansätzen zur Vulnerabilitätsanalyse eine umfangreiche Informationsgrundlage geschaffen, auf der sie in der Folge Planungs- und Kommunikationsprozesse fundiert fortführen kann. Als Hauptzielgruppen können genannt werden:

- die Fachplanungen mit ihren spezifischen raumbezogenen Fragestellungen
- die Kommunen im Bereich der Stadtentwicklung und Bauleitplanung, die die Ergebnisse der Vulnerabilitätsanalyse z.T. bereits verwenden,
- aber auch andere Zielgruppen wie das Gesundheitswesen und Industriebetriebe, die sich künftig möglicherweise mit Fragen der Anpassung an den Klimawandel an unterschiedlichen Standorten befassen möchten und auf diese Informationen zurückgreifen können.

Darüber hinaus werden sie auch beim Verband Region Stuttgart selbst verwendet, etwa für mögliche Teilfortschreibungen des Regionalplans.

Die Übertragbarkeit der Methode in andere Regionen ist vom Grundsatz her gegeben. Insbesondere der akteursorientierte Ansatz kann sich positiv auf die Akzeptanz der Ergebnisse in einer Region auswirken. Der Verzicht auf aufwendige Analysen von Klimamodellen und ihrer Aussagefähigkeit für das verhältnismäßig kleine Gebiet einer Planungsregion sowie die Organisation und Begutachtung aller verfügbaren Daten hinsichtlich ihres potenziellen Aussagegehaltes zur Vulnerabilität nach dem Vorbild des KISS können wertvolle Ansatzpunkte zur Begrenzung des Zeit- und Ressourcenaufwandes darstellen.

Die einzelnen Vulnerabilitätsindikatoren sind das Ergebnis des Erarbeitungsprozesses in den drei Arbeitsgruppen. Sie spiegeln die dort vorhandene Expertise vor dem Hintergrund der konkreten regionalen Eigenschaften des Modellraumes wider und sind somit nicht ohne weiteres übertragbar. Hinzu kommt, dass sie einen zum Teil sehr hohen technischen und personellen Aufwand erfordern, der in der Regel nicht ohne externe Mittel, wie sie durch das KlimaMORO bereitgestellt wurden, durch eine regionale Planungsstelle leistbar ist.

Kiwitt, Leitender Technischer Direktor, Verband Region Stuttgart

„Der Umgang mit den Auswirkungen des Klimawandels genießt auf der politischen Agenda der direkt gewählten Regionalversammlung des Verbands Region Stuttgart eine hohe Priorität. Das Modellvorhaben konnte daher auf verschiedenen Grundlagenarbeiten aufbauen und zudem in die regionale Energie- und Klimaschutzstrategie eingebunden werden, die raumrelevante Aspekte der Energieversorgung, des Klimaschutzes und der Klimaanpassung umfasst.

Im Rahmen der konkreten Projektarbeit ging es darum, die Empfindlichkeiten verschiedener Raumnutzungen und Raumfunktionen im Rahmen einer flächendeckenden Vulnerabilitätsanalyse herauszuarbeiten und dabei auch konkrete Handlungserfordernisse darzulegen. Durch die frühzeitige Einbindung zahlreicher Fachexperten im Rahmen eines regionalen Klimanetzwerkes konnten sowohl die Analyse wie auch die aufgezeigten Handlungsoptionen sehr konkret an die regionalen Gegebenheiten und Erfordernisse angepasst werden.

Alle relevanten Ergebnisse werden dabei im neu entwickelten „Regionalen Klimainformationssystem Region Stuttgart (KISS)“ den Gemeinden in der Region wie auch sonstigen externen Akteuren zur Verfügung gestellt. Von besonderer Bedeutung ist dabei das konzeptionelle wie prozedurale Zusammenwirken von lokaler und regionaler Ebene, was in der Zusammenarbeit mit den Städten Esslingen und Ludwigsburg beispielgebend aufgezeigt werden konnte.

Die vorliegende Datenbasis wird weiterhin aktuell gehalten, wobei auch außerhalb des MORO-Prozesses regelmäßige Treffen des Expertennetzwerkes stattfinden sollen. Vorgesehen ist zudem eine Vertiefung der Aspekte Wasserversorgung und Hochwasservorsorge. Zudem sollen im Rahmen eines internationalen Forschungsvorhabens Maßnahmen zur Klimaanpassung öffentlicher urbaner Räume exemplarisch umgesetzt und bewertet werden.

Alle Maßnahmen werden dabei auch weiterhin in regionale Energie- und Klimaschutzstrategie eingebunden sein. Sie stehen damit in einem abgestimmten Zusammenhang mit verbindlichen regionalplanerischen Vorgaben (etwa der Ausweisung neuer Standorte für Windkraftanlagen) einerseits und verschiedenen Maßnahmen und Modellprojekten, wie etwa dem laufenden Programm zur Förderung einer nachhaltigen Mobilität in der Region Stuttgart.

Die Ergebnisse der Vulnerabilitätsanalysen bildeten die Grundlage für die Entwicklung von strategischen Handlungsansätzen und Handlungsempfehlungen für eine effektive Klimafolgenanpassung. Sie offenbaren zahlreiche Handlungsherausforderungen und präzisieren diese in räumlicher Hinsicht. Den Akteuren der Raumordnung, Bauleitplanung und Fachplanung bieten sich somit fundierte Grundlagen für planerische Maßnahmen. Teilergebnisse werden derzeit in Demonstrativvorhaben in Partnerkommunen im Rahmen der Flächennutzungsplanung und der Platzgestaltung eingesetzt.“

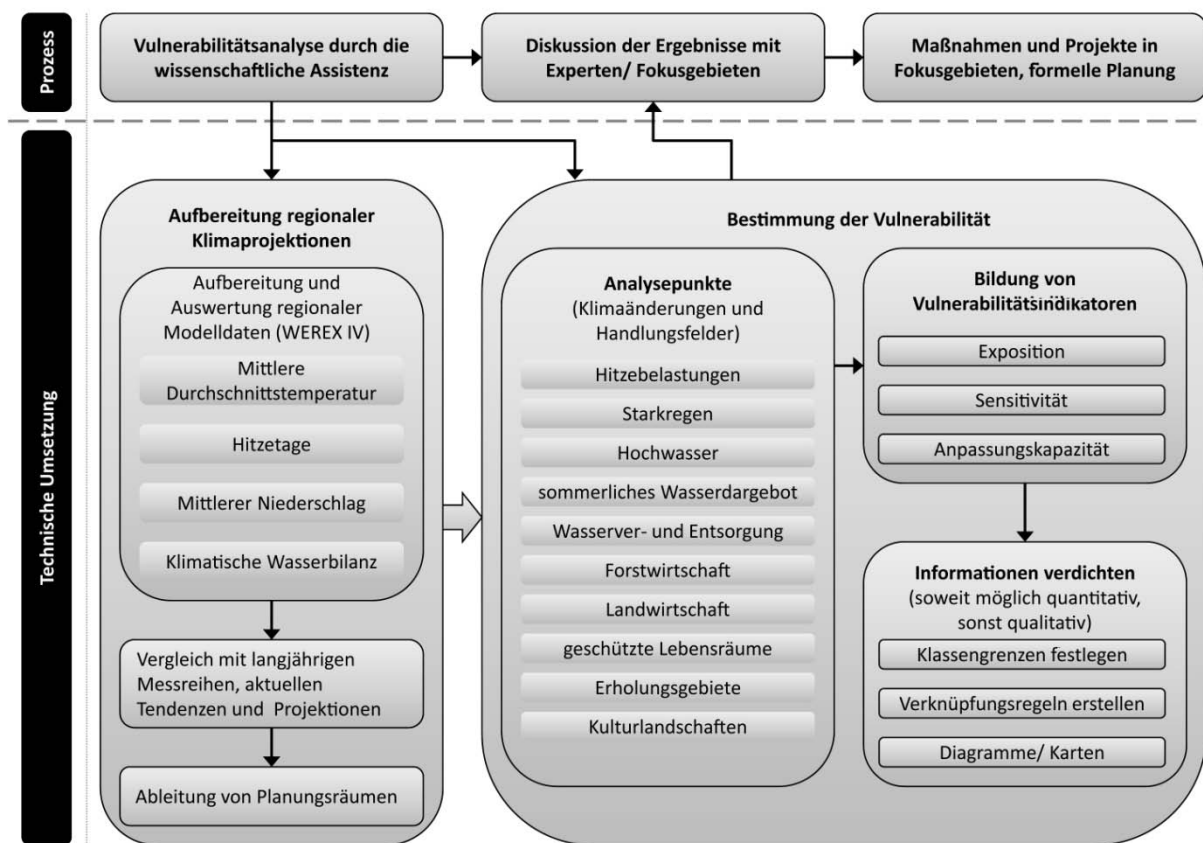
2.3 Westsachsen

Der methodische Ansatz einer Vulnerabilitätsanalyse der Modellregion Westsachsen geht von den durch Klimamodelle erhärteten Vermutungen zu Wirkfolgen des Klimawandels aus. Diese sind Ausgangspunkt einer naturräumlichen Untergliederung der Planungsregion und Informationsbasis für die weitergehende Analyse von Sensitivitäten und Anpassungskapazitäten potenziell betroffener Raumfunktionen und Nutzungen. Die Modellregion Westsachsen konnte bei der Erarbeitung der Vulnerabilitätsanalyse auf die wissenschaftliche Expertise der TU Dresden, Lehr- und Forschungsgebiet Landschaftsplanung zurückgreifen, das die regionale Forschungsassistenz in der Modellregion wahrnahm.

1. Wie wurde der Prozess gestaltet, in dem die Vulnerabilitätsanalyse angefertigt wurde?

In der Modellregion Westsachsen erfolgte die wissenschaftliche Ausarbeitung der Vulnerabilitätsanalyse einer ersten Projektphase durch die regionale Forschungsassistenz (Abbildung 11). Die detaillierte Analyse der Exposition, d.h. der regionalen Differenzierung der zu erwartenden klimatischen Veränderungen, sowie der Sensitivität, d.h. der regionalen Differenzierung der Anfälligkeit von Raumfunktionen und Nutzungen, münden dabei in einer Abgrenzung von Räumen hoher potenzieller Vulnerabilität in der Region.

Abbildung 11: Ablaufschema der Vulnerabilitätsanalyse der Modellregion Westsachsen



(Quelle: eigene Darstellung ISB)

Tabelle 7: Klima-Analyse Region Westsachsen

Vergleich langjähriger Messreihen, aktueller Tendenzen und Klimaprojektionen

- Mittlere Durchschnittstemperatur
- Hitzetage
- Mittlerer Niederschlag
- Klimatische Wasserbilanz

(Quelle: Schmidt et al. 2011: 25ff)

Das relativ breite Untersuchungsspektrum der Vulnerabilitätsanalyse ergibt sich dabei einerseits aus den modellierten, planungsrelevanten Wirkfolgen des Klimawandels (Hitze, Starkregen, Hochwasser verringertes sommerliches Wasserdargebot), aus der Perspektive der Raumnutzungen (Wasserver- und Entsorgung, Forstwirtschaft, Landwirtschaft, Naturschutz, Erholung) sowie aus der Perspektive der Kulturlandschaft.

