

Studie

aufgrund des Landtagsbeschlusses vom 29.03.2007
(„Klimaschutz und Folgen des Klimawandels
in Mecklenburg-Vorpommern“, Drs. 5/352)



MECKLENBURG - VORPOMMERN

Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus

Impressum

Herausgeber: Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus
Johannes-Stelling-Str. 14
D-19053 Schwerin



Koordination: UmweltPlan GmbH Stralsund
Tribseer Damm 2
18437 Stralsund



Grundlagenstudien: Facharbeitsgruppe „Wasserwirtschaft“

Autoren:

Prof. Dr. Konrad Miegel, Birgit Zachow (Universität Rostock, Institut für Umweltingenieurwesen)
Dr. Ralf Haupt (Büro für Hydrologie und Wasserwirtschaft, Graal Müritz)
Thoralf Hilgert (HGN Hydrogeologie GmbH, Schwerin)
Dr. Reinhard Wiemer, Stefan Klitzsch (Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie, Güstrow)

Facharbeitsgruppe „Ostsee/Küste“

Autoren:

Prof. Dr. Ralf-Otto Niedermeyer (Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie, Güstrow)
Dr. Lars Tiepolt, Knut Sommermeier (Staatliches Umwelt für Umwelt und Natur, Rostock)
Prof. Dr. Reinhard Lampe (Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald)
Prof. Dr. Jan Harff, Dr. Michael Meyer, PD Dr. Joachim W. Dippner, Holger Janssen (Leibniz Institut für Ostseeforschung Warnemünde)
Prof. Dr. Holmer Sordyl, Dr. Fritz Gosselck, Dr. Jan Kube (Institut für Angewandte Ökologie GmbH, Neu Broderstorf)
Burkhard Schuldt (ARCADIS Consult GmbH, Rostock)

Facharbeitsgruppe „Biodiversität/Naturschutz“

Autoren:

Prof. Dr. Konrad Ott, Prof. Dr. Stefan Zerbe, Christian Bartolomäus, Verena Mattheiß, Carolyn Schäfer (Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, Institut für Botanik und Landschaftsökologie)
Prof. Dr. Stefan Porembski (Universität Rostock, Institut für Biowissenschaften)
Prof. Dr. Wolfgang Riedel, Mandy Wenzel (Universität Rostock, Lehrstuhl für Landschaftsplanung und -gestaltung)

Facharbeitsgruppe „Land- und Forstwirtschaft, Fischereiwirtschaft“

Autoren:

Prof. Dr. Christian Gienapp, Dr. Babara Boelcke; Dr. Armin Hofhansel, Dr. Friedrich Höhne, Dr. Heidi Jänicke, Hans-Joachim Jennerich, Volker Michel, Dr. Ellen Richter, Dr. Peter Sanftleben, Dr. Bodo Stölken, Dr. Ralf-Rainer Schulz, Andreas Titze (Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern)
Dr. Peter Röhe (Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern)
Dr. Mike Kahle (Wald-Consult Kahle GbR, Büttlingen)

Facharbeitsgruppe „Gesundheit“

Autoren:

Prof. Dr. Wolfgang Hoffmann, Konstanze Fenrich (Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald)
Prof. Dr. Andreas Podbielski, Karen Remm (Universitätsklinik Rostock)
Prof. Dr. Emil C. Reisinger, Dr. Silviu Frimmel (Universität Rostock, Tropenmedizin/Infektionen)

Facharbeitsgruppe „Energie/Verkehr“

Autoren:

Dr. Frank Grüttner, Dr. Ralf Kähler, Dr. Erich Clasen (EUB, Rostock)
Maik Orth, Angret Danberg (IBZ, Hohen Luckow)

Koordination aller Arbeitsgruppen

Dr. Beatrix Romberg (Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Mecklenburg-Vorpommern)

Vorwort

Mit dem Landtagsbeschluss vom 29.03.2007 (Drs. 5/352) wurde die Landesregierung beauftragt, eine „wissenschaftlich fundierte Studie zu den Folgen des Klimawandels bezogen auf das Gebiet des Landes Mecklenburg-Vorpommern erstellen zu lassen. Dabei soll darauf geachtet werden, welche Auswirkungen unter anderem für die Entwicklung der Temperatur, den Küstenverlauf, den Grundwasserspiegel, die Gesundheitsvorsorge anhand aktueller Daten und Modelle prognostiziert werden. Die Studie soll zum 31. März 2008 vorgelegt werden. Ziel ist eine erfolgreiche strategische Planung für eine Anpassung an die Folgen des Klimawandels für unser Bundesland.“

Diesem Beschluss des Landtages kommt die Landesregierung mit der Vorlage dieser Studie nach.

Hier wird die aktuelle wissenschaftliche Mehrheitsmeinung zum globalen Klimawandel wiedergegeben. Entsprechend dem Auftrag wurden Wissenschaftler gebeten, diesem Status, bezogen auf Mecklenburg-Vorpommern, darzustellen. Zu diesem Zweck wurden Facharbeitsgruppen „Wasserwirtschaft“, „Ostsee/ Küste“, „Biodiversität/ Naturschutz“, „Land- und Forstwirtschaft, Fischereiwirtschaft“, „Gesundheit“ sowie „Energie/ Verkehr“ gebildet. Den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern dieser Arbeitsgruppen an dieser Stelle herzlichen Dank für ihre Arbeit. Wie immer bei wissenschaftlichen Arbeiten sind Ergebnisse diskutierbar. Daher ist mit dieser Studie die Diskussion um den Klimawandel nicht abgeschlossen. Vielmehr wird hiermit ein Beitrag zur regionalen Diskussion in Mecklenburg-Vorpommern vorgelegt.

Die vorliegende, von Experten des Landes erarbeitete Studie enthält neben den Chancen und Risiken für das Land auch Handlungsempfehlungen mit einer zeitlichen Einstufung zur Notwendigkeit der Umsetzung. Diese stellen die Grundlage für eine intensive Prüfung durch die Landesregierung dar, wobei in die Abwägung ökonomische, ökologische und soziale Aspekte einbezogen werden müssen, um eine langfristige positive Entwicklung des Landes ermöglichen zu können.

Es gibt viele Möglichkeiten, sich an den fortschreitenden Klimawandel anzupassen. Wenn die natürlichen, gesellschaftlichen und technischen Anpassungskapazitäten optimiert werden, kann dieser Herausforderung erfolgreich begegnet werden.

Inhaltsverzeichnis

A	Allgemeines	1
A.1	Einleitung.....	1
A.2	Methodisches Vorgehen.....	4
B	Klimaszenarien und Datengrundlagen	6
B.1	Vorliegende Szenarien zur zukünftigen Klimaentwicklung in Mecklenburg- Vorpommern.....	6
B.2	Klimaprojektionen für Mecklenburg-Vorpommern	9
C	Ergebnisse der Arbeitsgruppen.....	15
C.1	Wasserwirtschaft	15
C.1.1	Verwendete Parameter und Szenarien.....	15
C.1.2	Chancen und Risiken durch den Klimawandel	16
C.1.3	Handlungsempfehlungen.....	18
C.2	Ostsee/Küste	21
C.2.1	Verwendete Parameter und Szenarien.....	21
C.2.2	Chancen und Risiken durch den Klimawandel	22
C.2.3	Handlungsempfehlungen.....	24
C.3	Biodiversität/Naturschutz.....	25
C.3.1	Verwendete Parameter und Szenarien.....	25
C.3.2	Chancen und Risiken durch den Klimawandel	25
C.3.3	Handlungsempfehlungen.....	27
C.4	Forst-, Land- und Fischereiwirtschaft	31
C.4.1	Verwendete Parameter und Szenarien.....	31
C.4.2	Chancen und Risiken durch den Klimawandel	31
C.4.3	Handlungsempfehlungen.....	34
C.5	Gesundheit	38

C.5.1	Verwendete Parameter und Szenarien.....	38
C.5.2	Chancen und Risiken durch den Klimawandel	38
C.5.3	Handlungsempfehlungen.....	40
C.6	Energie/Verkehr.....	42
C.6.1	Verwendete Parameter und Szenarien.....	42
C.6.2	Chancen und Risiken durch den Klimawandel	42
C.6.3	Handlungsempfehlungen.....	43
C.7	Raumordnung/Tourismus.....	44
D	Quellenverzeichnis	45

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Basisinformationen der Modelle REMO und WETTREG	8
--	---