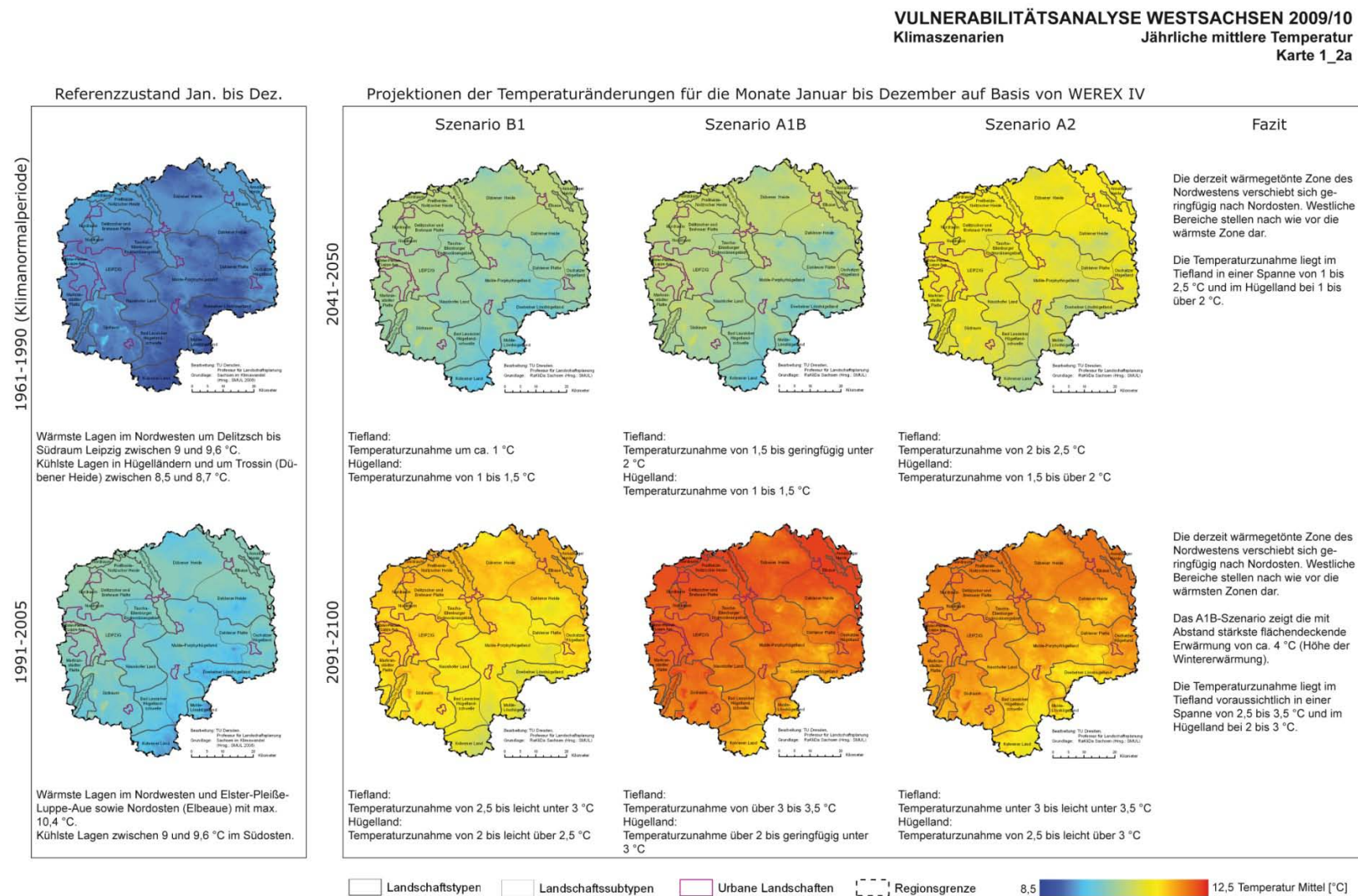
Auf Grundlage dieser Analysen wurde in einer zweiten Projektphase ein Governance-Prozess initiiert. In dieser Phase wurde zusammen mit einer regionalen Expertenrunde die Aufstellung eines integrierten Handlungskonzeptes zur Bewältigung der Folgen des Klimawandels für die gesamte Planungsregion vorangetrieben und zugleich Fokusgebiete im Sinne von regional bedeutsamen Handlungsräumen abgegrenzt. In den Fokusgebieten wurde in der anschließenden dritten Phase der Governance-Prozess fortgesetzt, indem mit Akteuren aus bestehenden, teilträumlichen Netzwerken der regional bedeutsamen Handlungsräume mögliche Strategien erörtert und konkrete Lösungsansätze erarbeitet wurden. Durch die Bildung strategischer Allianzen konnten dabei bereits in der Laufzeit des KlimaMORO Schlüsselprojekte initiiert und mit der Umsetzung begonnen werden (Regionaler Planungsverband Leipzig-West Sachsen 2011: 11).

2. Welche Bausteine hat die Vulnerabilitätsanalyse?

Die Modellregion Westsachsen geht bei ihrer Methode der Vulnerabilitätsanalyse von den Veränderungen der wesentlichen Klimaparameter aus, die durch regionalisierte Klimamodelle errechnet werden. Sie konnte hierfür auf einen Rasterklimadatensatz (WEREX IV) zurückgreifen, der vom Land Sachsen über eine Internet-Datenbank bereitgestellt wird.

Somit wurden in einem ersten Schritt die mittlere Lufttemperatur, Niederschlagswerte und klimatische Wasserbilanz für drei Szenariovarianten (B1, A1B, A2) und zwei Projektionszeiträume (2041-2050 und 2091-2100) in den zeitlichen Auflösungen monatlich (später zusammengefasst zu vier Jahreszeiten und 2 Vegetationsperioden) und jährlich ausgewählt. Die aufbereiteten Daten wurden jeweils ins Verhältnis zur Klimanormalperiode 1961-1990 gesetzt.

Abbildung 12: Vulnerabilitätsanalyse Westsachsen 2009/10 Klimaszenarien Jährliche mittlere Temperatur Karte 1_2a



(Quelle: Schmidt
et al. 2011)

Die Ergebnisse wurden in übersichtlichen Schaubildern zusammengefasst (Abbildung 12). Extremwerte, wie Hitzetage und Sturm/Windspitzen konnten in diesem Zusammenhang nicht verarbeitet werden, hier wurde auf andere Quellen (Potsdam Institut für Klimafolgenbewertung (PIK), DWD) zurückgegriffen. Anschließend wurden die Ergebnisse vor dem Hintergrund der naturräumlichen Eigenschaften der Planungsregion reflektiert und die Region so in vier Klimawandel-Planungsräume unterteilt: Hügelland, Übergangsklima, Tiefland, nördliche Tieflagen.

Das Prinzip der Vulnerabilitätsanalyse der Modellregion Westsachsen besteht aus der Zusammenführung von relevanten Daten zu Exposition, Sensitivität und Anpassungskapazität, um eine möglichst Objektive Aussage zur räumlichen Verteilung von Vulnerabilität in der Planungsregion zu treffen. Diese Zusammenführung von Daten und Informationen wird soweit möglich im GIS vorgenommen, so dass entsprechende Karten entstehen. Der Planungsverband Leipzig-Westsachsen und das Land Sachsen verfügen hierfür über eine sehr gute Basis an Umweltdaten, die für das Projekt zur Verfügung standen.

Die Analyseansätze in den einzelnen Themenfeldern der Vulnerabilitätsanalyse in der Modellregion Westsachsen sind in Tabelle 8 in ihren Grundzügen aufgeführt. Der entscheidende Arbeitsschritt ist dabei jeweils die Erarbeitung einer Verschneidungsmatrix zur Aggregation der einzelnen Datengrundlagen und zur Bildung von drei Verwundbarkeitsklassen (hoch, mittel, gering). Hierzu werden jeweils entsprechende Klassierungsansätze aus der Fachliteratur eingebracht (Beispiele hierzu in Tabelle 9 und Tabelle 10). Im Ergebnis entstehen auf diese Weise meist eine oder mehrere thematische Karten, deren Entstehung und Interpretation in den jeweiligen Kapiteln der Veröffentlichung zur Vulnerabilitätsanalyse ausführlich erläutert wird.

Tabelle 8: Ansatzpunkte der Vulnerabilitätsanalyse der Modellregion Westsachsen

Analyse-gegenstand	Exposition	Schutzziel	Sensitivität	Anpassungskapazität	Ergebnis
Vulnerabilität gegenüber Hitzebelastungen	Veränderung der Hitzetage	Schutz der menschlichen Gesundheit	<u>Gesamtregion</u> • naturräumlich bedingt: Relief (Niederungsbereiche, wenig durchlüftete Bereiche) • nutzungsbedingt: Landnutzung		Karte zur Vulnerabilität gegenüber Hitzebelastungen in der gesamten Region Westsachsen (als Vorstufe zur Auswahl von Handlungsschwerpunkten)
			<u>Handlungsschwerpunkt: Städte über 20 000 Einwohner</u> • nutzungsbedingt: Versiegelungsgrad • demographisch bedingt: sensitive Altersgruppen (Senioren und Kinder), Einrichtungen für diese Altersgruppen	• Verminderungskapazität: „Oaseneffekt“ von Grünflächen, Einfluss von Kalt- und Frischluftabflussbahnen • Ausweichkapazität: Möglichkeit des Ausweichens auf weniger überhitzte Gebiete	Karten zum Risiko von gesundheitlichen Beeinträchtigungen durch Hitzeperioden und Handlungspotenzialen
Vulnerabilität gegenüber Starkregen	Erhöhung der Tage mit Starkregenereignissen	Schutz von Ackerflächen	• nutzungsbedingt: Landnutzungen, Versiegelungsgrad: Wassererosionsdisposition	• Verminderungskapazität: des Schadpotentials durch erosionsmindernde Anbauarten, angepasste Landnutzung	Karte zur Vulnerabilität von Ackerflächen gegenüber Wassererosion
		Schutz von Siedlungs-, Infrastruktur- und Landschaftsbestandteilen vor Folgeschäden durch Starkregenniederschläge	• naturräumlich bedingt: natürliches Retentionsvermögens durch Boden, Relief und Grundwasserflurabstände		Karte zum Retentionsvermögen in der Region Westsachsen unter Berücksichtigung der Landnutzung

Analyse-gegenstand	Exposition	Schutzziel	Sensitivität	Anpassungskapazität	Ergebnis
Vulnerabilität gegenüber Hochwasser	aktuelle und potentielle Überschwemmungsgebiete bzw. Auen: Überschwemmungstiefe und spezifischer Abfluss	Schutz von Siedlungs-Infrastrukturbestandteilen vor Folgeschäden durch Flusshochwasser	•sozioökonomisch bedingt: Siedlungen, Infrastrukturen und sensitive Nutzungen	•Verminderungskapazität: •des Schadpotentials durch Minderung des Konfliktpotentials	Karten zu Einzelrisiken und Konzentrationsbereiche mit sozioökonomischer Vulnerabilität und Konfliktpotentialen
Vulnerabilität gegenüber einer Verringerung des sommerlichen Wasserdargebots	Veränderung der klimatischen Wasserbilanz in den Prognose-Zeiträumen 2041-2050 und 2091-2100		•naturräumlich bedingt: Fließgewässerabfluss, Böden und •Standgewässereigenschaften (Tiefe) •nutzungsbedingt: wasserzehrenden Nutzungen	•Verminderungskapazität: angepasste Land- und Wassernutzung	Karten zu Risiken von Schäden durch Trockenperioden (Fließgewässer und Standgewässer)
Vulnerabilität der Wasserver- und Entsorgung gegenüber Klimaveränderungen	keine flächendeckenden Bewertungen für die Region, sondern Diskussion der Themen in zwei Fachgesprächen "Wasserver- und Entsorgung"				Beschreibung der Vulnerabilität, wesentlicher Anforderungen und Anpassungsmöglichkeiten
Vulnerabilität von Erholungsgebieten gegenüber Klimaveränderungen (Naturschutz)	Überwärmung dicht besiedelter Räume (Hitzetage), Verringerung des Wasserdargebotes in Erholungsgebieten (klimatische Wasserbilanz)	Erhalt der Erholungseignung entsprechend frequentierter Bereichen	•erholungsbedingt: aktueller und zukünftiger Erholungsdruck •nutzungsbedingt: Sensitivität erholungsrelevanter Wälder und deren physische und bioklimatische Wirkung	•Verminderungskapazität: Waldumbau/ Waldbaustrategien	Karte zur Vulnerabilität erholungsbedeutsamer Räume
Vulnerabilität grundwasserabhängiger Lebensräume und geschützter Arten gegenüber Klimaveränderungen (Naturschutz)	zunehmende negativen Wasserbilanz bzw. Phasen mit Trockenheit	Erhalt von typischen Lebensräumen und Arten	•naturräumlich bedingt: Sensitivität grundwasserabhängiger Biotoptypen und feuchtabhängiger und kühlstenotherme Arten in FFH-Gebieten	•Verminderungskapazität: Verminderung des grundwasserzehrende Nutzungen wie Trink- und Brauchwasserentnahmen	Karte zur Sensitivität grundwasserabhängiger Biotope und FFH-Gebiete, in denen sensitive Arten gemeinschaftlichen Interesses vorkommen

Analyse-gegenstand	Exposition	Schutzziel	Sensitivität	Anpassungskapazität	Ergebnis
Vulnerabilität der Forstwirtschaft gegenüber Klimaveränderungen	zunehmende negative Wasserbilanz bzw. Wahrscheinlichkeit von Trockenphasen und Stürmen	Erhalt der Nutz-, Schutz- und Erholungsfunktionen der Wälder	•vegetationsbedingt: aktuelle Hauptbaumart und Sensitivität gegenüber Trockenheit, Waldbrand, Insektenbefall, Sturmwurf und Spätfrost •standörtlich bedingt: Wasserspeichervermögen des Bodens, •Grundwasserflurabstand und Reliefs	•Verminderungskapazität: Waldumbau mit geeigneten Baumarten	Karten zur Vulnerabilität von waldbaulich genutzten Standorten gegenüber Trockenphasen, zu vulnerablen Standorten in Bezug auf die Ausbildung von Trockenwäldern, zur Vulnerabilität der Wälder gegenüber Trockenphasen anhand der Hauptbaumarten (Fichte, Buche), zur Vulnerabilität von Wäldern gegenüber Schädlingsbefall und Sturmwurfgefahr, zur Vulnerabilität der Wälder gegenüber Waldbrand und zur Gesamtvulnerabilität der Wälder Westsachsens
Vulnerabilität der Landwirtschaft gegenüber Klimaveränderungen	Verringerung des Wasserdargebots und einer Zunahme von Starkregenereignissen	Erhalt der Bodenfruchtbarkeit und Verhinderung kumulativer Wirkungen mit Schädigung des Naturhaushalts	•naturräumlich bedingt: wassererosionsgefährdete und austrocknungsgefährdeter Böden •nutzungsbedingt: besonders wasserzehrende Fruchtarten	•Verminderungskapazität: angepasste Landnutzung und bodenschonende Bearbeitung	Karten zur Vulnerabilität landwirtschaftlicher Böden gegenüber Austrocknung und zur Vulnerabilität landwirtschaftlich genutzter Flächen

(Quelle: eigene Darstellung ISB)

Tabelle 9: Beispiele für Vulnerabilitätsindikatoren der Modellregion: Hitzebelastungen, Vorstufe für die Gesamtregion Westsachsen