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Organisationsstruktur des vorliegenden Projektes.....	4
Abbildung 2: Emissionsszenarien des IPCC(IPCC 2007A).....	6
Abbildung 3: Emissionsszenarien nach IPCC.....	7
Abbildung 4: Projizierte globale Erwärmung der Erdoberfläche für die IPCC-Szenarien (IPCC 2007A)	7
Abbildung 5: Vergleich der Modelle: Entwicklung der Jahreszeitenmitteltemperatur in Deutschland, Winter, Szenario A1B,.....	9
Abbildung 6: Tagesmitteltemperatur: Darstellung des Kontrolllaufes 1961 bis 1990mit der Periode 2071–2100 (Szenario A1B, WETTREG)	10
Abbildung 7: Änderung der Anzahl von Kenntagen bis Ende des Jahrhunderts in der Region Rügen (Szenario A1B).....	11
Abbildung 8: Änderung der Anzahl von Kenntagen bis Ende des Jahrhunderts in der Müritz-Region (Szenario A1B)	11
Abbildung 9: Änderung der Anzahl von Kenntagen bis Ende des Jahrhunderts in der Region Westmecklenburg (Szenario A1B).....	12
Abbildung 10: Änderung der Anzahl von Kenntagen bis Ende des Jahrhunderts in der Region Vorpommern (Szenario A1B).....	12
Abbildung 11: Niederschlagsmengen im Winter für die Jahre 2071-2100 gegenüber dem Vergleichszeitraum 1961-1990 (Szenario A1B).....	13
Abbildung 12: Relative Niederschlagsänderungen im Sommer für die Jahre 2051-2080 gegenüber dem Vergleichszeitraum 1961-1990 (Emissionsszenario A1B)	14

Glossar

%_o	Promille – Maßzahl für die Menge an Salzen, die im Wasser gelöst sind. Die Salinität wird in g Salze pro kg Wasser angegeben.
abiotische Komponenten	Als abiotisch werden alle Umweltfaktoren zusammengefasst, an denen Lebewesen nicht erkennbar beteiligt sind. Sie umfassen unter anderem Klima, Atmosphäre, Wasser, Wärme, Temperatur, Licht, Strömung, Salinität, Konzentration an Nährsalzen und anderen chemischen Stoffen. (unbelebte Interaktionspartner)
Anoxie	Fehlen von Sauerstoff
Antagonisten	Gegenspieler, Arten, die sich die Lebensräume gegenseitig einengen.
anthropo-zoogen	Überformung/Entstehung durch den Menschen und durch Tiere (anthropogen und zoogen)
aquatische Organismen	in der Biologie Organismen, die ihren Lebensmittelpunkt im Wasser haben, beispielsweise Fische, manche Wirbellose und Amphibien, aber auch Pflanzen
AR4	Vierter Sachstandsbericht des IPCC (AR4) Klimaänderung 2007: Zusammenfassungen für politische Entscheidungsträger.
Arealentwicklung	progressive Arealentwicklung: Immigration von Arten regressive Arealentwicklung: Aussterben oder Emigration von Arten
Arthropoden	Gliederfüßer ((Eu-)Arthropoda); zu ihnen gehören unterschiedliche Tiere wie Insekten, Tausendfüßer, Krebse, Entenmuscheln, Spinnen, Skorpione, Milben und die ausgestorbenen Trilobiten
Auftriebsphänomen	Ein ozeanisches Phänomen bei dem kaltes Wasser aus der Tiefe an der Küste an die Oberfläche kommt, da der Wind das Oberflächenwasser seewärts getrieben hat.
äußere Küstengewässer	Jene Küstengewässer, die durch eine mäßige bis deutliche Wellenexposition gekennzeichnet sind, i. d. R. die seeseitigen Küstengewässer.
Autökologie	Die Autökologie befasst sich mit den Wechselwirkungen zwischen Einzelorganismus und Umwelt.
barokliner Salzwassereinstrom	Ein Salzwassereinstrom, der durch Dichteunterschiede hervorgerufen wird.
barotroper Salzwassereinstrom	Ein Salzwassereinstrom, der durch einen Sturm hervorgerufen wird und solange anhält, wie der Sturm dauert.
Beltseefront	Grenze zwischen Kattegat- und Ostseewasser
Benthos	Benthos (auch Benthon) ist die Gesamtheit aller am Grund der Gewässer, dem Benthos, lebenden Tiere und Pflanzen bzw. der in diesem Biotop anzutreffende Biozönosen (Lebensgemeinschaften). Das Benthos schließt sowohl die festsitzenden Organismen, als auch die kriechenden, laufenden oder vorübergehend schwimmenden Bodentiere ein.
Biodiversität	Gemäß dem Übereinkommen über biologische Vielfalt (CBD) bezeichnet Biodiversität die Vielfalt der Arten auf der Erde, die Vielfalt innerhalb der Arten (genetische Unterschiede zwischen Individuen und Populationen) sowie die Vielfalt von Ökosystemen.
biotische Komponenten	Als biotisch werden Umweltfaktoren zusammengefasst, an denen Lebewesen erkennbar beteiligt sind. Sie ergeben sich aus den Wechselwirkungen zwischen einzelnen Arten innerhalb eines Ökosystems. (belebte Interaktionspartner)
Biotop	Das Biotop ist eine räumlich abgrenzbare kleine Einheit von einer bestimmten Mindestgröße, wobei dessen abiotische Faktoren (nicht belebte Bestandteile, ein Ökotopt) maßgeblich und prägend sind. Es ist „der Ort des Lebens“. Zusammen mit der Biozönose wird so das Ökosystem beschrieben. Ein Biotop ist die kleinste Einheit der Biosphäre.

BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
Brackwasser	Unter Brackwasser versteht man Fluss- oder Meerwasser mit einem Salzgehalt von 0,1 % bis 1 % (1 ‰ bis 10 ‰). Im Bereich von Flussmündungen im Meer entsteht durch die Durchmischung des süßen Flusswassers mit dem salzigen Meerwasser die so genannte Brackwasserzone. Diese zeichnet sich durch einen permanent wechselnden Salzgehalt aus und stellt somit an die dort lebenden Organismen stark erhöhte Anforderungen an die Regulation ihres Wasser- und Salzhaushaltes. Hier treffen sich – je nach Salzgehalt – süßwassertolerante Arten aus dem Meer und salzwassertolerante Arten aus dem Süßwasser. Einige Tier- und Pflanzenarten haben die Fähigkeit entwickelt, unter den Brackwasserbedingungen zu überleben.
Cyanobakterienblüten	Massenentwicklung der Algenart bzw. Cyanobakterienart, Sammlung an oder unter der Wasseroberfläche Cyanobakterien (auch Blaualgen genannt) synthetisieren ein Toxin/Gift. Ausgehend von einem oft vermehrten Auftreten von Cyanobakterien bei sogenannten „Algenblüten“ können beim Verzehr von Fischen oder Muscheln solche Toxine über die Nahrungskette in den menschlichen Organismus gelangen und gelegentlich zu tödlichen Vergiftungen führen.
Dorsch	Dorsch und Kabeljau sind unterschiedliche Bezeichnungen für dieselbe Fischart aus der Familie der Dorschartigen. Die in der Ostsee lebenden Stämme werden Dorsch genannt.
Downscaling-Methode	Verfahren, die versuchen mit statistischen Methoden (statistisches Downscaling) oder numerischen Modellen (dynamisches Downscaling) Beziehungen herzustellen zwischen globalen Klimagrößen und regionalen Größen
emigrieren	Verb zu Emigration/Auswanderung
Erosion	Zerstörung der Formen der Erdoberfläche durch linienhafte (Fließgewässer) oder flächenhafte (Wind, Meeresbrandung, Niederschläge) Abtragung.
eustatische Bewegungskomponente	Schwankungen des globalen Meeresspiegels als Folge von Volumenänderungen des Meerwassers, z. B. durch Aufbau und Abschmelzen unterschiedlich mächtiger Eisschilde an den Polkappen der Erde.
Eutrophierung	Nährstoffanreicherung in Böden oder Gewässern
FSME	Frühsommer-Meningoenzephalitis
Habitatgeneralisten	Arten mit großem Toleranzbereich hinsichtlich lebenswichtiger Umweltfaktoren, können an verschiedenartigsten Lebensstätten vorkommen („Allerweltsarten“)
herbivore Wasservögel	Wasservögel, die sich von lebender Pflanzensubstanz ernähren
Immigration	Einwanderung
innere Küstengewässer	Innere Küstengewässer sind jene Küstengewässer, die durch eine geringe Wellenexposition und die Ausbildung geschützter Buchten gekennzeichnet sind (z.B. Bodden).
insektenpathogene Antagonisten	Insektenpathogen: Insekten betreffende Krankheitserreger Ein Antagonist ist in der Pharmakologie eine Substanz, die einen agonistisch wirkenden Stoff (Agonist: Substanz, die einen bestimmten Transmitter in seiner Wirkung imitiert bzw. ersetzt) etwa ein Hormon oder einen Neurotransmitter unter Blockierung seiner Bindungsstelle (des Rezeptors) in seiner Wirkung hemmt, ohne selbst einen Effekt auszulösen.
interne Wellen	Wellen, die an der Grenzfläche zwischen zwei Wassermassen entstehen. (s. a. Schichtung)

IPCC	<p>Intergovernmental Panel on Climate Change: Zwischenstaatliche Sachverständigen-gruppe über den Klimawandel, auch als Weltklimarat bezeichnet</p> <p>gegründet 1988 vom Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP) und der Weltorganisation für Meteorologie (WMO)</p> <p>beurteilt Risiken der globalen Erwärmung und trägt Vermeidungsstrategien zusam-men</p> <p>ist als Ausschuss der Klimarahmenkonvention (UNFCCC) beigeordnet</p>
Isohaline	in graphischen Darstellungen Linien gleicher Werte des Salzgehaltes
isostatische Bewe-gungskomponente	Ausgleichsbewegungen (Hebungen und Senkungen) von Erdkrustenbereichen durch Gewichtsauflast bzw. -entlastung, z.B. durch Aufbau und Abschmelzen von bis zu mehreren tausend Metern mächtigen Gletschereis-Schilden während und nach den Eiszeiten.
Kalamität	<p>beschreibt ein großes (besonders öffentliches) Unglück, einen Übelstand oder eine Notlage</p> <p>Im besonderen bezeichnet man als Kalamität in der Forstwirtschaft eine Massener-krankung von Waldbäumen mit wirtschaftlichen Folgen. Bei einer derartigen Kalami-tät kann nicht mehr planmäßig vorgegangen werden. Der Einschlag eines Betriebes konzentriert sich in der Regel auf die betroffenen Bestände. Zusätzlich kann es sein, dass Arbeitskräfte zwecks Bekämpfungsmaßnahmen gebunden werden.</p>
Klimaänderung	<p>Sachstandsbericht des IPCC (AR 4): „Änderung des Klimas im Verlauf der Zeit, sei dies aufgrund natürlicher Schwankungen oder menschlicher Aktivitäten“</p> <p>Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen: „Änderungen des Klimas, die unmittelbar oder mittelbar auf menschliche Aktivitäten zurückzuführen sind, welche die Zusammensetzung der Erdatmosphäre verändern, und die zu den über ver-gleichbare Zeiträume beobachteten natürlichen Klimaschwankungen hinzukommen“</p>
Klimaneutralität	Die Mengen der Freisetzung und Festlegung treibhausrelevanter Gase bezüglich eines Produkts, eines Projektes, einer Landschaft etc. ist ausgeglichen.
Klimarahmenkonven-tion	s. UNFCCC
Küstengewässer	Definition im Sinne der Wasserrahmenrichtlinie: Oberflächengewässer das zwischen der Küstenlinie und einer Linie, eine Seemeile vor der Basislinie, liegt (Einmeilenzo-ne).
Kyoto-Protokoll	<p>am 11. Dezember 1997 in Kyoto beschlossenes Zusatzprotokoll zur Ausgestaltung der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (UNFCCC) mit dem Ziel des Klimaschutzes</p> <p>in Kraft getreten am 16. Februar 2005, Abkommen läuft 2012 aus</p> <p>schreibt erstmals verbindliche Zielwerte für den Ausstoß von Treibhausgasen fest</p>
organogen	aus organischer Substanz (Biomasse lebender Organismen) entstanden
Migration	<p>Tierwanderung; umfasst die Aspekte tierischen Verhaltens, die in Zusammenhang mit den Veränderungen ihres Verbreitungsgebietes stehen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Migration, die zeitlich koordinierte, gerichtete, meist periodische Massenbe-wegung aller oder vieler Individuen einer Art oder einer Population - die Wanderung einzelner Exemplare einer Art oder Population, Streifen oder Streichen genannt <p>Die beiden Phänomene sind nicht exakt voneinander abzugrenzen, da auch Massen-bewegungen aus nicht offenkundig zusammenhängenden Einzelbewegungen beste-hen können.</p>
minerogen	aus anorganischen (mineralischen) Bestandteilen gebildet

Monitoringprogramm	Ein Umweltüberwachungsprogramm, in dem regelmäßig an bestimmten Stellen Ermittlungen zur Umweltuntersuchung vorgenommen werden.
Morbidität	Krankheitshäufigkeit (vom lateinischen Wort "morbidus" für "krank") ist ein epidemiologisches Krankheitsmaß, das die Krankheitshäufigkeit bezogen auf eine bestimmte Bevölkerungsgruppe angibt.
Mortalität	Die Mortalität oder Sterblichkeit ist ein Begriff aus der Demografie. Er bezeichnet die Anzahl der Todesfälle in einem bestimmten Zeitraum im Verhältnis zur Anzahl der Individuen der betreffenden Population in diesem Zeitraum.
MPI-M	Max-Planck-Institut für Meteorologie (Hamburg)
M-V	Mecklenburg-Vorpommern
Neobiota	bezeichnet gebietsfremde biologische Arten, d. h. Arten, die einen geographischen Raum infolge direkter oder indirekter menschlicher Mitwirkung besiedeln, den sie ohne menschlichen Einfluss nicht hätten erreichen können
neotektonische Bewegungskomponente	Bewegungen der Erdkruste, die in der geologischen Vergangenheit vor Jahrmillionen begonnen haben und unter demselben Spannungsfeld bis in die Gegenwart andauern.
periphere Räume	Gegensatz für ein Zentrum
Phytoplankton	pflanzlicher Anteil des Planktons (frei im Wasser treibende und schwebende Organismen); bezeichnet photoautotrophes Plankton (Nutzung von Licht als Energiequelle), vor allem bestehend aus Kieselalgen (Bacillariophyta), Grünalgen, Goldalgen, Dinoflagellaten und Cyanobakterien (Blaualgen)
PIK	Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung
Polder	Überschwemmungsgebiet oder Retentionsgebiet, dessen absolute Höhe nur wenig höher als die absolute Höhe des mittleren Pegelstandes eines in der Nähe befindlichen Gewässers ist. Diese Gebiete unterliegen potenziell einer hohen Wahrscheinlichkeit, von einer Überschwemmung bzw. einem Hochwasser bei entsprechenden meteorologischen und klimatischen Voraussetzungen betroffen zu sein.
Prädator	Beutegreifer ("Räuber"); gemeint ist in diesem Zusammenhang i. d. R. ein Tier, das Eier, Jungvögel oder brütende Altvögel erbeutet (z. B. Rotfuchs)
Prädatorenmanagement	geplantes Handeln zur Erzielung von Ergebnissen bezüglich Beutegreifer
Schichtung	Bei einer Schichtung liegen zwei Wassermassen übereinander; die leichte oben und die schwere unten. Die Grenzfläche zwischen beiden Wassermassen heißt Thermokline wenn sich die Wassermassen in der Temperatur, Halokline wenn sie sich im Salzgehalt und Pyknokline wenn sie sich in der Dichte unterscheiden.
Soll/Sölle	bezeichnet in jungpleistozänen Landschaften ein i. d. R. kreisrundes oder ovales Kleingewässer in meist offener Landschaft. Sölle sind typisch für Grundmoränen, können aber auch in anderen Landschaften der glazialen Serie auftreten. Sölle befinden sich innerhalb von meist trichterartigen Geländehohlformen. Sie zählen zu den Stillgewässern und besitzen für gewöhnlich keinen oberflächlichen Zu- und Abfluss. Zwischenzeitliches Trockenfallen, vor allem in den Sommermonaten, ist für viele Sölle typisch.
Synökologie	Die Synökologie untersucht biologische Systeme. Einerseits werden die Wechselwirkungen innerhalb einer Biozönose untersucht, andererseits die Abhängigkeiten vom Biotop. Biotop und Biozönose bilden in modellhafter Einheit das Ökosystem.
SRU	Der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) ist ein wissenschaftliches Beratungsgremium der Bundesregierung mit dem Auftrag, die Umweltsituation und Umweltpolitik in der Bundesrepublik Deutschland und deren Entwicklungstendenzen darzustellen und zu begutachten sowie umweltpolitische Fehlentwicklungen und Möglichkeiten zu deren Vermeidung oder Beseitigung aufzuzeigen.

Stagnationsperiode	Ein längerer Zeitraum in dem kein Salzwassereinbruch statt gefunden hat.
Taxonomie	Teilgebiet der Biologie, das die verwandtschaftlichen Beziehungen von Pflanzen- und Tierarten gegeneinander in einem hierarchischen System erfasst.
UBA	Umweltbundesamt
Übergangsgewässer	Oberflächenwasserkörper in der Nähe von Flussmündungen, der aufgrund der Nähe zu Küstengewässern einen gewissen Salzgehalt aufweist, aber im Wesentlichen von Süßwasserströmungen beeinflusst wird. In Mecklenburg-Vorpommern werden keine Übergangsgewässer im Sinne der Wasserrahmenrichtlinie ausgewiesen.
UNFCCC	<p>United Nations Framework Convention on Climate Change: Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen; Bezeichnung umfasst auch das Sekretariat, das die Umsetzung der Konvention begleitet (Sitz in Bonn)</p> <p>internationales Umweltabkommen mit dem Ziel, eine gefährliche anthropogene Störung des Klimasystems zu verhindern und die globale Erwärmung zu verlangsamen sowie ihre Folgen zu mildern.</p> <p>1992 in New York City verabschiedet</p>
Vorflutgewässer	Gewässer, in das Wasser (Abwasser, Drainagewasser) eingeleitet werden können
Vulnerabilität	<p>Verletzbarkeit, Empfindlichkeit eines Organismus gegenüber einem bestimmten Parameter</p> <p>Verwundbarkeit, zeigt an, inwieweit ein System für nachteilige Auswirkungen der Klimaänderungen, inklusive Klimaschwankungen und -extreme anfällig ist bzw. nicht fähig ist, diese zu bewältigen. Die Verwundbarkeit leitet sich ab aus dem Charakter, der Größenordnung und der Geschwindigkeit der Klimaänderung und -abweichung, der ein System ausgesetzt ist, ebenso wie aus der Empfindlichkeit und Anpassungskapazität dieses Systems.</p>
Wassermasse	Ein Wasserkörper, der durch eine bestimmte Temperatur und einen bestimmten Salzgehalt charakterisiert ist.
Wasserrahmenrichtlinie	Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (WRRL)
Zooplankton	tierisches Plankton (frei im Wasser treibende und schwebende Organismen); bezeichnet alle planktischen Organismen, die keine Photosynthese betreiben, sondern sich von anderen Organismen ernähren

A Allgemeines

A.1 Einleitung

Die Umsetzung angemessener Anpassungsstrategien an Klimatrends kann neben der Verringerung von Risiken für Leben und Gesundheit des Menschen und für die Umwelt auch die Konkurrenzfähigkeit der Wirtschaft stärken sowie Chancen für Mecklenburg-Vorpommern schaffen (z.B. Tourismus). So können sich innerhalb bestimmter Wirtschaftsbereiche Chancen für neue Produkte und Dienstleistungen ergeben (BMBF 2004). Die vorliegende Studie soll die Chancen und Risiken für Mecklenburg-Vorpommern aufzeigen, um eine rechtzeitige Vorbereitung auf klimatische und wirtschaftliche Veränderungen, die mit dem Klimawandel einhergehen können, zu ermöglichen.