Komponente	Ausgangsinformation	Messvorschrift [Anzahl Klassen]	Indikator	Aggregation	Ergebnis
Wirkfolge, Exposition	Erhöhung der Anzahl der Hitzetage	Anzahl zusätzlicher Hitzetage (>30°C) in einem Prognosezeitraum	Betroffenheit (Risiko) besonderer Hitzebelastungen	Verschneidungsmatrix, 4 Klassen, zzgl. Oaseneffekte (ohne Berücksichtigung der Erreichbarkeit) Direkte Umsetzung im GIS	Vorstufe der Analyse für die Gesamtregion: Auswahl von Vertiefungsbereichen (insbes. Stadtgebiete)
Sensitivität	Versiegelungsgrad	Versiegelungsgrad von Landnutzungstypen (nach Moismann (1999) und BTLNK 2005)			
Anpassungskapazität	Kalt- und Frischluftabflussbahnen Oaseneffekte	Biotop- und Landnutzungskartierung (BTLNK) Wasser- und Gehölzflächen >3 ha, zzgl. Oaseneffekt 100m			

(Quelle: eigene Darstellung ISB)

Tabelle 10: Beispiele für Vulnerabilitätsindikatoren der Modellregion: 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				Abbildung vulnerabler Bereiche in Siedlungsgebieten sowie relevanter Minderungsbereiche
Sensitivität	Bevölkerungsprognose	Anteil der Bevölkerung unter sechs und über 65 Jahre	Demografische Sensitivität	Vulnerabilität urbaner Räume gegenüber Hitze	Verknüpfungsmatrix mit 3 Vulnerabilitätsklassen Direkte Umsetzung im GIS	
	Dichte von Einrichtungen	Dichte sozialer Einrichtungen (Krankenhäuser und Kliniken, KiTas, Alteinrichtungen), relative Dichtewerte (Standorte/km2)				
Sensitivität	Versiegelungsgrad	Versiegelungsgrad von Landnutzungstypen (nach Moismann (1999) und BTLNK 2005)	nutzungsbedingte Sensitivität (inkl. Oaseneffekt)			
Anpassungskapazität	Verminderungskapazität durch klimaökologische Komfortinseln	Wasserflächen und vielfältig strukturierte Vegetationsflächen mit mind. 3 ha Fläche und 50m Durchmesser, differenzierter Mindestabstand zu Straßen (400/100m), nach Typ differenzierte Ausstrahlungseffekte (400/200m)				
	Ausweichkapazität	Siedlungsflächen mit waldartigem Baumbestand (500m zu Wohnbestand, mind. 3ha Größe) 30 Minuten Naherholungszone				

(Quelle: eigene Darstellung ISB)

3. Welche Erkenntnisse lassen sich aus der Analyse gewinnen?

Die Ergebnisse der Vulnerabilitätsanalyse setzte die Modellregion Westsachsen für den Dialog in den unterschiedlichen Akteursnetzwerken ein. Der Bericht zur Vulnerabilitätsanalyse enthält bereits umfangreiche Dokumentationen von Zwischenergebnissen dieser weiteren Arbeitsschritte. So wurden beispielsweise mit dem Forst, mit der Wasserwirtschaft und in mehreren Fokus-Gebieten intensive Fachdialoge geführt. In einem Kapitel zur Vulnerabilität der Kulturlandschaft werden zusätzlich teilträumliche Leitbilder der Region Leipzig-Westsachsen analysiert. Ergänzende Gutachten und Expertisen (u. A. zur CO₂-Effizienz der Raum- und Siedlungsstruktur) sowie studentische Arbeiten zu weiteren Themen runden den Untersuchungsumfang der Vulnerabilitätsanalyse ab.

Die Methode wird bereits auf weitere Planungsregionen Sachsens (Oberes Elbtal / Osterzgebirge, Niederlausitz) übertragen. Sie ist sehr stark landschaftsbezogen und durch den angesprochenen umfassenden Ansatz sehr aufwendig. Zudem kann wohl nur in wenigen Planungsregionen von einer vergleichbar guten Datengelage ausgegangen werden. Dennoch enthält sie viele übertragbare inhaltliche und methodische Ansätze, die auch in anderen Planungsregionen umsetzbar sein dürften. Sie ist auf den Internetseiten des regionalen Planungsverbandes Leipzig-Westsachsen umfassend dokumentiert (www.rpv-west-sachsen.de).

Katrin Klama, Regionaler Planungsverband Westsachsen:

„Die Vorgehensweise der Region Leipzig-Westsachsen hat sich bewährt. Der Planungsverband und die Forschungsassistenten konnten angesichts der Aufgabenstellung, der angestrebten Ergebnisse und der verfügbaren Daten den Untersuchungsumfang leicht eingrenzen.

Die vorangehende Zusammenstellung der Klimaänderungen auf Basis von Klimamodellen ist notwendig, um die Auswahl räumlicher Schwerpunkte für Detailuntersuchungen und Umsetzungsprojekte zu begründen. Es kommen allerdings einige positive Rahmenbedingungen zusammen, die es der Modellregion erleichtert haben, die Vulnerabilitätsabschätzungen vorzunehmen.

Zunächst ist der verfügbare Daten- und Informationsbestand in Sachsen aufgrund der Koppelung der Regionalplanung mit der Landschaftsrahmenplanung optimal. Es konnte in vielen Einzelfragen auf vorliegenden Studien und das Expertenwissen der Beteiligten (Forschungsassistenten, Planungsverband, Fachbehörden) zurückgegriffen werden, z.B. bei der Beschreibung der einzelnen Vulnerabilitätskomponenten oder der Definition von Bewertungsstufen. Die Methode ähnelt in ihren Grundzügen der Ökologischen Risikoanalyse und ist somit erprobt und bewährt.

Die Ergebnisse sind in der Politik und in den Fokusgebieten überwiegend positiv aufgenommen worden. Konkrete Vorschläge für Ziele und Grundsätze der Raumordnung enthält eine Broschüre, die zur 4. KlimaMORO-Konferenz erscheint. Die Übernahme der Ergebnisse erfolgt im Rahmen der Fortschreibung des Regionalplans.

Informellen Projekte und Maßnahmen wurden in den Fokus-Gebieten zum Teil mit, zum Teil ohne direkte oder maßgebliche Beteiligung der Regionalplanung angestoßen. Sie sind in Informationsblättern und Steckbriefen zu den Fokusgebieten dokumentiert, die ebenfalls im Vulnerabilitätsbericht enthalten sind.“

2.4 Zwischenfazit

In der Gesamtschau decken die drei hier vorgestellten Modellvorhaben eine recht große inhaltliche Bandbreite ab. So werden alle wesentlichen Klimafaktoren und alle wesentlichen für die Regionalplanung bedeutsamen Raumfunktionen und Nutzungen behandelt. Dabei ist die methodische und inhaltliche Tiefe zwischen den Regionen, z.T. aber auch innerhalb einer Studie teilweise sehr unterschiedlich. Tabelle 11 stellt diesen Befund noch einmal im Überblick dar.

Tabelle 11: Inhaltlicher und methodischer Umfang der Vulnerabilitätsanalysen in den Modellregionen Vorpommern, Stuttgart und Westsachsen

Merkmal	Vorpommern	Stuttgart	Westsachsen
Verwendung von Prognosedaten / Modellprojektionen für Klimafaktoren	DWD-Rasterdaten, angepasst mit mittleren Änderungsraten aus dem regionalen Klimaatlas	Nicht als eigener Analyseschritt, in Analyse integriert, soweit für die Abschätzung der Exposition erforderlich	Aus landeseigenem Regionalmodell (WEREX IV) und aus anderen Quellen zur Abgrenzung von Teilregionen
Betrachtete Klimaparameter	• Temperatur (Mittel, Jahreszeiten, Sommertage, heiße Tage, Eistage, tropische Nächte) • Niederschlag (Mittel, Jahreszeiten, Anzahl Tage, Schnee)	• Temperatur (Hitze, • Niederschlag (Starkniederschlag)	• Lufttemperatur (Mittel, Hitzetage) • Niederschlag (Mittel) • Pot. Verdunstung • Klimatische Wasserbilanz
Betrachtete Wirkfolgen (WF)	• Meeresspiegelanstieg • Reichweite von Sturmflut • Stabilität von Steilküsten • Trinkwasserverknappung • Potenziale Erneuerbarer Energien	- Wirkfolgen des Klimawandels auf • Standortverhältnisse für Naturschutzgebiete • Waldstruktur, Sturmschadenrisiken • Ackerbauliche Nutzung • Wasserwirtschaft: u.a. Abhängigkeit zwischen Planung, Landwirtschaft, Gewässerökologie, Ver- und Entsorgung • Bevölkerung, insbes. Gesundheit / Hitze	- Wirkfolgen aus • Hitzebelastungen auf Bevölkerung • Starkregen auf Bodenerosion, Retentionsvermögen und Landnutzung, • Hochwasserauf Nutzungen und Infrastrukturen • Verringerung des sommerlichen Wasserdargebots auf Gewässer und wasserzehrende Nutzungen,

Merkmal	Vorpommern	Stuttgart	Westsachsen
Betrachtete Handlungsfelder	•Biodiversität, Naturschutz, •Landwirtschaft, Forstwirtschaft, •Wasserwirtschaft, Wasserhaushalt, •Siedlung, Gewerbe, Mobilität, Tourismus	•Naturschutz, Forstwirtschaft, Landwirtschaft •Wasserwirtschaft •Gesundheit	•Wasserver- und Entsorgung •Forstwirtschaft •Landwirtschaft •Naturschutz •Erholung •Kulturlandschaft
Rolle der wissenschaftlichen Assistenz	Technische Unterstützung	Prozessmoderation zur Indikatorenentwicklung, technische Umsetzung	Indikatoren-Entwicklung, technische Umsetzung, Interpretation und Moderation des Diskurses
Datenaufwand (Beschaffung/Verarbeitung)	Mittel	Hoch	Hoch
Zeitaufwand	Mittel	Hoch	Hoch
Erforderliches Fach- und Methodenwissen	Mittel	Hoch	Hoch

(Quelle: eigene Darstellung ISB)

3 Regionale Vulnerabilitätsanalyse: 12 Erfolgsfaktoren

Bislang gibt es keinen allgemein anerkannten Stand der Technik für die Erstellung regionaler Vulnerabilitätsanalysen zur Anpassung an den Klimawandel. Mittelfristiges Ziel des BBSR ist es, hier zu einem gut nutzbaren Baukasten von methodischen Ansätzen zu kommen, der den Planungsregionen über ein Web-Tool zur Verfügung gestellt werden könnte. Die im vorangehenden Kapitel vorgestellten Ansätze von drei KlimaMORO-Modellregionen lassen einige Rückschlüsse darauf zu, welche Bausteine eine solche „Standard-Methode“ haben könnte. Diese Rückschlüsse werden im Folgenden in Form von 12 Empfehlungen vorgestellt und anschließend erläutert. Adressat dieser Thesen ist eine durchschnittliche Planungsregion in Deutschland, d.h. ein regionaler Planungsträger, der über begrenzte personelle und finanzielle Ressourcen verfügt und das Thema regionaler Strategien zum Klimawandel hinsichtlich Vermeidung und Anpassung neben zahlreichen weiteren Fachthemen bearbeiten muss, ohne dafür Sonderbudgets, etwa durch Forschungsprojekte, nutzen zu können.

Tabelle 12: Empfehlungen für eine effektive Durchführung regionaler Vulnerabilitätsanalysen

1. Vulnerabilitätsanalyse als Prozess verstehen
2. Akteure frühzeitig einbinden
3. Analyseumfang frühzeitig eingrenzen
4. Daten organisieren
5. Klimamodelle und Projektionen zur Kenntnis nehmen
6. Exposition, Sensitivität und Anpassungskapazität ermitteln
7. Nachvollziehbare Verknüpfungsregeln konzipieren
8. Analysen nur so komplex wie unbedingt nötig halten
9. Ergebnisse visualisieren
10. Ergebnisse als Diskussionsgrundlage verstehen
11. Fachöffentlichkeit informieren
12. Planerische Ziele entwickeln

3.1 Vulnerabilitätsanalyse als Prozess verstehen

Die Vulnerabilitätsanalyse enthält im Kern methodisch-analytische Elemente, ist aber zugleich auch eine frühe Phase innerhalb eines gesamten regionalen Anpassungsprozesses. Es ist daher sinnvoll, die Vulnerabilitätsanalyse nicht als eine rein wissenschaftlich-objektive Grundlage zu betrachten, die von externen Dienstleistern erbracht wird. Da es zahllose Möglichkeiten gibt, eine Vulnerabilitätsanalyse durchzuführen, gehört zu ihrer Erstellung unbedingt die Formulierung und Definition von Problem- und Zielstellungen, räumlichen und zeitlichen Umfängen und Bezugsgrößen, relevanten Klimastimuli sowie potenziell betroffenen Handlungsfeldern, Schutzgütern und Raumnutzungen. Nach der wissenschaftlich-technischen Durchführung der Vulnerabilitätsanalyse wird der Prozess mit der Auswertung der Ergebnisse, der Entwicklung von Anpassungszielen, Prioritäten und konkreten Maßnahmen fortgesetzt. Entscheidend ist, über den gesamten Verlauf Akteure einzubinden. So entsteht die Basis für eine gemeinsame Interpretation der Vulnerabilität und ein gegenseitiges Verständnis.