Ziel der vorliegenden Studie ist die Information und Beratung der Exekutive und Legislative zu geeigneten Anpassungsmaßnahmen bzw. zum Handlungsbedarf sowie auch notwendige Forschungen innerhalb der wichtigsten klimasensiblen Bereiche in Mecklenburg-Vorpommern.

Auch wenn der Prozentanteil der anthropogenen Emissionen am gesamten Stofffluss in die Atmosphäre bei Kohlendioxid nur 5 % ausmacht, so ist es nach vorherrschender Meinung der Einfluss der durch den Menschen emittierten zusätzlichen Treibhausgase, der nach dem aktuellen Stand der Wissenschaft zum Klimawandel entscheidend beiträgt. (JACOBEIT 2007)

Der IPCC hat 2007 aktualisierte Berichte vorgelegt. In diesen Berichten werden die Beobachtungen und Messungen im Rahmen der internationalen Klimaforschung dargestellt und ausgewertet. Im Ergebnis wird das Voranschreiten und die Beschleunigung des globalen Klimawandels bestätigt. Dabei sind mit hoher Wahrscheinlichkeit die durch menschliche Aktivität verursachten Treibhausgase für den größten Teil der beobachteten Klimaänderung verantwortlich. Folgen des Klimawandels sind bereits nachweisbar. (IPCC 2007D)

Der 4. Sachstandsbericht (AR4) des IPCC (IPCC 2007 D) über Klimaänderungen bestätigt damit die Aussagen früherer Berichte. Er schätzt viele globale Risiken des Klimawandels aufgrund des heutigen Forschungsstandes mit größerer Sicherheit als in früheren Berichten ein:

- Risiken für einzigartige und bedrohte Ökosysteme
- Risiko extremer Wetterereignisse (Zunahme von Trockenheit, Hitzewellen und Hochwasser)
- Verteilung von Auswirkungen und Gefährdungen (es gibt große Unterschiede zwischen den Regionen)
- Aggregierte Schadensbewertung (anfängliche eventuelle positive Auswirkungen des Klimawandels werden als geringer angenommen, die mit zunehmender Erwärmung verbundenen Schäden werden als erheblicher eingeschätzt, die Nettokosten steigen mit fortschreitender Klimaerwärmung)
- Risiken von großskaligen, zum Teil irreversiblen Klimafolgen (Meeresspiegelanstieg allein infolge thermischer Expansion des Wassers, der über den beobachteten Anstieg im 20. Jahrhundert hinausgeht; größeres Risiko eines zusätzlichen

Meeresspiegelanstiegs durch Abschmelzen des Grönländischen und des west-antarktischen Eisschildes, als durch derzeitige Modellergebnisse vorausgesagt)

Selbst ein vergleichsweise geringer Anstieg der mittleren Lufttemperatur könnte gravierende Folgen für Menschen und Umwelt nach sich ziehen – auch in Deutschland. Zum Schutz der menschlichen Gesundheit und um wirtschaftliche Schäden gering zu halten, ist es erforderlich, sich bereits heute auf zu erwartende Klimaänderungen einzustellen (<http://osiris.uba.de/gisudienste/Kompass/01/2008>).

Der IPCC betont: "Weder Anpassung noch Minderung allein können gravierende Auswirkungen des Klimawandels verhindern, sie können sich jedoch ergänzen und so die Risiken des Klimawandels signifikant verringern." (IPCC 2007 D, S. 3)

Bereits durch die Klimarahmenkonvention ist die Anforderung gestellt, nationale und gegebenenfalls regionale Programme zu erarbeiten, die neben emissionsmindernden Maßnahmen auch Strategien zur Anpassung an Auswirkungen des Klimawandels vorsehen (UNFCCC, Art 4.1 (b))¹.

Die Bundesregierung beschloss in der Fortschreibung des Nationalen Klimaschutzprogramms (BMU 2005) neben Maßnahmen zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen im Zeitraum 2008 bis 2012 die Arbeiten an einem Konzept zur Anpassung an den Klimawandel in Deutschland aufzunehmen. Erforderliche Voraussetzungen für eine Anpassungsstrategie sind integrierte Ansätze aus Politik, Wirtschaft, Verwaltung und Wissenschaft, innerhalb derer Informationen zum Klimawandel gebündelt werden und aus denen sich geeignete technologische, legislative und institutionelle Anpassungsempfehlungen ergeben. Auf dieser Grundlage können die entsprechenden Entscheidungen für Anpassungsmaßnahmen getroffen werden.

Mit dem Ziel, konzeptionelle und fachliche Grundlagen für eine Nationale Anpassungsstrategie zu entwickeln, wurde dazu beim UBA ein "Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung" (KomPass) aufgebaut.

Des Weiteren erfolgte im Auftrag des UBA für sieben klimasensible Bereiche (Wasser-, Land- und Forstwirtschaft, Biodiversität / Naturschutz, Gesundheit, Tourismus und Verkehr) eine bundesweite Analyse des aktuellen Kenntnisstandes zum Klimawandel, den damit verbundenen potenziellen Auswirkungen auf die genannten klimasensiblen Bereiche und deren momentanen Anpassungsgrad und -kapazität an den Klimawandel (PIK 2005). Daraus wurden Schlussfolgerungen für die Vulnerabilität (Anfälligkeit) einzelner Bereiche und Regionen in Deutschland gegenüber dem Globalen Wandel gezogen.

In einigen Bundesländern wurde das Handlungserfordernis aufgegriffen. Speziell Mecklenburg-Vorpommern (M-V) hat neben konkreten Projekten und Maßnahmen im Land mit der Weiterentwicklung des KLIMASCHUTZKONZEPTES (1997) zum AKTIONSPLAN KLIMASCHUTZ (2005) und durch den Auftrag des Landtages zur Fortschreibung des Aktionsplanes (2007) bereits auf die Brisanz des Themas reagiert. Neben den Maßnahmen zur Minderung von Treibhausgasemissionen ist darin die regionale Klimafolgenforschung als Voraussetzung für die Erstellung von Anpassungsstrategien und Grundlage für weitere Planungen ausdrücklich benannt. Mit der Interministeriellen Arbeitsgruppe Klimaschutz

¹ Gleichlautende Empfehlungen gaben der Ausschuss für wissenschaftlich-technische Fragen der Klimarahmenkonvention (SBSTA UNFCCC) sowie der Sachverständigenkreis „Globale Umweltaspekte“ (SVGUA) des BMBF.

(1996) wurde auf Landesebene ein begleitendes Gremium genutzt. Die ad-hoc - Arbeitsgruppe des Wissenschaftlichen Beirates des Umweltministeriums legte 2006 erste Arbeitsschwerpunkte fest. Mit dem Landtagsbeschluss vom März 2007 wurde von der Legislative eine erneute Unterstützung und Förderung der Untersuchung zum Klimawandel in M-V gegeben.

A.2 Methodisches Vorgehen

Ausgangspunkt für die Bewertung von Klimaprojektionen waren die Ergebnisse einer ad-hoc - Arbeitsgruppe des Wissenschaftlichen Beirates (Umwelt).

Für betroffene Schwerpunktbereiche des Aktionsplans Klimaschutz (klimasensible Bereiche):

- Wasserwirtschaft
- Ostsee/Küste
- Biodiversität/Naturschutz
- Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft
- Gesundheit
- Energie/Verkehr
- Raumordnung/Tourismus

wurden Klimaprojektionen in die Zukunft in Form von allgemeiner Bewertung und anhand von aussagefähigen Beispielen fachlich bewertet. Die Themenschwerpunkte sind im Kapitel C jeweils aufgeführt und erläutert. Der Schwerpunkt Raumordnung/Tourismus wird nach Veröffentlichung dieser Studie ausführlich bewertet werden, da für diesen, für die Entwicklung des Landes, wesentlichen Bereich alle Informationen herangezogen werden sollen.

Es wurden nach einem öffentlichen Interessenbekundungsverfahren sieben Facharbeitsgruppen gebildet. Mitglieder dieser Facharbeitsgruppen sind die jeweiligen Landesministerien bzw. nachgeordnete Behörden, wissenschaftliche Institutionen und Ingenieurbüros. Der fachübergreifende Austausch wurde durch einen Koordinator gewährleistet:

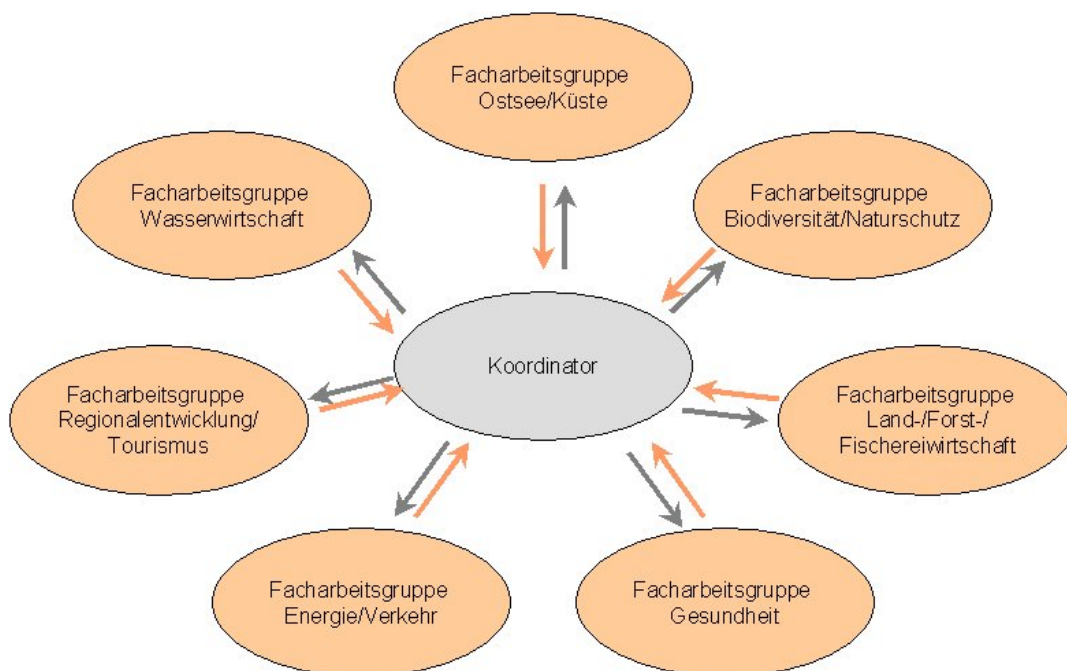


Abbildung 1: Organisationsstruktur des vorliegenden Projektes

Auf konstituierenden Sitzungen (2006) verständigten sich die Teilnehmer der jeweiligen Facharbeitsgruppen zu den Themenschwerpunkten.

Innerhalb der einzelnen Facharbeitsgruppen erfolgte eine Auswertung von Klimaprojektionen bezogen auf das Land Mecklenburg-Vorpommern. Mögliche Auswirkungen wurden entweder auf Grundlage vorliegender Ergebnisse anderer Untersuchungen oder auf Grundlage eigener wissenschaftlicher Untersuchungen und Modellierungen analysiert und bewertet. Vom UBA wurden Modellergebnisse und Daten zur Entwicklung der klimatischen Verhältnisse in M-V bis zum Jahr 2100 bereitgestellt (s. a. Kap. B.2).

Die vorliegende Studie fasst die wesentlichen Ergebnisse der Studien der einzelnen Facharbeitsgruppen zusammen.

Wesentliche Ergebnisse werden als Kabinettsvorlage, als Landtagsinformation im Rahmen des Aktionsplans Klimaschutz und für die Information der Öffentlichkeit aufbereitet.

B Klimaszenarien und Datengrundlagen

B.1 Vorliegende Szenarien zur zukünftigen Klimaentwicklung in Mecklenburg-Vorpommern

Der IPCC hat in seinem 2007 veröffentlichten Bericht (IPCC 2007A) verschiedene globale Emissionsszenarien aufgeführt, die den jeweiligen Bezugspunkt der verschiedenen Klimamodellierungen bilden:

<p><i>Szenario A1:</i></p> <p>Die A1-Szenarien-Familie beschreibt eine zukünftige Welt mit sehr raschem Wirtschaftswachstum, einer Mitte des 21. Jahrhunderts kulminierenden und danach rückläufigen Weltbevölkerung und rascher Einführung neuer und effizienterer Technologien. Wichtige grundlegende Themen sind Annäherung von Regionen, Entwicklung von Handlungskompetenz sowie zunehmende kulturelle und soziale Interaktion bei gleichzeitiger substantieller Verringerung regionaler Unterschiede der Pro-Kopf-Einkommen.</p> <p>Die A1-Szenarien-Familie teilt sich in drei Gruppen auf, die unterschiedliche Ausrichtungen technologischer Änderungen im Energiesystem beschreiben. Sie unterscheiden sich in ihrer technologischen Hauptstossrichtung:</p> <ul style="list-style-type: none">▪ fossilintensiv (A1FI),▪ nichtfossile Energiequellen (A1T)▪ eine ausgewogene Nutzung aller Quellen (A1B) (wobei ausgewogene Nutzung definiert ist als eine nicht allzu große Abhängigkeit von einer bestimmten Energiequelle und durch die Annahme eines ähnlichen Verbesserungspotenzials für alle Energieversorgungs- und -verbrauchstechnologien)
<p><i>Szenario A2:</i></p> <p>Die A2-Szenarien-Familie beschreibt eine sehr heterogene Welt. Das Grundthema ist Autarkie und Bewahrung lokaler Identitäten. Regionale Fruchtbarkeitsmuster konvergieren nur sehr langsam, was eine stetig zunehmende Bevölkerung zur Folge hat. Die wirtschaftliche Entwicklung ist vorwiegend regional orientiert und das Pro-Kopf-Wirtschaftswachstum und technologische Veränderungen sind bruchstückhafter und langsamer als in anderen Szenarien-Familien.</p>
<p><i>Szenario B1:</i></p> <p>Die B1-Szenarien-Familie beschreibt eine sich näher kommende Welt, mit der gleichen, Mitte des 21. Jahrhunderts kulminierenden und danach rückläufigen Weltbevölkerung wie in A1, jedoch mit raschen Änderungen der wirtschaftlichen Strukturen in Richtung einer Dienstleistungs- und Informationswirtschaft, bei gleichzeitigem Rückgang des Materialverbrauchs und Einführung von sauberen und ressourcen-effizienten Technologien. Das Schwergewicht liegt auf globalen Lösungen für eine wirtschaftliche, soziale und umweltgerechte Nachhaltigkeit, einschließlich erhöhter sozialer Gerechtigkeit, aber ohne zusätzliche Klimainitiativen.</p>
<p><i>Szenario B2:</i></p> <p>Die B2-Szenarien-Familie beschreibt eine Welt mit Schwerpunkt auf lokalen Lösungen für eine wirtschaftliche, soziale und umweltgerechte Nachhaltigkeit. Es ist eine Welt mit einer stetig, jedoch langsamer als in A2 ansteigenden Weltbevölkerung, wirtschaftlicher Entwicklung auf mittlerem Niveau und weniger raschem, dafür vielfältigerem technologischem Fortschritt als in den Szenarien B1 und A1. Obwohl das Szenario auch auf Umweltschutz und soziale Gerechtigkeit ausgerichtet ist, liegt der Schwerpunkt auf der lokalen und regionalen Ebene.</p>

Abbildung 2: Emissionsszenarien des IPCC(IPCC 2007A)

Die nachstehende Abbildung verdeutlicht grafisch die Schwerpunktsetzung der Szenarien:

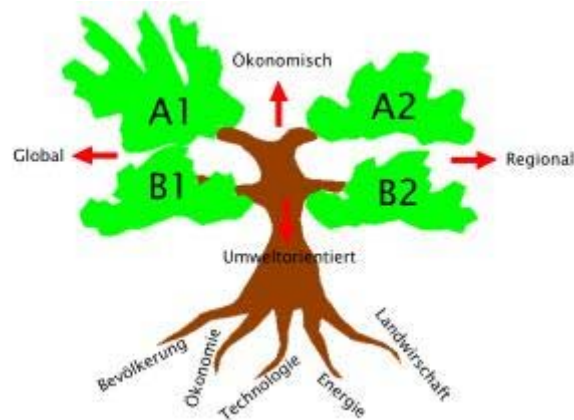


Abbildung 3: Emissionsszenarien nach IPCC²

Zu den Szenarien wurden unterschiedlich hohe Treibhausgas-Emissionen ermittelt, die in die globalen Klimamodelle eingespeist werden.

Die für die beschriebenen Szenarien projizierte *globale* Erwärmung der Erdoberfläche mit den Streubreiten der Modellierung zeigt Abbildung 4.