3.2 Akteure frühzeitig einbinden

Regional bedeutsame Akteure sollten frühzeitig über die Absicht, eine regionale Anpassungsstrategie zu entwickeln, informiert sein und von Anfang an die Möglichkeit haben, sich konstruktiv in den Prozess einzubringen. Vorteile dieses Vorgehens sind:

- Es kann mit einer allgemein hohen Akzeptanz des Vorhabens gerechnet werden, wenn Ziele und Absichten, die mit der regionalen Anpassungsstrategie verbunden sind, transparent gemacht werden.
- Die im Netzwerk versammelten Expertinnen und Experten können wichtige Hinweise zu Problemlagen und Chancen geben und diese bereits räumlich eingrenzen.
- Die Dialogbereitschaft und Dialogfähigkeit zwischen unterschiedlichen Fachplanungen und Raumplanung wird erhöht. Es bestehen gute Chancen, im interdisziplinären Dialog gemeinsame Schnittstellen zu definieren und Lösungen für sektoral wahrgenommene Probleme zu finden. Es können gemeinsame Ziele und Zeitkorridore definiert werden. Durch die Bildung strategischer Allianzen und das skizzieren von Win-win-Situationen kann deren Erreichbarkeit zu erhöht werden.

Das Anpassungsnetzwerk sollte sich grundsätzlich darauf verständigen, dass es bei Fragen der Anpassung zunächst nicht um die Vermeidung von Emissionen (also um Windräder, Biomasse, Solaranlagen, Gebäudedämmung etc.) geht. Da die Mitigation („Klimaschutz“) derzeit noch eine deutlich höhere Aufmerksamkeit genießt als die Adaptation („Klimaanpassung“) besteht ansonsten die Gefahr, dass Diskussionen schnell auf das Thema Emissionsvermeidung umschwenken und damit am Ansatz einer Anpassungsstrategie an die nicht zu vermeidenden Folgen des Klimawandels vorbei geht. Zwar kann es auch sinnvoll sein, beide Strategiebereiche kombiniert zu behandeln oder den Klimaschutz nicht auszuklammern, um Akteure, die schon im Klimaschutz engagiert sind, zu motivieren. Dies erfordert dann allerdings eine sorgfältige Kommunikation und Abgrenzung der jeweiligen Diskussionsfelder durch die Prozessmoderation.

Die Einbeziehung der Fachakteure ist für die Vulnerabilitätsanalyse von Bedeutung wenn es darum geht, den Untersuchungsumfang einzugrenzen und dabei

Tabelle 13: Akteure und Partner

- Kommunen
- Landesministerien und -ämter
- Fachplanungen (Wasserwirtschaft, Naturschutz und Landschaftsplanung, Forstwirtschaft, Landwirtschaft etc.)
- DWD und Klima-Servicestellen
- Tourismus
- Gesundheitswesen
- Ordnungsbehörden/ Katastrophenschutz
- Wirtschaftverbände und Kammern
- Wissenschaftliche Einrichtungen
- Zivilgesellschaftliche Gruppen und Initiativen (Agenda-Gruppen, Stiftungen, etc.)

auf das Erfahrungswissen aller Sektoren aufzubauen. Sie sollten zudem an der Definition der konkreten Analysepfade und der Entwicklung der Vulnerabilitätsindikatoren möglichst aktiv beteiligt werden. Anschließend ist auch die Auswertung und Interpretation der Ergebnisse in enger Abstimmung mit dem Anpassungsnetzwerk durchzuführen, um schließlich die Handlungserfordernisse zu priorisieren und Maßnahmen zu entwickeln.

3.3 Analyseumfang frühzeitig eingrenzen

Unter den Vorzeichen knapper Ressourcen sind Vollerhebungen vermeintlicher Vulnerabilität in aller Regel nicht durchführbar. Sie sind auch selten sinnvoll, da damit potenziell auch ein hoher Anteil nicht relevanter Informationen produziert wird. Dies kann die Auswertung einer Vulnerabilitätsanalyse für die beteiligten Akteure unübersichtlich machen.

Vielmehr scheint ein Problem- und zielorientiertes Vorgehen geboten zu sein. Hierfür ist es unabdingbar im Anpassungsnetzwerk, den Untersuchungsgegenstand genau zu definieren, bevor die eigentliche wissenschaftlich-technische Vulnerabilitätsanalyse durchgeführt wird. Dabei sollte dem regional und lokal vorhandenen Erfahrungswissen im Netzwerk breiter Raum eingeräumt werden. Im Ergebnis sollte ein Untersuchungsprogramm erstellt werden, in dem einzelne Teiluntersuchungen zur Vulnerabilität einer Raumfunktion oder Nutzung gegenüber einem einzelnen Klimastimulus benannt werden (z.B. Vulnerabilität der Bevölkerung gegenüber Hitzewellen, Vulnerabilität des Waldes gegenüber Hitze stress, Vulnerabilität der Trinkwasserversorgung gegenüber Trockenperioden, Vulnerabilität der Naturschutzgebiete gegenüber längeren Vegetationsperioden, etc.). Diese sind möglichst genau zu umschreiben und bei Bedarf zu priorisieren, wobei auch die Verfügbarkeit potenziell benötigter Daten und Informationen berücksichtigt werden sollte.

Zur Strukturierung dieser Phase bieten Internet-Angebote wie das Betroffenheits-Modul des ExWoSt-Forschungsfeldes „Urbane Strategien zum Klimawandel“ auf www.stadtklimalotse.de und der „Klimalotse“ des Umweltbundesamtes (UBA (www.anpassung.net)) inhaltliche und methodische Werkzeugkästen und ermöglichen ein kostengünstiges Vorgehen bei der Abgrenzung des Untersuchungsumfanges.

3.4 Klimamodelle und Projektionen zur Kenntnis nehmen

Der Klimawandel ist Anlass für die Erarbeitung von regionalen Anpassungsstrategien, deren unverzichtbare Grundlage Vulnerabilitätsanalysen sind. Die wissenschaftliche Fortentwicklung der Klimamodelle und Projektionen vollzieht sich in einem sehr hohen Tempo. Unverzichtbarer Bestandteil einer Vulnerabilitätsuntersuchung ist daher die Nutzung und Auswertung aktueller, verfügbarer Informationen und Daten, die den Planungsregionen über Transferstellen des DWD, des Umweltbundesamtes, der regionalen Klimabüros, des Climate Service Centers oder über Internetportale wie den „Regionalen Klimaatlas“ zur Verfügung gestellt werden. Weitere Informationen in Form von Beratung Literaturhinweisen und Daten bieten häufig Landesumweltämter, Landesklimazentralen oder Forschungseinrichtungen. Viele dieser Stellen geben Leitfäden und Anpassungsstrategien zum Klimawandel heraus, die wichtige Informationen auch für die regionale Ebene enthalten.

Tabelle 14: Servicestellen für Klimadaten und -Informationen

Anbieter		Internetportal	Leistungen und Produkte
Informationen zum Klimawandel	Deutscher Wetterdienst (DWD)	www.dwd.de	Informationsportal, Beratung, Daten www.dwd.de/klimaatlas www.dwd.de/cdc www.dwd.de/klimawandel
	Helmholtz-Gemeinschaft	www.klimanavigator.de	Informationsportale, Beratung, Klimasimulationen, www.climate-service-center.de www.sueddeutsches-klimabuero.de www.norddeutsches-klimabuero.de www.mitteldeutsches-klimabuero.de www.regionaler-klimaatlas.de www.norddeutscher-klimaatlas.de
Informationen zu Anpassungsmöglichkeiten	BMVBS	ExWoSt-Forschungsfeld „urbane Strategien“ www.stadtklimalotse.net	Informationsportal: Betroffenheitsabschätzung Maßnahmenvorschläge
	Umweltbundesamt	Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung www.anpassung.net	Informationsportal, www.klimalotse.anpassung.net www.tatenbank.anpassung.net
Auch die Länder (Landesumweltämter) stellen entsprechende Informationen bereit.			

**Unterstützungsangebote des Deutschen Wetterdienstes (DWD),
Abteilung Klima- und Umweltberatung :**

„Die „Klima- und Umweltberatung“ des DWD in Offenbach hält im großen Umfang Daten und Informationen zu Fragen des Klimawandels für die Planung vor. Im Vordergrund steht dabei die Beratung im Zuge konkreter Einzelanfragen. Aufgrund der komplexen Materie hinsichtlich der Verfügbarkeit, Qualität und Nutzbarkeit von Daten (Messdaten, Klimaprojektionen, räumliche Auflösung, Formate, usw.) und der z.T. stark von lokalen Klimabedingungen abhängigen Antworten (z.B. Hitzeinseln) kann so die sachgerechte Interpretation und Weiterverarbeitung der Informationen am besten gewährleistet werden.

Problematisch wäre beispielsweise eine nicht ausreichend reflektierte Verwendung von Klimarasterdaten und ihre Überlagerung mit lokalen oder regionalen Verwaltungsgrenzen: Je nach Auflösung und Verfahren können die Rasterdaten vergangener oder zukünftiger Zeiträume klimatische Wirkungen von Ballungsräumen nicht immer ausreichend berücksichtigen. Für die Untersuchung lokal-klimatischer Verhältnisse eines Verwaltungsraums verwendet der DWD verschiedene statistische Verfahren und hochauflösende Simulationsmodelle.

Zunehmend stellt der DWD aber auch eine Nachfrage nach bereits aufbereiteten Informationen aus Messreihen und Klimaprojektionen fest, die in einer für die Planung nutzbaren Auflösung wesentliche Erkenntnisse der Klimaforschung verfügbar machen, z.B. über das Internet. Der DWD hat hierzu den Deutschen Klimaatlas ins Netz gestellt und arbeitet an neuen Angeboten, die z.T. in anderen thematischen Zusammenhängen (z.B. Katastrophenschutz, Wasserstraßen) konzipiert werden, aber potenziell auch für Planungsfragen interessant sein dürften. Solche Angebote haben den Anspruch, ohne ausgeprägtes technisches und fachliches Spezialwissen grundlegende Informationen zum Klimawandel im Internet abrufen zu können.“

Sofern dies möglich ist, sollten auch Daten aus regionalisierten Klimamodellen genutzt werden, um eine räumliche Differenzierung der Änderungen unterschiedlicher Klimaparameter abbilden zu können. Dies kann allerdings mit einem erheblichen technischen, personellen, zeitlichen oder auch finanziellen Aufwand verbunden sein. Hier ist im Einzelfall der Aussagewert entsprechender Informationen für die Vulnerabilitätsanalyse im Verhältnis zum Aufwand abzuwägen. Eine direkte Verknüpfung von Modelldaten in der Vulnerabilitätsanalyse hat jedenfalls in den oben beschriebenen Fallbeispielen nur sehr begrenzt stattgefunden, da die dafür erforderlichen Daten noch einen zu groben Maßstab abbildeten und die erforderlichen Daten zu Extremereignissen (Hitze, Starkregen, Sturm) entweder nicht existierten oder nur mit einem unverhältnismäßigen Aufwand hätten verarbeitet werden können (z.B. Auswertung auf Basis von Einzeltagen statt Monaten bzw. Jahren). Es ist zu vermuten, dass mit der fortschreitenden Entwicklung der Klimamodelle sich hier mittelfristig die Datenverfügbarkeit verbessert.

Auch neuere und gekoppelte Klimamodelle und Projektionen werden niemals gesicherte Erkenntnisse und Informationen zu künftigen klimatischen Zuständen enthalten, sondern, in Abhängigkeit von einem bestimmten Emissionsszenario, lediglich statistisch ermittelte Wahrscheinlichkeiten für einen solchen Zustand. Es ist daher zu empfehlen, für die Absicherung des weiteren Prozesses eine politi-

sche Entscheidung über die im Folgenden anzunehmenden Klimaänderungen durch die dafür legitimierten Gremien herbeiführen zu lassen. Diese Entscheidung sollte auf einer soliden und umfassenden Informationsgrundlage zum aktuellen Stand der Wissenschaft im Bereich der Klimamodelle erfolgen.

Information des Climate-Service-Centers (CSC), Helmholtz-Gesellschaft:

„Wichtig für Regionalplaner ist die Fragestellung, die untersucht werden soll. Nur daran orientiert, können für eine Untersuchung meteorologische Größen ausgewählt werden, die benötigt werden. Die Zeitscheiben der Klimaprojektion, die gerade passend für die Regionalplanung sind, hängen von dem Zeitfenster ab, für das geplant wird und auch von der Fragestellung, die untersucht werden soll.

Klimaszenarien bieten die Möglichkeit, zukünftige Klimaänderungen abzuschätzen. Sie sind jedoch keine Vorhersage des Klimas, daher dürfen keine Einzeltermine analysiert werden. Nur durch die Nutzung einer Vielzahl von Modellen, Realisierungen und Szenarien erhält man eine belastbare Aussage über zukünftige Entwicklungen. Die Eingabeparameter sollten also möglichst aus mehreren Global- und Regionalmodellen und Realisierungen stammen. Die Spannweite der Ergebnisse der Klimaprojektionen ist kein Systemfehler, sie ist systemimmanent. Denn nur ein Globalmodell, ein Regionalmodell, eine Realisierung und ein Szenario stellen auch nur eine mögliche Zukunft dar.