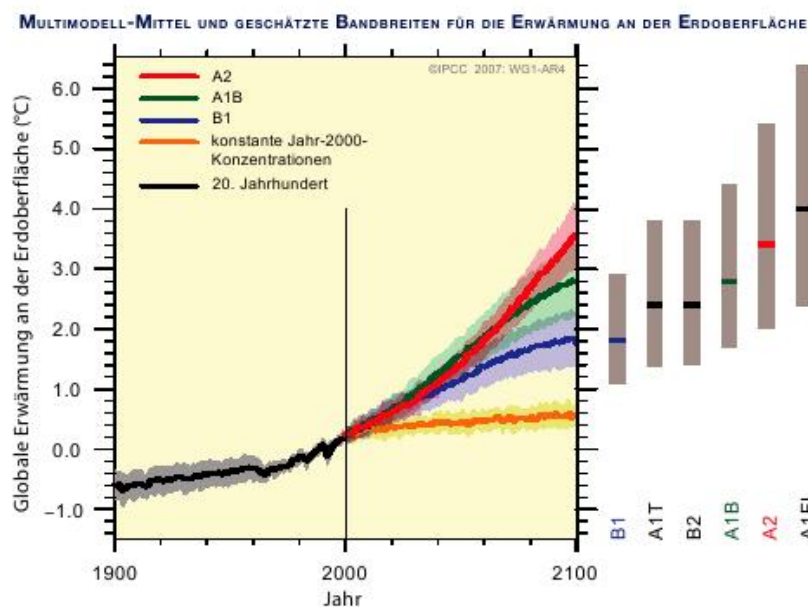


Abbildung 4: Projizierte globale Erwärmung der Erdoberfläche für die IPCC-Szenarien (IPCC 2007A)

Die Klimaänderungsszenarien lassen sich somit als plausible, mögliche Darstellungen der Zukunft (Projektionen), jedoch nicht als Vorhersagen des Wetters für morgen oder übermorgen verstehen.

² SPEKAT et.al. 2007, S.III

Für regionale Informationen zu künftigen Klimaänderungen wurden im Rahmen eines Forschungsprojektes im Auftrag des Umweltbundesamtes Klimaprojektionen für Deutschland bis zum Jahr 2100 unter Nutzung zweier verschiedener Modellansätze erstellt:

- das dynamische Regionalmodell REMO des Max-Planck-Instituts für Meteorologie in Hamburg
- das statistische Modell WETTREG der Firma CEC Potsdam

Beide Modelle basieren auf dem globalen Modell ECHAM5 (MPI Hamburg). Dieses bildet klimarelevante Vorgänge der Erde (Atmosphäre, Ozean, Erdoberfläche) mit Hilfe physikalischer Parameter ab. Anhand dieser werden globale Projektionen für die künftige Entwicklung bestimmter Klimadaten (z.B. Temperatur) und Zirkulationsvorgänge erstellt. Die Auflösung beträgt 180 x 180 km, ist also für regionale Projektionen zu gering.

Das dynamische Modell **REMO** rechnet die Daten des globalen Modells auf eine regional nutzbare Auflösung herunter (ca. 10 x 10 km). Dabei berücksichtigt es regionale Besonderheiten (z. B. Küstenlagen, Höhenzüge). Im Ergebnis liegen Daten für Gitterpunkte flächig vor.

Das statistische Modell **WETTREG** betrachtet großräumige Wetterlagen und deren lokale Auswirkungen. Die in ECHAM5 modellierten Änderungen werden mittels bekannter Zusammenhänge auf lokale Parameter (z.B. Temperatur) projiziert. Damit entstehen auf der Grundlage von Messreihen Projektionen für Klimaparameter an der jeweiligen meteorologischen Station.

Wesentliche Basisinformationen zu diesen beiden Modellen sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 1: Basisinformationen der Modelle REMO und WETTREG³

	REMO	WETTREG
Modelltyp	Dynamisches Modell Antrieb: Globalmodell ECHAM5	Statistisches Regionalisierungsverfahren basierend auf dem Globalmodell ECHAM5
Entwicklung	MPI für Meteorologie, Hamburg	CEC Potsdam GmbH
Projektleitung	Dr. Daniela Jacob	Dr. Wolfgang Enke
Modellbeschreibung	REMO [EN]	WETTREG
Modellgebiet	Deutschland plus Alpenraum	Deutschland
Zeitraum	1950 bis 2100	1961 bis 2100
IPCC-Emissionsszenarien	A1B, B1, A2	A1B, B1, A2
Räumliche Auflösung	0,088° (ca. 10 x 10 km)	Bezogen auf meteorologische Stationen
Zeitliche Auflösung	Stundenwerte	Tageswerte
Struktur	Gitterpunkte: Rotiertes Modellgitter sowie Reguläres lat/lon-Gitter	Diskrete Stationswerte, ergänzt um Metadaten für die Station wie geographische Koordinaten und Höhe über NN

³ Quelle: <http://osiris.uba.de/gisudienste/Kompass/karten/szenarien.htm>

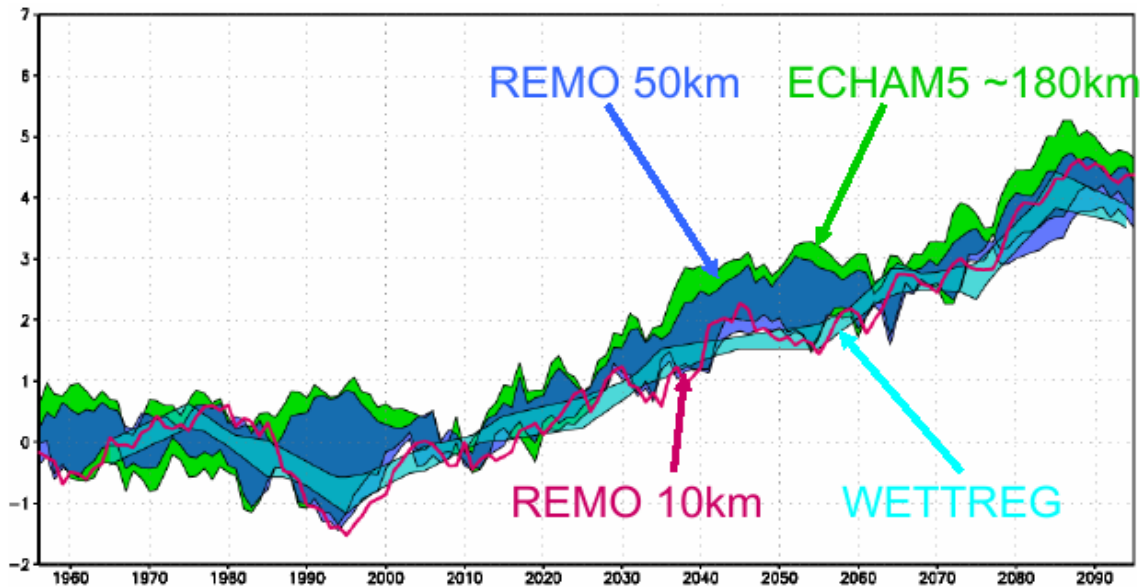


Abbildung 5: Vergleich der Modelle: Entwicklung der Jahreszeitenmitteltemperatur in Deutschland, Winter, Szenario A1B⁴,

Das Modell ECHAM5 projiziert globale, REMO und WETTREG dagegen regionale Klimaveränderungen. Die Zahlenangaben kennzeichnen die räumliche Auflösung der Modelle.

Die Unterschiede der Modelle führen zu Streuungen für die betrachteten Parameter. Wie in Abb. 5 (als Beispiel) ersichtlich, stimmen die Trends überein und liefern damit nutzbare Projektionen für künftige Klimaänderungen.

B.2 Klimaprojektionen für Mecklenburg-Vorpommern

Grundlage für die Klimaprojektionen stellen die Ergebnisse der Modellläufe von WETTREG und REMO dar. Die Modellläufe erfolgten in den Szenarien A1B, A2, B1. Als typische meteorologische Stationen (WETTREG) für Landesteile dienen die Daten von Schwerin (Region Westmecklenburg), Waren (Region Mittleres Mecklenburg), Rostock/Warnemünde (Region Ostseeküste), Greifswald (Region Vorpommern) und Arkona (Rügen).

Lufttemperatur

In den vergangenen 50 Jahren ist die Temperatur in Mecklenburg-Vorpommern bereits um 0,8 °C angestiegen. Aus den Klimaprojektionen lassen sich für die Tagesmitteltemperatur im Verhältnis zum Zeitraum 1961-1990 folgende Trends ermitteln:

⁴ <http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-presse/hintergrund/Klimaaenderungsworkshop.pdf>

- stetiger Anstieg bis zum Jahr 2100 um ca. 1,8-2,6 °C (Jahresmittel, WETTREG) bzw. 2-3 °C (REMO)
 - Frühling: Anstieg um 0,7-1,4 °C (WETTREG);
 - Sommer: Anstieg um 1,7-2,7 °C (WETTREG)
 - Herbst: Anstieg um 2,2-3,2 °C (WETTREG)
 - Winter: Anstieg um 2,6-3,7 °C (WETTREG)

Regionale Änderungen:

Die Ostseeküste könnte aufgrund der ausgleichenden Wirkung der Ostsee vom Temperaturanstieg weniger betroffen sein als das Binnenland, dies betrifft ebenso die Extremereignisse (kalte und heiße Tage). Die Erwärmung tritt hier zeitlich verzögert auf. Die Zunahme von heißen Tagen (Maximumtemperatur ≥ 30 °C) und Tropennächten (Minimumtemperatur ≥ 20 °C) wird etwa gleichstark berechnet.