Ergebnisse der Klimaprojektionen in Form von Abbildungen werden im Norddeutschen Klimaatlas für die Region Norddeutschland und für Deutschland im regionalen Klimaatlas Deutschland der Helmholtz Gemeinschaft sowie dem Klimaatlas Deutschland des DWD bereitgestellt. Zu beachten ist jedoch die jeweils unterschiedliche Datengrundlage der bereitgestellten Abbildungen der Klimaprojektionen.

Für die Arbeit mit regionalen Klimamodelldaten ist unbedingt ein umfangreiches Hintergrundwissen zur Klimamodellierung erforderlich, um die Ergebnisse interpretieren und verwerten zu können. Wer mit dynamischen, regionalen Klimamodelldaten arbeiten möchte sollte die technischen Voraussetzungen klären und bedenken mit welchen Dateigrößen gearbeitet wird. Nicht nur Plattenplatz spielt hier eine Rolle, sondern auch der Arbeitsspeicher des Computers. Daten der regionalen, dynamischen Klimamodelle COSMO-CLM und REMO und der statistischen regionalen Klimamodelle WETTREG und STAR II können über das World Data Center für Climate (WDCC) bezogen werden.

Alle meteorologischen Größen, die in den dynamischen, regionalen Klimamodellen berechnet werden, sind nicht punktgenau, sie geben einen Mittelwert in Raum und Zeit an. Ausgegeben werden von den regionalen Klimamodellen meteorologische Größen, wie z.B. die Temperatur (Lufttemperatur in 2m Höhe, Min., Max, Mittel), der Niederschlag und der bodennahe Wind (in 10m Höhe). Die dynamischen regionalen Klimamodelle (REMO-UBA; CCLM) geben ca. 50 bis 60 meteorologische Größen heraus, die statistischen, regionalen Klimamodelle (WETTREG; STAR II) ca. 10.“

3.5 Daten organisieren

Eine Vielzahl von Raum- und Umweltdaten ist potenziell geeignet, Hinweise auf Sensitivitäten und Anpassungskapazitäten zu liefern. Diese Daten werden teils im Rahmen der Raumbeobachtung und des Monitorings bereits bei der Regionalplanung vorgehalten, andere werden bei den Fachplanungen und anderen Akteuren erhoben und verwaltet. Um sie für eine Vulnerabilitätsanalyse nutzbar zu machen, sollten sie möglichst vorab gesichtet und hinsichtlich ihrer Qualität und Aussagefähigkeit zu Exposition, Sensitivität und Anpassungsfähigkeit gegenüber verschiedenen Klimastimuli bewertet werden. Dies ist eine Voraussetzung dafür, dass in der späteren Analyse Vulnerabilitätsindikatoren entwickelt werden, die sich anschließend auch tatsächlich mit einer hinreichenden Aussagekraft abbilden lassen.

Als Vorbild könnte in diesem Zusammenhang die Lösung des Verbands Region Stuttgart dienen. Dieser hat im Rahmen des KlimaMORO zusammen mit dem Institut für Raumordnung und Entwicklungsplanung der Universität Stuttgart (IREUS) das „KlimaInformationsSystem Region Stuttgart“ („KISS“) aufgebaut. Das System gibt eine umfassende Übersicht der regional verfügbaren Datensätze unterschiedlicher Herkunft und enthält Informationen zu deren Verwendbarkeit und technischen Eigenschaften.

Abbildung 13: Recherche von Fachdaten in der Metadatenbank „KlimaInformationsSystem Region Stuttgart („KISS“)

The screenshot displays the 'Datenbank-Informationssystem' (KISS) interface. The top navigation bar includes 'Auswahl/Details', 'Suchergebnis', and 'Neuanlage/Änderungen'. The main content area shows a search result for 'Sturmschadenrisiko Fichte nach Landschaften'. The interface is divided into several sections:

- Header:** Logos for 'ireus' (Institut für Raumordnung und Entwicklungsplanung Universität Stuttgart), 'KLIMA MORO', and 'Verband Region Stuttgart'.
- Left Sidebar:** Contains filters for 'Herkunft' (Region Stuttgart, Risiko eines Neophytenbefalls (Biotope), Schneetage, etc.), 'Info' (Kurzbeschreibung, Bemerkungen, Qualität/Fortführung, Räumliche Ausdehnung), and 'Info Datei' (Dateiname, Bearbeitung, Pfad, Freigabe, Darstellungsart).
- Main Table:** A table with three columns showing search results. The selected row is 'Sturmschadenrisiko Fichte nach Landschaften' with 'Region Stuttgart' as the origin and 'Teillandschaft' as the location.
- Right Sidebar:** Includes 'Ansprechpartner' (Manuel Weis), 'Schlüsselwörter' (Boden, Empfindlichkeit, Forstwirtschaft, Modellierung, Vulnerabilität, Wirtschaft), and a search button 'Nach Schlüsselwort suchen'.
- Bottom Section:** Contains a 'Nach Raumbezug ordnen' button and a 'Beenden' button.

The 'Info Datei' section shows details for the selected dataset: 'Dateiname: sturmisk_ft_landsch', 'Bearbeitung: Definition von Wahrscheinlichkeitsklassen, Aggregation nach Landschaften', 'Pfad: siehe Ordner "MORO_Klima.gdb"', 'Freigabe: nicht freigegeben', 'Darstellungsart: Vektor', 'Geometrietyp: Fläche', and 'Raster-Auflösung [m]: '.

(Quelle: IREUS)

Die Eingabemaske gliedert sich in vier horizontale Ebenen (Abbildungen 13 und 14). Auf der ersten Ebene kann eine Datei ausgewählt werden. Die zweite benennt ihre Herkunft Institution, Abteilung, Ansprechpartner). Die dritte Ebene gibt Informationen zum Datensatz: eine Kurzbeschreibung, Bemerkungen, z.B. zu Erhebungsmethoden, zur Qualität und Aktualität der Daten, räumlichen Ausdehnung, Schlüsselwörtern usw. Auf der vierten Ebenen schließlich wird die Datei beschrieben: Dateiname, vorgenommene Bearbeitungen, Pfad, Freigabestatus, Darstellungsart, geometrietyp, usw. Such- und Sortierfunktionen erleichtern die Recherche.

Abbildung 14: Anzeige von Fachdaten in der Metadatenbank „KlimaInformationsSystem Region Stuttgart („KISS“)

The screenshot displays the 'Datenbank-Informationssystem' web application. The interface is organized into several horizontal sections:

- Header:** Includes logos for 'ireus' (Institut für Raumordnung und Entwicklungsplanung Universität Stuttgart), 'KLIMA MORO', and 'Verband Region Stuttgart'. Navigation tabs at the top are 'Auswahl/Details', 'Suchergebnis', and 'Neuanlage/Änderungen'.
- Dateiauswahl:** A dropdown menu currently shows 'Sturmschadenrisiko Fichte nach Landschaften'.
- Herkunft:** A section with fields for 'Institution' (Universität Stuttgart), 'Abteilung' (Institut für Raumordnung und Entwicklungsplanung), and 'Ansprechpartner' (Manuel Weis).
- Info:** A large section containing:
 - Kurzbeschreibung:** 'Prognosewahrscheinlichkeit für Sturmschäden bei der Fichte durch Orkane wie "Lothar", Flächensummen [qm] für Risikoklassen'.
 - Bemerkungen:** 'Aufbereiteter Datensatz der FVA; Bedeutung der Felder: Value 1= 0-25%, Value 2=25-50%, Value 3=50-75%, Value 4=75-100%'.
 - Qualität/Fortführung:** A text input field.
 - Räumliche Ausdehnung:** 'Region Stuttgart'.
 - Grundaktualität/Zeitraum:** A date input field.
 - Gebietsebene:** 'Teillandschaft'.
 - Schlüsselwörter:** A list including 'Boden', 'Empfindlichkeit', 'Forstwirtschaft', 'Modellierung', 'Vulnerabilität', and 'Wirtschaft'.
- Buttons:** 'alle anzeigen' and 'Nach Schlüsselwort suchen'.
- Results:** A box indicating '*: 93 Resultate'.
- Info Datei:** A section with fields for:
 - Dateiname:** 'sturmisk_fi_landsch'.
 - Bearbeitung:** 'Definition von Wahrscheinlichkeitsklassen, Aggregation nach Landschaften'.
 - Pfad:** 'siehe Ordner "MORO_Klima.gdb"'.
 - Freigabe:** 'nicht freigegeben'.
 - Dokumentation:** 'Vulnerabilitätsbericht der Region Stuttgart'.
 - Darstellungsart:** 'Vektor'.
 - Geometrietyp:** 'Fläche'.
 - Raster-Auflösung [m]:** An input field.
- Buttons:** 'Nach Raumbezug ordnen' and 'Beenden'.

3.6 Exposition, Sensitivität und Anpassungskapazität ermitteln

„Vulnerabilität“ oder „Verletzbarkeit“ ist zunächst ein sehr abstrakter Begriff, der unbedingt konkretisiert werden muss, um verständlich und vor allem, bezogen auf eine bestimmte Fragestellung, so gut wie möglich messbar gemacht werden muss. Es ist international anerkannt, dass hierzu die Begriffe „Exposition“, „Sensitivität“ und „Anpassungskapazität“ geeignet sind. Ziel der regionalen Vulnerabilitätsanalyse muss es sein, diese drei Bestandteile der Vulnerabilität bezogen auf eine konkrete Fragestellung mit den vorhandenen Daten und Informationen möglichst genau abzubilden.

Bezüglich der Exposition können dies z.B. Daten und Informationen zur Veränderung des Niederschlages, des Wasserhaushaltes oder von Temperaturen sein. Wenn möglich und leistbar, sollten Klimaprojektionen und Daten herangezogen werden, die Aufschluss über zu erwartende Veränderungen bei Extremereignissen geben. Diese sind aber noch nicht immer verfügbar. Soweit möglich kann dies bereits mit einer räumlichen Differenzierung innerhalb des Untersuchungsraumes einhergehen, z.B. indem eine größere Zunahme an Hitzetagen in Siedlungskernen angenommen wird als in peripheren Bereichen.

Bezüglich der Sensitivität können unterschiedliche sozioökonomische oder ökologische Daten und Informationen verwendet werden, etwa zur Altersstruktur, zur Haushaltsstruktur oder zur räumlichen Verteilung sozialer Einrichtungen, zum Wasserbedarf bestimmter Ökosysteme oder zum Gefahrenpotenzial technischer Infrastrukturen.

Bezüglich der Anpassungskapazität können Daten und Informationen eingebunden werden, die Ausweichmöglichkeiten (z.B. Flächen im näheren Umkreis mit guten klimatischen Eigenschaften, Parks) oder Handlungsoptionen beschreiben (z.B. Flächen im näheren Umkreis, die als Grün- oder Freiflächen klimatisch aufgewertet werden können). Dabei können sowohl planerisch-technische Anpassungsmaßnahmen (Deichbau, Klimaregulierung in Gebäuden), als auch planerisch-organisatorische Anpassungsmaßnahmen (Hitzewarnpläne, Katastrophenschutz) berücksichtigt werden.

3.7 Nachvollziehbare Verknüpfungsregeln konzipieren

Nachdem ein übersichtliches Set an Datengrundlagen zusammengestellt wurde, das die Aspekte Exposition, Sensitivität und Anpassungskapazität für einen Untersuchungsgegenstand (z.B. Vulnerabilität der Bevölkerung gegenüber Hitze) bestmöglich repräsentiert, können diese über Verknüpfungsregeln zu einem aggregierten Vulnerabilitätsindikator verbunden werden. Dazu werden die Daten üblicherweise in Klassen eingeteilt. Über Verknüpfungsregeln lassen sich dann in einer Matrix in der Regel jeweils zwei Merkmale miteinander zu einem Teilindikator verbinden, die Teilindikatoren wiederum zum Vulnerabilitätsindikator.

Zudem sollten die gewählten Klassenabgrenzungen soweit möglich auf der Basis gesicherter wissenschaftlicher Erkenntnisse vorgenommen werden. Sofern entsprechende Studien nicht verfügbar sind, kann allerdings auch eine qualitative Abgrenzung durch regionale Experten erfolgen. Auch aus diesem Grund ist die frühzeitige und aktive Beteiligung von Fachleuten des Expertennetzwerkes sehr sinnvoll. Um die relative Vulnerabilität von Standorten gleicher Nutzung innerhalb der Region zu gewährleisten sollten Klassengrenzen zudem so definiert werden,

dass es auch zu einer annähernd regelmäßigen Verteilung in den Klassen kommt, da sonst keine Unterschiede erkannt und somit keine Handlungsprioritäten ermittelt werden können. Das gesamte Vorgehen sollte möglichst umfassend dokumentiert werden, um eine spätere Wiederholung mit neueren Daten zu ermöglichen und so den Grundstein für ein „Vulnerabilitäts-Monitoring“ zu legen, mit dem sich im Idealfall auch die Wirkungen von Maßnahmen und allgemein der Fortschritt in der Klimaanpassung messen lässt.

3.8 Analysen nur so komplex wie unbedingt nötig halten

Bei der Anwendung entsprechender Verfahren sollte darauf geachtet werden, dass die Verknüpfung möglichst übersichtlich und nachvollziehbar bleibt. Dazu ist es unter anderem sinnvoll, nicht zu viele Daten und Informationen zu wählen, sondern sich auf wenige Inhalte zu begrenzen, deren Ausprägung im Sinne eines Indikators („Anzeigers“) auch stellvertretend andere Merkmale die Sensitivität oder Anpassungskapazität einer Nutzung oder Raumfunktion repräsentiert. Zudem ist es ratsam, nicht zu viele Klassen zu bilden. Je mehr Klassen pro Datensatz bei der Formulierung der Verknüpfungsregel miteinander in Verbindung gebracht werden müssen, desto komplizierter und damit weniger transparent wird das Verfahren. In den geschilderten Fallbeispielen aus dem KlimaMORO wurde die Zahl der Klassen meist flexibel zwischen drei und sieben gewählt.

Ziel einer Vulnerabilitätsanalyse sollte die Abbildung einer Wirkungsbeziehung zwischen einem Klimastimulus (z.B. geringere Sommerniederschläge) und Anfälligkeit einer Nutzung und Raumfunktion (z.B. Naturschutzgebiet) sein. Auf dieser Basis lassen sich Risikogebiete und „HotSpots“ ermitteln und anschließend Ziele und Prioritäten sowie Maßnahmen ableiten. Die Aggregation zu einem Gesamt-Vulnerabilitätsindikator ist darauf aufbauend mit nur geringen zusätzlichen Erkenntnisgewinnen verbunden. Denn bei jedem weiteren Aggregationsschritt gehen Informationen verloren und es besteht die Gefahr, dass Merkmale und Eigenschaften miteinander verrechnet werden, d.h. sich verstärken oder gegenseitig neutralisieren, die in der Realität eine solche Beziehung nicht aufweisen.

3.9 Ergebnisse visualisieren

Die Vermittlung der Ergebnisse planerischer Analysen gegenüber Entscheidungsträgern gelingt am besten über grafische Darstellungen. Geografische Informationssysteme (GIS) eignen sich für die räumliche Darstellung der Analyseergebnisse, ggf. aber auch für die Durchführung der Analysen selbst. Die Visualisierung der räumlichen Verteilung vulnerabler Raumfunktionen und Nutzungen erleichtert die Priorisierung von Handlungserfordernissen und die Entwicklung geeigneter Maßnahmen. „HotSpots“ und Risikoräume können abgegrenzt und in ihrem räumlichen Kontext betrachtet werden.

3.10 Ergebnisse als Diskussionsgrundlage verstehen

Die Ergebnisse einer Vulnerabilitätsanalyse können nicht als gesicherte Voraussagen eines künftigen Zustandes gesehen werden. Sie müssen interpretiert und bewertet, d.h. kritisch hinterfragt werden. Die darin enthaltenen Tendenzen und die Aufdeckung räumlicher Verteilung von potenziell vulnerablen Bereichen können aber die Diskussion objektivieren und zwischen den beteiligten Akteuren zur Entwicklung neuer Lösungsansätze führen.

3.11 Fachöffentlichkeit informieren

Die allgemeine Öffentlichkeit sollte zum gegebenen Zeitpunkt über Ziel, Vorgehen und Ergebnisse der Vulnerabilitätsanalyse informiert werden. Es bietet sich an, Meilensteine im Prozess durch politische Gremien und Entscheidungsträger zur Kenntnis zu nehmen oder beschließen zu lassen, um das Vorgehen von dieser Seite her abzusichern. Dies könnte bei der Festlegung auf ein zu verwendendes Emissionsszenario und den Projektionszeitraum, auf die Schwerpunkte der Vulnerabilitätsanalyse, die Priorisierung der Handlungserfordernisse und Ziele und die Auswahl von Maßnahmen der Fall sein.

3.12 Planerische Lösungen entwickeln

Ziel der Vulnerabilitätsanalyse und der damit zusammenhängenden Koordinations- und Abstimmungsprozesse ist schließlich auch, belastbare formelle Festsetzungen im Regionalplan zu verankern und so eine größere Robustheit und Flexibilität der räumlichen Entwicklung langfristig zu sichern. Die Modellregionen des KlimaMORO haben hierzu eine Reihe wertvoller Vorschläge für konkrete Planinhalte dokumentiert.

4 Ablaufschritte der Vulnerabilitätsanalyse

Aus den im vorangehenden Abschnitt beschriebenen Erfolgsfaktoren und auf der Grundlage der drei Fallstudien in Kapitel 2 werden im Folgenden Vorschläge für denkbare Abläufe einer regionalen Klimafolgenabschätzung entwickelt und mögliche Vorgehensweisen erläutert. In beiden Varianten kommt der Beteiligung regionaler Experten aus Fachplanungen, Kommunen und anderen Institutionen eine große Bedeutung zu. Sie haben die Aufgabe, ihr Erfahrungswissen zur Eingrenzung der Untersuchungsthemen einzubringen, Fachinformationen und -Daten einzubringen, an der Durchführung der Vulnerabilitätsuntersuchung methodisch und inhaltlich soweit möglich aktiv teilzunehmen und anschließend ihre Perspektive bei der Interpretation und Bewertung der Ergebnisse zu vertreten. Darüber hinaus sind sie anschließend bei der Formulierung von Zielen und der Konzeption, sowie Umsetzung geeigneter Maßnahmen gefordert, sich im Rahmen ihrer Möglichkeiten einzubringen.

Bei der Priorisierung von zu untersuchenden Betroffenheiten sollte berücksichtigt werden, für welchen Zweck die Ergebnisse später verwendet werden sollen. Wird beispielsweise angestrebt, mit den Ergebnissen einen regionalen Raumordnungsplan fortzuschreiben, so sollten die Untersuchungsergebnisse auch eine Übertragung in Ziele und Grundsätze der Raumordnung ermöglichen, so dass hier hinreichend konkrete räumliche Aussagen zu treffen sind. Ist das Ziel hingegen darin definiert, einen regionalen Aktionsplan Anpassung mit eher koordinierendem, informellen Charakter zu erstellen, der konkrete Umsetzungsprojekte unterschiedlicher Akteure beinhaltet (z.B. Stadtplanung, Gesundheitseinrichtungen, Verkehrsunternehmen, Naturschutzorganisationen, Wasserversorger oder andere Behörden, Unternehmen und Vereine), so ist die Analyse inhaltlich und methodisch entsprechend auszurichten.

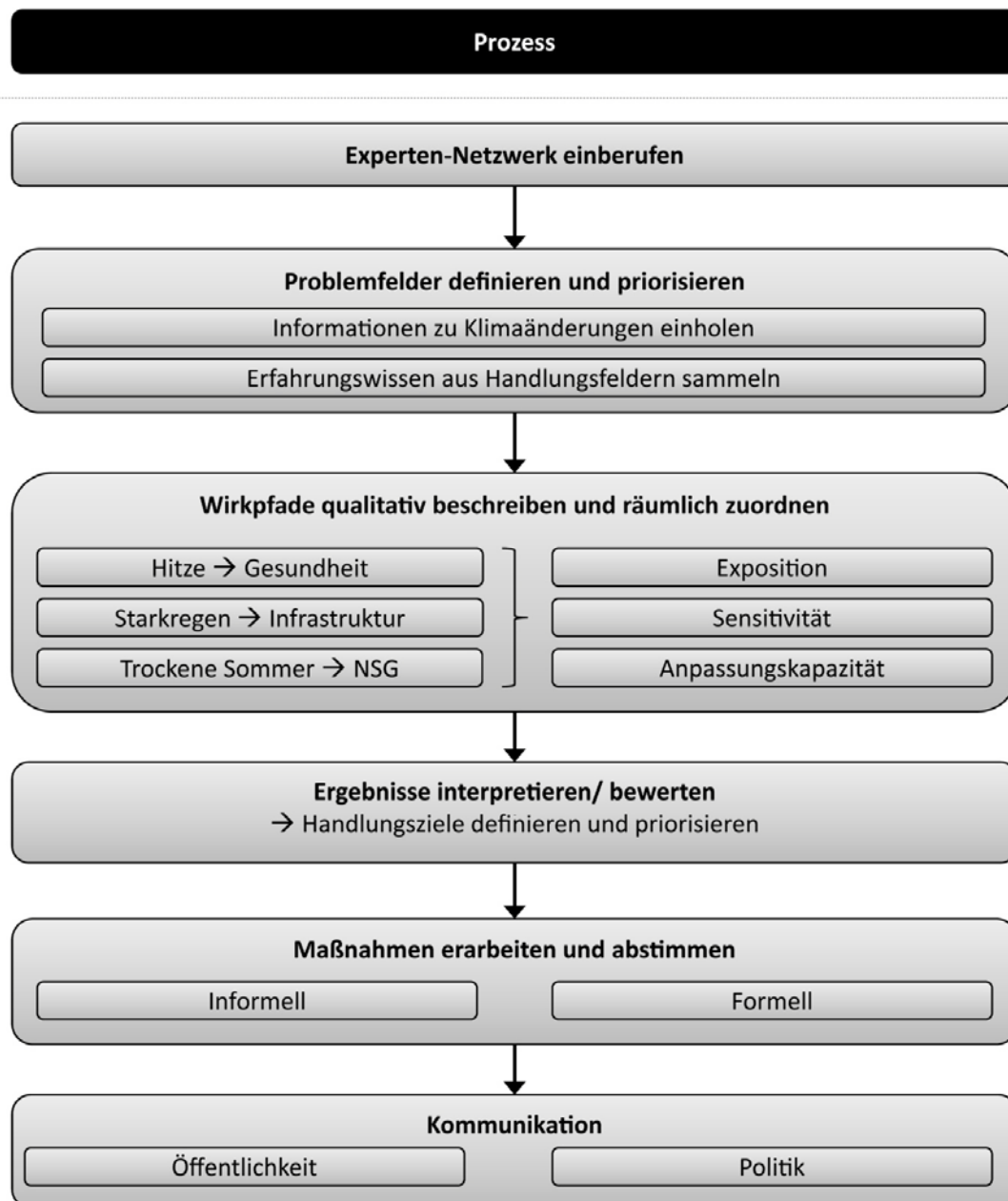
Bei der Durchführung der eigentlichen Vulnerabilitätsanalyse sollen hier zwei Varianten unterschieden werden. Die erste Variante (Abbildung 15) befasst sich mit der regionalen Vulnerabilität auf der qualitativen Ebene. Sie ist damit eher für informelle Prozesse und für die Projekt- und Handlungsorientierte Netzwerkarbeit auf regionaler Ebene geeignet. Die zweite Variante (Abbildung 16) greift die ersten Schritte der qualitativen Analyse auf, vertieft die dort zusammengetragenen Informationen zu Problemschwerpunkten, dann aber mit quantitativen bzw. semi-quantitativ ermittelten Vulnerabilitätsindikatoren, die auch mittels GIS eine kartografische Abbildung erlauben.

Eine besondere Bedeutung kommt dabei der Kommunikation zwischen regionaler und kommunaler Ebene zu, da Herausforderungen der Klimaanpassung in vielen Fällen nicht an kommunalen Verwaltungsgrenzen enden und Maßnahmen vielfach nur in Kooperation mit bzw. zwischen Kommunen umgesetzt werden können. So sind beispielsweise siedlungsklimatische Fragen, die mit der regionalplanerischen Freihaltung von Grünzügen und Frischluftschneisen zu beantworten sind, mitunter nur auf regionaler Ebene zu beantworten. Erfahrungen der Modellregionen im KlimaMORO zeigen zudem, dass die Regionalplanung hinsichtlich geeigneter Methoden und Daten, aber auch hinsichtlich der Organisation von Governance-Prozessen und in der formalen Steuerung ein wichtiger Ansprechpartner von Kommunen ist.