Für das mittlere Mecklenburg und Vorpommern kann mit einem deutlicheren Hervortreten des kontinentalen Einflusses gerechnet werden. Es wird von einer deutlichen Zunahme der heißen Tage ausgegangen.

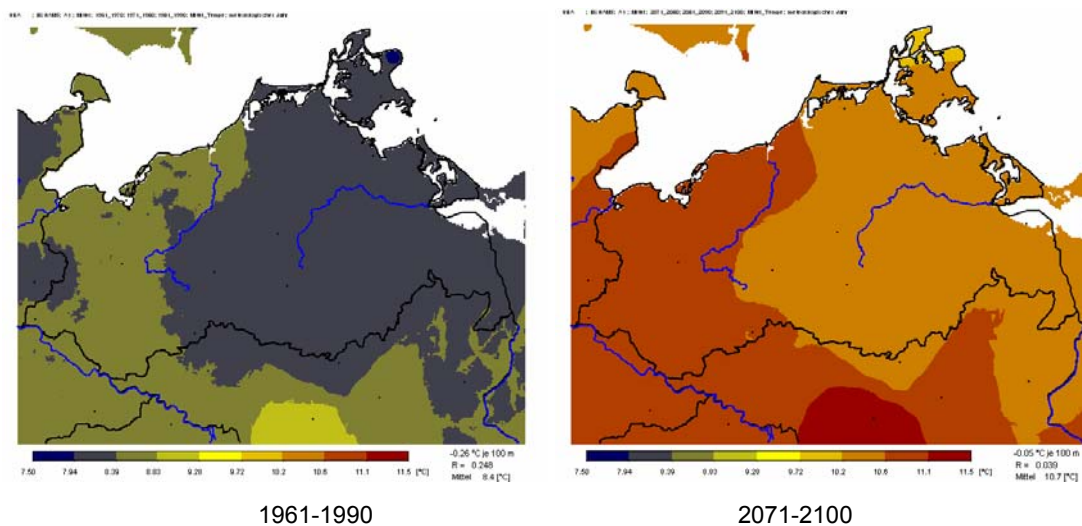


Abbildung 6: Tagesmitteltemperatur: Darstellung des Kontrolllaufes 1961 bis 1990⁵ mit der Periode 2071–2100 (Szenario A1B, WETTREG)

Die folgenden Abbildungen zeigen die mögliche Entwicklung der Anzahl (Ab- bzw. Zunahme) von Kerntagen in ausgewählten Regionen Mecklenburg-Vorpommerns (Szenario A1B). Folgende Kerntage werden dargestellt:

- Eistage: Die Temperatur **steigt nicht** über 0°C ($T_{max} < 0^\circ\text{C}$)
- Frosttag: Die Temperatur **fällt unter** 0°C ($T_{min} < 0^\circ\text{C}$; z.B. nachts -2°C, tags + 3°C)
- Sommertag: Die Temperatur **steigt über** 25 °C ($T_{max} > 25^\circ\text{C}$)
- Heißer Tag: Die Temperatur **steigt über** 30 °C ($T_{max} > 30^\circ\text{C}$)
- Tropennacht: Die Temperatur **fällt nicht** unter 20 °C ($T_{min} > 20^\circ\text{C}$)

⁵ SPEKAT et. al. 2007, S. 73

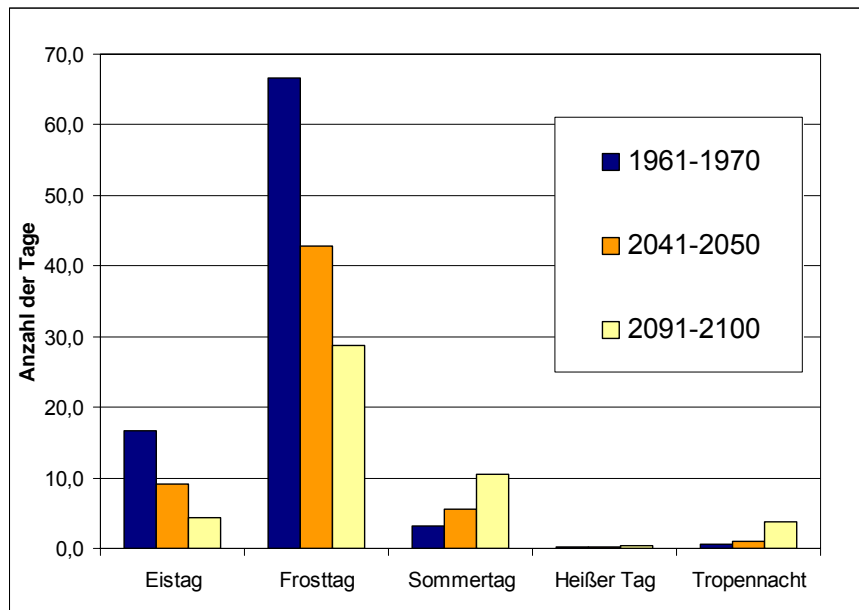


Abbildung 7: Änderung der Anzahl von Kenntagen bis Ende des Jahrhunderts in der Region Rügen (Szenario A1B)⁶

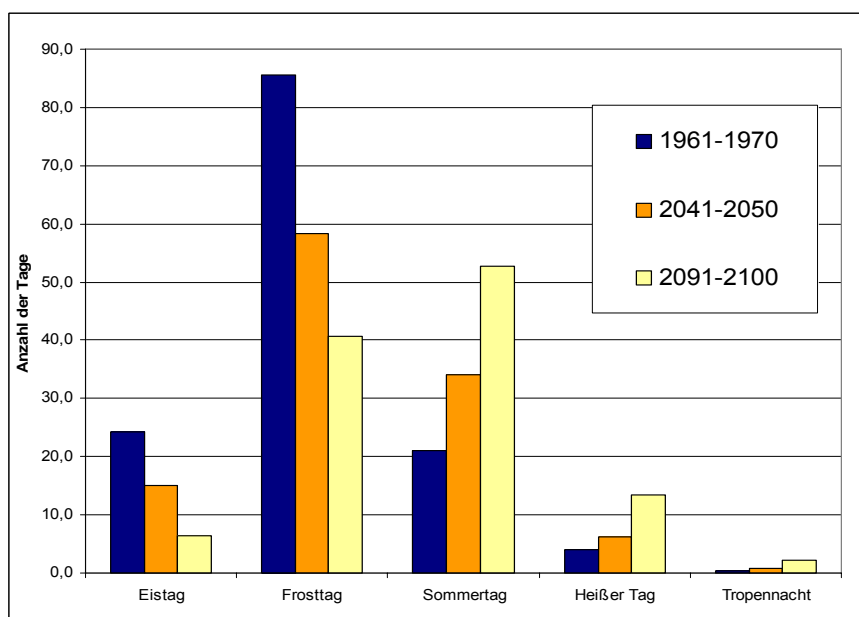


Abbildung 8: Änderung der Anzahl von Kenntagen bis Ende des Jahrhunderts in der Mürz-Region (Szenario A1B)⁷

⁶ SPEKAT et. al. 2007

⁷ SPEKAT et. al. 2007

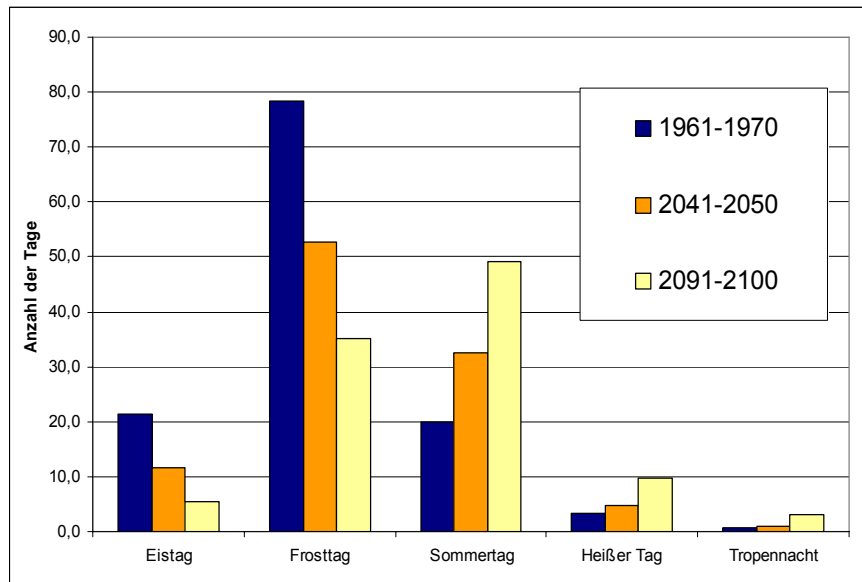


Abbildung 9: Änderung der Anzahl von Kenntagen bis Ende des Jahrhunderts in der Region Westmecklenburg (Szenario A1B)⁸