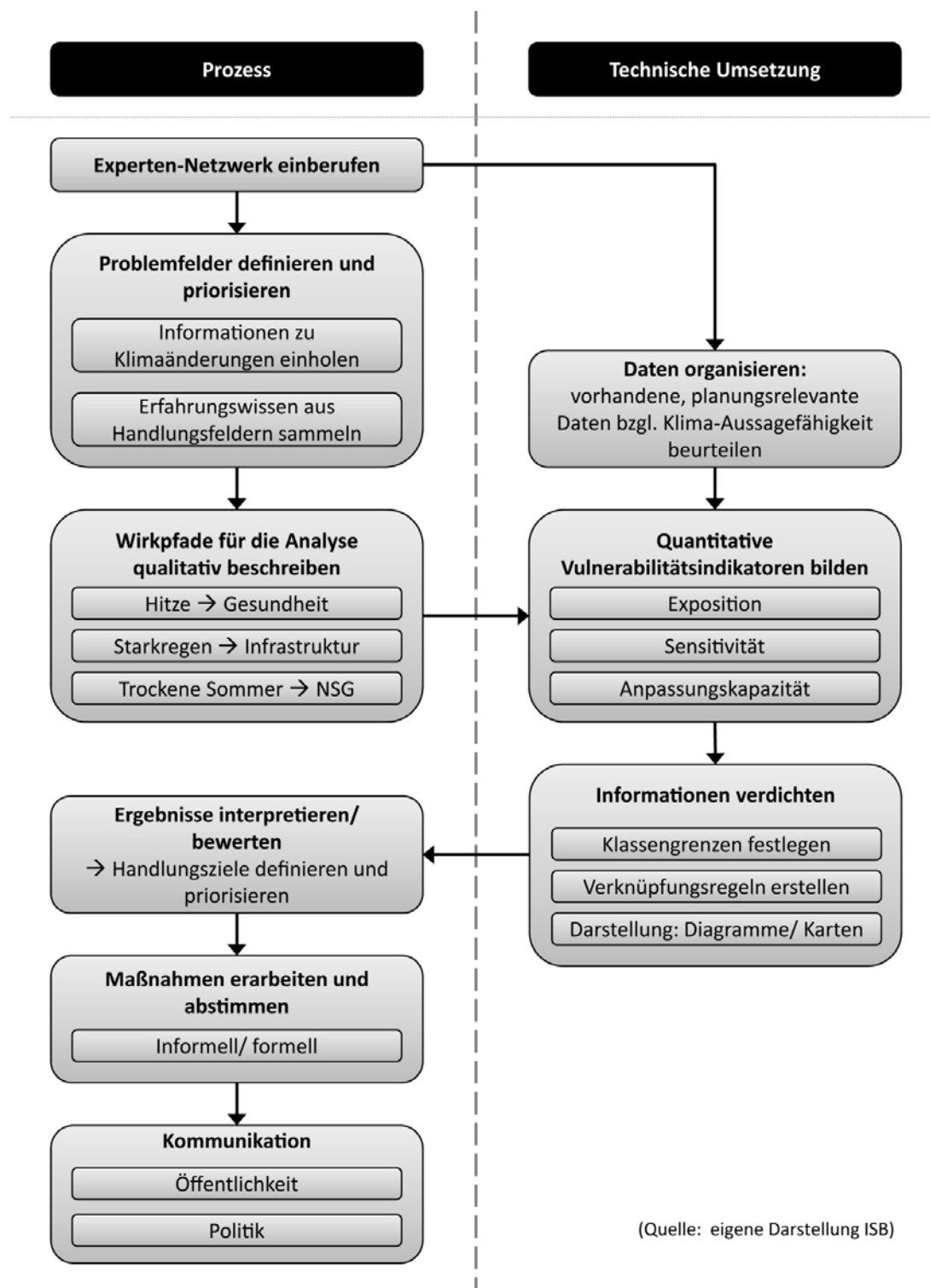
Neben der Sammlung und Strukturierung von Expertenwissen wird es in vielen Fällen sinnvoll sein, eine (politische) Veranstaltung durchzuführen, in deren Rahmen die breitere Öffentlichkeit über das Vorhaben, die grundlegenden Ziele,

die methodischen Schritte und über die erwarteten Ergebnisse informiert wird. Zudem kann eine solche Veranstaltung auch dazu genutzt werden, dass ein erweiterte Kreis regionaler Akteure die Gelegenheit bekommt, tatsächlich vorliegende Erfahrungen mit extremen Wetterereignissen und die Sicht auf besonders anfällige Bereiche und Nutzungen zu artikulieren. Eine Auftaktveranstaltung sollte presseöffentlich begleitet werden.

Abbildung 15: Möglicher Ablauf einer qualitativen Klimafolgenabschätzung



(Quelle: eigene Darstellung ISB)

Abbildung 16: Möglicher Ablauf einer quantitativen Klimafolgenabschätzung

4.1 Qualitative Betroffenheitsanalyse

Für die thematische Annäherung an das Thema Anpassung im Untersuchungsraum werden relevante Informationen und Daten aus unterschiedlichen Quellen, darunter z.B. Vorarbeiten aus der Regionalplanung und der Fachplanung, Anpassungsstrategien oder Leitfäden von Bund und Ländern, wissenschaftliche Studien recherchiert und systematisiert. Nach Möglichkeit sollten zudem lokale Erfahrungen und wahrgenommene Betroffenheiten möglichst vieler relevanter Akteure zusammengetragen werden.

Aus verschiedenen Forschungsprojekten (KlimaMORO, KlimaExWoSt, klimazwei, KLIMZUG) ist bekannt, dass die lokale und regionale Wahrnehmung für eine sach- und problemadäquate Untersuchung der Betroffenheiten essenziell ist. Diese lokale und regionale Wahrnehmung kann z.B. im Wege von Fachgesprächen oder Workshops mit den unterschiedlichen Akteuren herausgearbeitet werden, zu denen z.B. kommunale Vertreter, aber auch Vertreter der Kammern und Verbände sowie anderer relevanten Institutionen eingeladen werden sollten.

Ziel dieser Fachgespräche soll es sein, lokale Problemlagen hinsichtlich der Anpassung an den Klimawandel zu formulieren und mögliche Konflikte und Synergien bei Klimaschutz und Klimaanpassung zu erkennen.

Ergebnis der qualitativen Betroffenheitsanalyse sollte ein Katalog von Wirkpfaden der Form „Wirkfolge → Sensitivität eines schützenswerten Gutes“ (Wohngebiete, Gewerbeflächen, Infrastrukturen, Naturgüter) sein, z.B. „Betroffenheit von Wohnbevölkerung mit erhöhter sozialer Vulnerabilität in Siedlungsbereichen gegenüber Hitze“ oder „Straßen und Bahnlinien mit Hangrutschungs-/ Unterspülungsrisiko bei Starkregen“. Diese können auch in Form von Karten bzw. Skizzen vermuteter HotSpots erarbeitet werden.

Sofern keine vertiefenden quantitativen Analysen vorgesehen sind, sollten diese in ihrer Relevanz eingeschätzt und priorisiert werden, ggf. mit einer adäquaten, nicht-formalisierten oder teilformalisierten, semiquantitativen Bewertungsmethode. Aus dieser Bewertung lassen sich sodann einzelne strategische Ziele entwickeln, die zu einer regionalen Gesamtstrategie zusammengefasst werden können. Anschließend bilden diese die Grundlage für einen Maßnahmenkatalog, der jedem Ziel eine oder mehrere Maßnahmen zuordnet, wobei jede Maßnahme einem konkreten Akteur zugeordnet werden sollte, so dass klar ersichtlich ist, wessen Handeln konkret gefordert ist. Eine Übersicht potenzieller Berührungspunkte von Klimaänderungen und Handlungsfeldern der Regionalplanung zeigt Tabelle 15.

Alternativ zur Analyse der Wirkpfade kann auch eine kostengünstige Maßnahmenanalyse unter Einsatz des Internet-Entscheidungsunterstützungssystems www.stadtklimalotse.de durchgeführt werden, das im Rahmen eines kooperativen Bewertungsverfahrens auch für Regionalplaner nutzbar ist.

Tabelle 15: Berührungspunkte von Klimaänderungen und Handlungsfeldern der Regionalplanung

Klimaänderung/ Wirkfolgen Handlungs- felder der Regionalplanung und Raumfunktionen	Veränderung mittlerer Temperaturen	Hitze	Veränderung mittlerer Niederschläge	Starkregen und Hochwasser	Verringertes Wasserdargebot/ Dürre	Sturm	Gravitative Massenbewegungen	Meeresspiegelanstieg	Ggf. Weitere
Siedlung - Wohnen		X		X		X	X	X	
Siedlung - Gewerbe		X		X	X	X	X	X	
Infrastruktur - Energie		X			X	X	X		
Infrastruktur - Verkehr				X		X	X		
Infrastruktur - Wasser- versorgung			X	X	X		X		
Freiraum - Schutzgebiete	X	X	X		X			X	
Freiraum - Gewässer/ Grundwasser	X		X		X			X	
Freiraum - Landwirt- schaft	X		X	X	X			X	
Freiraum - Forstwirt- schaft	X		X	X	X	X			
Freiraum - Erholung/Tourismus		X							
Freiraum - Erneuerbare Energien						X			
Ggf. Weitere									

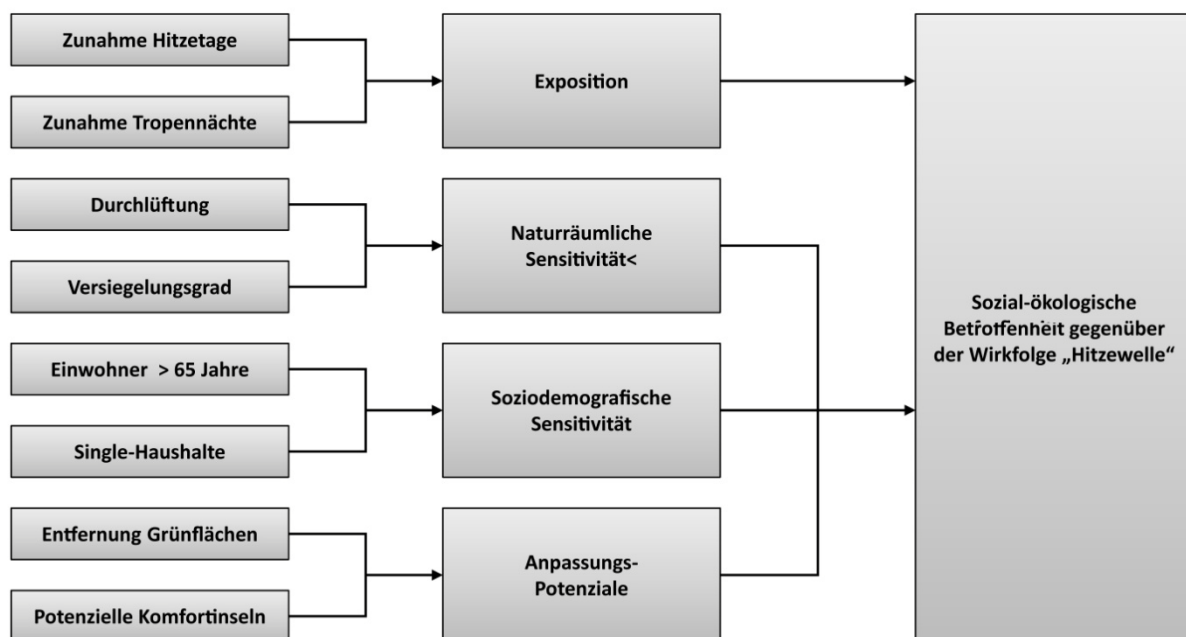
4.2 GIS-basierte Betroffenheitsanalyse mit Vulnerabilitätsindikatoren

Falls eine vertiefende Betroffenheitsanalyse unter Einsatz geografischer Informationssysteme möglich ist, so können die in der qualitativen Bestandsaufnahme erarbeiteten Wirkfolge-Sensitivitäts-Konstellationen in Vulnerabilitätsindikatoren übertragen werden. Hierfür ist es erforderlich genau zu schauen, wie der gewünschte darzustellende Sachverhalt mit den zur Verfügung stehenden Daten abgebildet werden kann. Es ist somit zu prüfen, welche georeferenzierten Informationen hinsichtlich klimatischer, hydrologischer und ökologischer Gegebenheiten, Topografie, Flächennutzung, soziodemografischer Struktur, Lage und Verlauf von Infrastrukturen etc. verfügbar sind und unter Berücksichtigung des leistbaren Aufwandes zu aussagekräftigen Vulnerabilitätsindikatoren verarbeitet werden können.

Vor diesem Hintergrund ist es sinnvoll, zunächst systematisch die Verfügbarkeit klimarelevanter Daten hinsichtlich Qualität, Aktualität und räumlicher Tiefe zu erfassen und in einem Informationssystem zu dokumentieren. Auf diese Weise können längere Diskussionen zur Datenlage in einer entsprechenden Arbeitsgruppe verkürzt werden.

Anschließend können auf der Grundlage der räumlichen Daten Vulnerabilitätsindikatoren entwickelt und im geografischen Informationssystem (GIS) zu Analysekarten verarbeitet werden. Im Allgemeinen wird bei Vulnerabilitätsindikatoren davon ausgegangen, dass die Betroffenheit aus einer Verbindung von Informationen zur veränderten Exposition eines Standortes gegenüber einem Klimaphänomen (z.B. erhöhte Zahl der Hitzetage), sowie von Parametern, die auf die Klimasensitivität und die Anpassungskapazität einer Raumfunktion oder Nutzung hinweisen, abgeleitet werden kann (Abbildung 17).

Abbildung 17: Beispielhafte Zusammensetzung eines Betroffenheitsindikators



(Quelle: eigene Darstellung ISB in Anlehnung an Minnich 2010 und Schmidt et al. 2010)

Skalierung und Aggregation

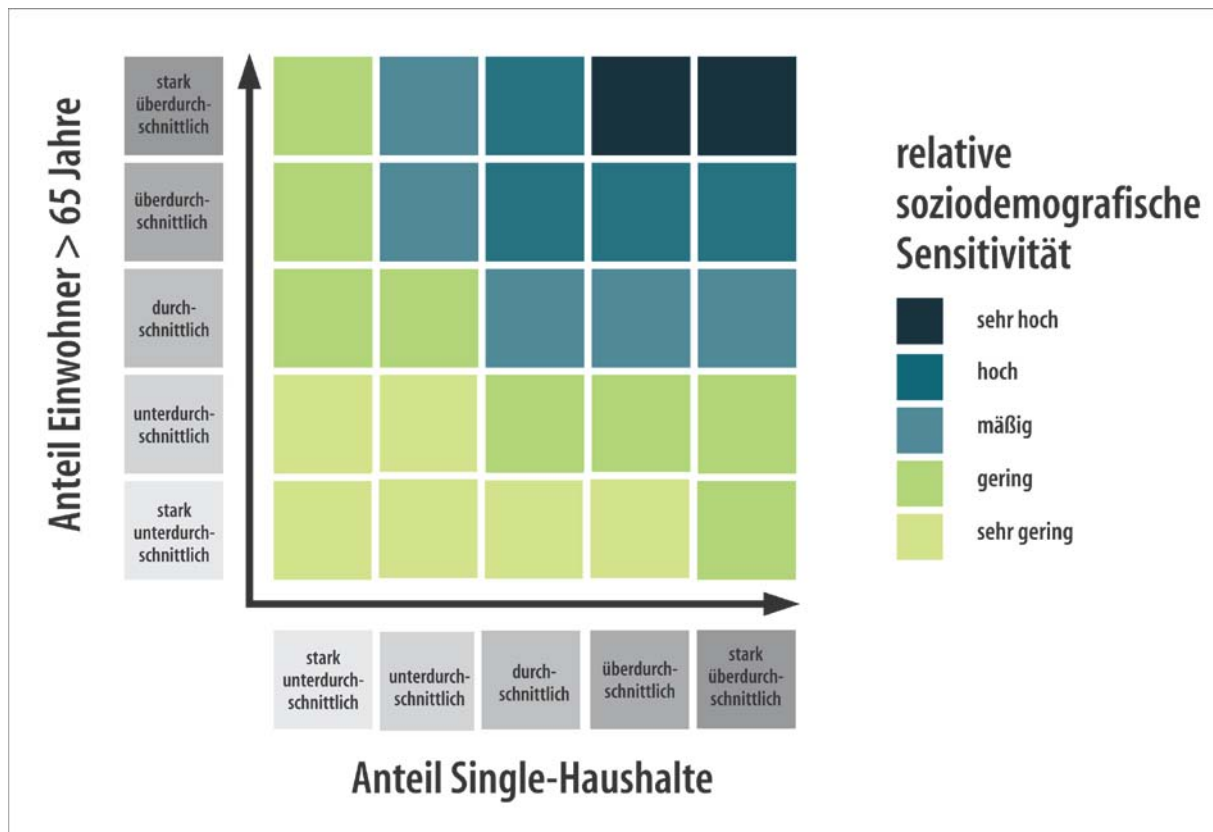
Um unterschiedliche Sachverhalte in der Vulnerabilitätsanalyse miteinander in Verbindung bringen zu können, müssen diese in dimensionslose Klasseneinteilungen überführt werden. Hierzu ist zunächst für jedes Merkmal eine Messvorschrift zu definieren und eine Transformationsregel für die Skalierung bzw. Zuordnung zu beispielsweise drei, fünf oder sieben Klassen (z.B. sehr hoch, hoch, mäßig, gering, sehr gering) für jeden Parameter individuell angepasst vorzunehmen. Dabei kann im besten Fall auf vorhandene Klasseneinteilungen aus der Literatur zurückgegriffen werden. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, die aus den vorhandenen Daten ersichtliche Spannweite der Ausprägungen zu betrachten und die Werte in Stufen zu gliedern.

Diese Klasseneinteilungen sind in der Regel jeweils projekt- und raumspezifisch vorzunehmen. Dies führt dazu, dass die räumliche Vulnerabilitätsanalyse in der hier beschriebenen Form auch bei Anwendung gleicher Methodik keine Vergleichbarkeit zwischen unterschiedlichen Räumen herstellen kann, sondern dass lediglich innerhalb eines Untersuchungsraumes eine relative Vergleichbarkeit hergestellt wird (vgl. Weis et. al. 2011: 69).

Nach der Zuordnung der Merkmale und ihrer Ausprägungen zu Skalen und Klassen können diese als eindimensionale Aussagen ggf. bereits im GIS abgebildet werden. Für die Aggregation der einzelnen Informationen zu einem Vulnerabilitätsindikator sind bei jedem Aggregationsschritt Verknüpfungsregeln erforderlich, bei denen z.B. je zwei Merkmale miteinander zu einem Indikator verbunden werden. Eine einfache Form der Verknüpfung ist eine Verknüpfungsmatrix (Abbildung 18).

Bei der Bildung von Vulnerabilitätsindikatoren ist zu beachten, dass diese Informationen über ein bestimmtes Phänomen zusammenfassen. In der praktischen Anwendung dürfte dies häufig in einen Kompromiss zwischen den verfügbaren Daten und der Genauigkeit der Abbildung eines Sachverhaltes münden. Das Hauptinteresse liegt dabei nicht auf dem Indikator selbst, sondern auf dem Indikandum, also dem Sachverhalt, auf den der Indikator eigentlich hinweist. Je komplexer zusammengesetzte Indikatoren sind, desto mehr besteht die Gefahr, dass der bei der Aggregation eintretende Informationsverlust zu Nivellierungen und Informationsverlusten führt, so dass die Nachvollziehbarkeit der Verknüpfungen und die Verständlichkeit des Endergebnisses nicht mehr gewährleistet sind (Black-Box-Effekt). Die bei der Auswahl und Aufbereitung von Eingangsdaten erforderlichen Anpassungen und Vergrößerungen können dazu führen, dass bei der Aussagekraft der Ergebnisse z.T. erhebliche Einschränkungen vorgenommen werden müssen.

Abbildung 18: Beispiel für eine Verknüpfungsmatrix als Aggregationsvorstufe zu einem Betroffenenheits-Teilindikator



(Quelle: eigene Darstellung ISB in Anlehnung an Minnich 2010 und Schmidt et al. 2010)

5 Fazit

Vulnerabilitätsanalysen sind unverzichtbare Grundlagen für den Umgang und die Anpassung an die Folgen des Klimawandels in der räumlichen Planung auf regionaler Ebene. Sie sind Bestandteil regionaler Anpassungsprozesse und liefern wichtige Grundlagen für eine sektorübergreifende Erarbeitung von Anpassungszielen und Maßnahmen.

Künftig werden hohe Ansprüche an die methodische Konsistenz von Vulnerabilitätsanalysen gestellt, wenn auf ihren Ergebnissen aufbauend Ziele der Raumordnung festgesetzt werden sollen. Daher ist es erforderlich, dass zusammen mit der Regionalplanung entsprechende Methoden und Vorgehensweisen erarbeitet und erprobte Prozessbausteine zur Verfügung gestellt werden, die im Sinne eines Werkzeugkastens verwendet und den spezifischen regionalen Rahmenbedingungen entsprechend weiterentwickelt werden können.

Das vorliegende Online-Paper zeigt am Beispiel von drei Modellregionen aus dem KlimaMORO, wie die Praxis in den letzten Jahren an die Durchführung von Vulnerabilitätsanalysen herangegangen ist (Kapitel 2). Die Planungsverbände aus Vorpommern, Stuttgart und Westsachsen haben mit Unterstützung wissenschaftlicher Assistenzen, des Deutschen Wetterdienstes und regionaler Akteure aus Kommunen und Fachplanungen eine breite Palette möglicher Vorgehensweisen erarbeitet und praktisch erprobt.

Aus der vergleichenden Analyse dieser regionalen Ansätze ließen sich in Kapitel 3 zwölf Empfehlungen oder „Erfolgsfaktoren“ für ein effektives und zielorientiertes Vorgehen bei der Erarbeitung regionaler Vulnerabilitätsanalysen destillieren, die auf den Erfahrungen der Praxis beruhen. Wichtig ist es demnach, die Analyse als Diskussionsprozess zu verstehen, in den regionale Akteure möglichst intensiv eingebunden werden sollten. Eine Konzentration auf regional besonders wichtige Fragestellungen und ein strukturierter Umgang mit Daten und Informationen zum Klimawandel und zu regionalen Gegebenheiten begrenzen den Aufwand auf ein leistbares Maß.

Der Begriff „Vulnerabilität“ wird greifbar, indem er in die Bestandteile „Exposition“, „Sensitivität“ und „Anpassungskapazität“ untergliedert und diese mit Geodaten unterlegt werden. Die Verdichtung und Zusammenfassung der Daten sollte auf einzelne Wirkpfade begrenzt bleiben, um die Bewertung transparent und nachvollziehbar zu belassen. Die Ergebnisse, z.B. in Form von Karten und Diagrammen bedürfen einer fachlichen Interpretation und Bewertung. Sie müssen der Fachöffentlichkeit erläutert werden, um im fachübergreifenden Diskurs strategische Handlungsbedarfe und planerische Ziele zu entwickeln.

In Kapitel 4 werden zwei Vorschläge für den Ablauf einer regionalen Vulnerabilitätsanalyse unterbreitet. Abhängig vom jeweiligen Ziel der Analyse (informell, d.h. regionale Kooperationen und Umsetzungsprojekte oder formell, d.h. wissenschaftliche Grundlagen zur Festlegung von Zielen der Raumordnung) und von den regionalen Möglichkeiten (Ressourcen wie Zeit, technisches und fachliches Wissen, etc.) enthalten die Varianten qualitative und quantitative Analyseschritte.

Dieses Vorgehen ist als ein erster methodischer Hinweis anzusehen, kann aber noch nicht als angestimmte, standardisierte Methode betrachtet werden. Dazu sind weitere Untersuchungen, Methodentests und -vergleiche anzustellen, die das BBSR mit einer ergänzenden Expertise zum KlimaMORO unter dem Titel „Systematisierung der Grundlagen regionalplanerischer Klimafolgenbewertung - Leitfaden regionale Klimafolgenbewertung“ bis 2013 erarbeiten lassen wird.

Quellenverzeichnis

- Beck, Silke; Bovet, Jana; Baasch, Stefanie; Reiß, Philipp; Görg, Christoph:
Synergien und Konflikte von Strategien und Maßnahmen zur Anpassung
an den Klimawandel. In: Umweltbundesamt (Hrsg.):
Climate Change Nr. 18/2011
- Birkmann, J., Böhm, H. R., Buchholz, F., Büscher, D., Daschkeit, A., Ebert, S.,
Fleischhauer, M., Frommer, B., Köhler, S., Kufeld, W., Lenz, S., Over-
beck, G., Schanze, J., Schlipf, S., Sommerfeldt, P., Stock, M., Vollmer,
M., Walkenhorst, O.: Glossar Klimawandel und Raumplanung. E-Paper
der ARL Nr. 10, 2011
- BMVBS (Hrsg.): Regionale Klimamodellierung für Anpassungsstrategien.
BMVBS-Online-Publikation 07/2010a
- BMVBS / BBR (Hrsg.): Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel, BBR-
Online-Publikation 19/2008
- BMVBS / BBSR (Hrsg.): Entwurf eines regionalen Handlungs- und Aktions-
rahmens Klimaanpassung („Blaupause“). BBSR-Online-Publikation
17/2009
- BMVBS / BBSR (Hrsg.): Klimawandel als Handlungsfeld der Raumordnung:
Ergebnisse der Vorstudie zu den Modelvorhaben „Raumentwicklungs-
strategien zum Klimawandel“ Forschungen Heft 144, 2010b
- BMVBS/ BBSR (Hrsg.): MORO-Info 7/1: Raumentwicklungsstrategien zum
Klimawandel, März 2010c
- BMVBS/ BBSR (Hrsg.): MORO-Info 7/2: Raumentwicklungsstrategien zum
Klimawandel, September 2010d
- BMVBS/ BBSR (Hrsg.): MORO-Info 7/3: Raumentwicklungsstrategien zum
Klimawandel, Mai 2011
- BMVBS/ BBSR (Hrsg.): Transnationale Perspektiven für Klimaschutz und
Klimaanpassung Wie Kommunen und Regionen INTERREG IV B nutzen
können, 2010
- Franck, Enke; Peithmann, Ortwin: Regionalplanung und Klimaanpassung in
Niedersachsen. E-Paper der ARL, Nr. 9 Hannover, 2010
- Hoffman, Esther; Gebauer, Jana; Dunkelberg; Elisa; Hirschfeld, Jesko; Hirschl,
Bernd; Rotter, Maja; Stegnitz, Antje; Wurbs, Sven: Stakeholder-
Dialoge: Chancen und Risiken des Klimawandels. In: Umweltbundesamt
(Hrsg.): Climate Change Nr. 03/2011

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): Fourth Assessment Report (AR4); Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007

Minnich, Lukas: Gesundheitliche Folgen des Klimawandels bei erhöhter Wärmebelastung in der Region Stuttgart – Eine räumliche Vulnerabilitätsuntersuchung, Diplomarbeit, Universität Stuttgart, 2010

Regionaler Planungsverband Leipzig-West Sachsen (RPV) (Hrsg.): Endbericht Modellvorhaben der Raumordnung (MORO) „Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel“, 2011

Regionaler Planungsverband Vorpommern (RPV-VP): Raumentwicklungsstrategie Anpassung an den Klimawandel und Klimaschutz in der Planungsregion Vorpommern, 2011

Schmidt, C.; Seidel, A.; Kolodziej, J., Klama, K.; Schottke, M.; Berkner, A.; Friedrich, M.; Chmielewski, S.: Vulnerabilitätsanalyse Westsachsen. Bearbeitet durch TU Dresden im Auftrag des Regionalen Planungsverbandes Leipzig-West Sachsen (Hrsg.), 2011

Verband Region Stuttgart (VRS): Modellvorhaben der Raumordnung (MORO): „Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel“, Endbericht der Modellregion Stuttgart, 2011

Walkenhorst, Oliver; Stock, Manfred: Regionale Klimaszenarien für Deutschland, Eine Leseanleitung E-Paper der ARL, Nr. 6 Hannover, 2010

Weis, Manuel; Siedentop, Stefan; Minnich, Lukas et al.: Vulnerabilitätsbericht der Region Stuttgart, 2011