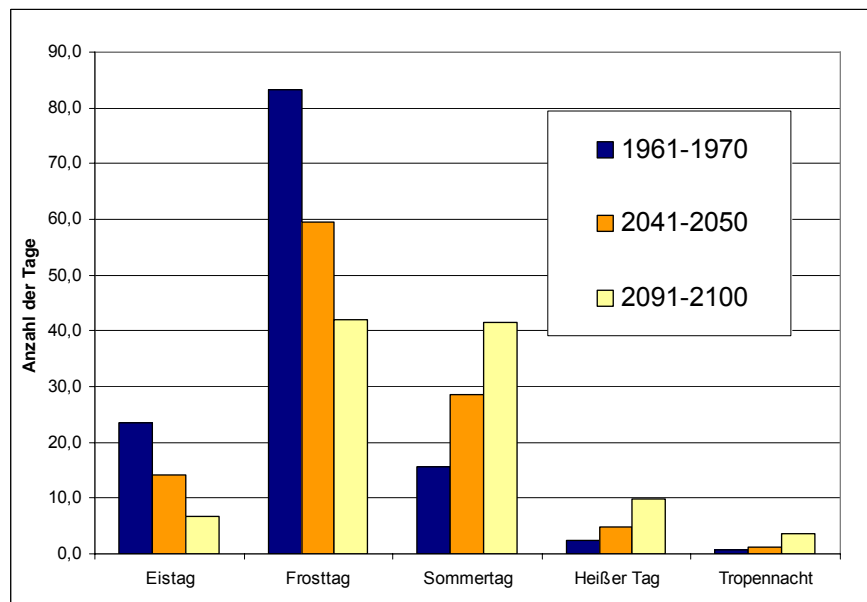


Abbildung 10: Änderung der Anzahl von Kenntagen bis Ende des Jahrhunderts in der Region Vorpommern (Szenario A1B)⁹

Niederschlag

Die jährlich zur Verfügung stehende Niederschlagsmenge ist bereits jetzt regional sehr unterschiedlich. Bis zum Ende des Jahrhunderts werden sich die Jahresmengen wahrscheinlich nur relativ geringfügig ändern (-15% bis + 10 %).

⁸ SPEKAT et. al. 2007

⁹ SPEKAT et. al. 2007

Für den Winterniederschlag wird bis 2100 eine geringe bis starke Zunahme bis max. 50% angenommen. Die Niederschlagserhöhung im Winter fällt in Küstennähe und Westmecklenburg deutlicher aus. Der Niederschlag wird in deutlich geringerem Anteil als Schnee fallen.

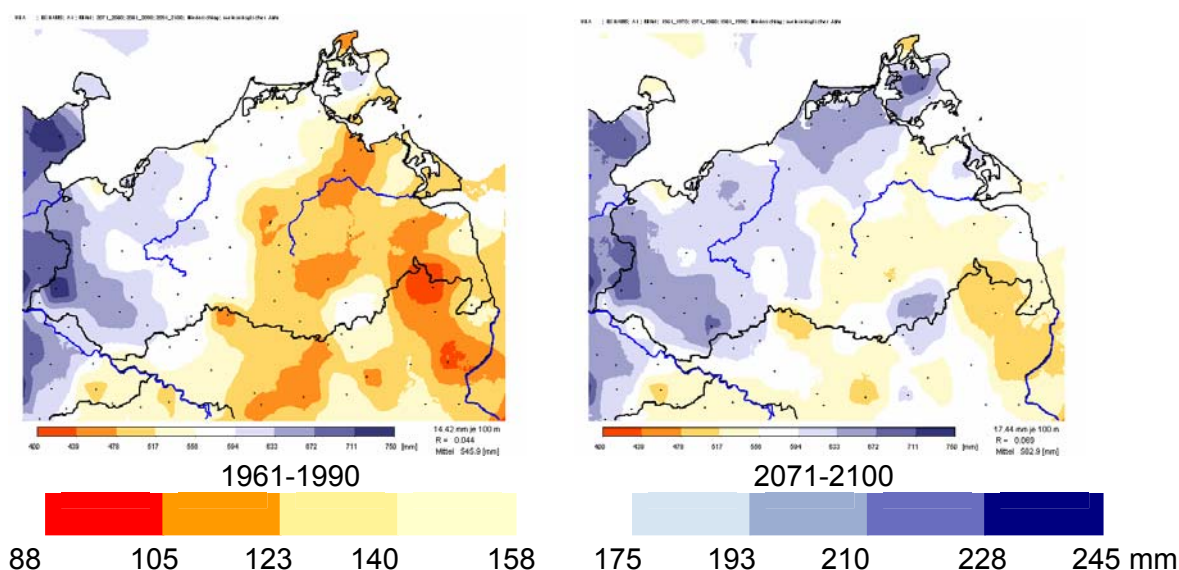


Abbildung 11: Niederschlagsmengen im Winter für die Jahre 2071-2100 gegenüber dem Vergleichszeitraum 1961-1990 (Szenario A1B)¹⁰

Durch die WETTREG-Projektionen wird beim Sommerniederschlag eine starke regionale Gliederung zwischen den westlichen und östlichen Landesteilen projiziert: Der Sommerniederschlag könnte danach bis zum Ende des Jahrhunderts bis zu 50 % (A1B) in den östlichen Landesteilen zurückgehen und würde insbesondere in Teilen der Region Vorpommern den größten Rückgang in Deutschland darstellen (s. Abbildung 12).

Nach REMO entwickeln sich die Sommerniederschläge weniger stark regional differenziert. Danach könnte ein Rückgang zwischen ca. 5 % (im zentralen Bereich Mecklenburgs) und 25% stattfinden (s. Abbildung 12).

Beide Klimamodelle verdeutlichen, dass Teile von M-V deutschlandweit mit am stärksten von sommerlicher Trockenheit betroffen sein könnten.

¹⁰ JACOB, et. al. 2006

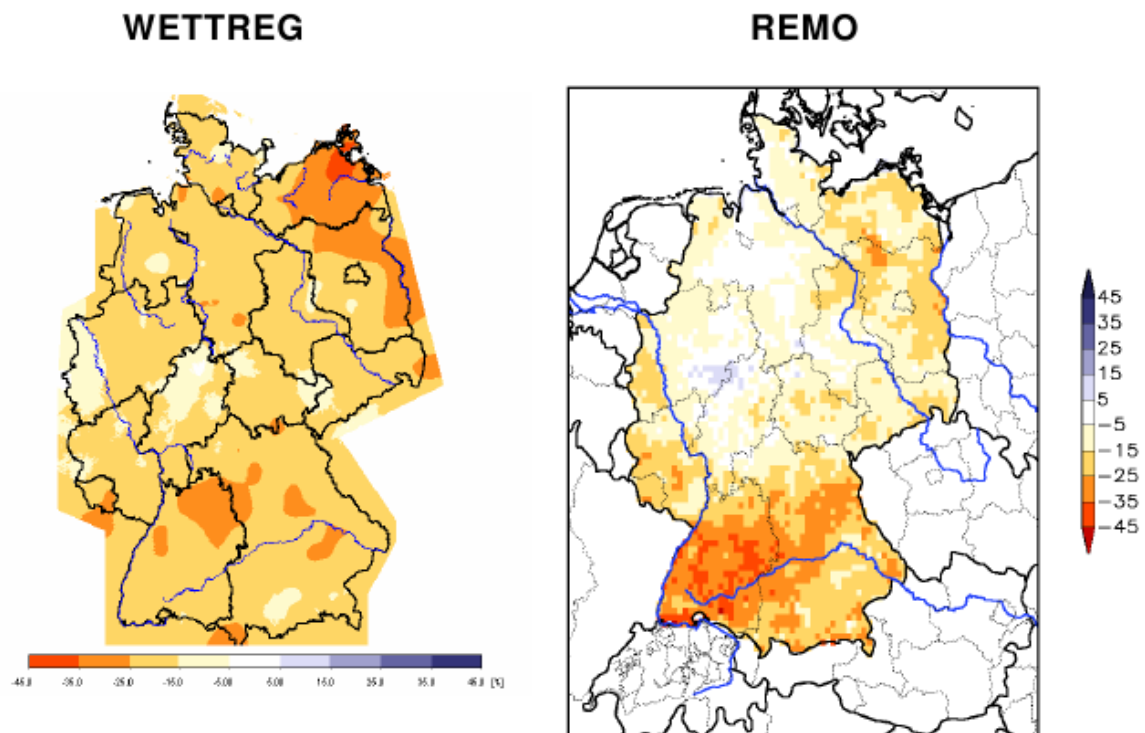


Abbildung 12: Relative Niederschlagsänderungen im Sommer für die Jahre 2051-2080 gegenüber dem Vergleichszeitraum 1961-1990 (Emissionsszenario A1B)¹¹

Eine Zunahme von Starkregenereignissen zwischen 15 % und 30% erwartet REMO für die zweite Hälfte des 21. Jahrhunderts. Diese ist regional und zeitlich nicht ausreichend differenzierbar. Die WETTREG-Läufe lassen keinen deutlichen Trend erkennen.

Windgeschwindigkeit, Bewölkung

Es werden keine eindeutigen Aussagen für eine Änderung der Wind- und Bewölkungsverhältnisse getroffen.

Zusätzliche von den Arbeitsgruppen genutzte (Klima-) Parameter

Die **Arbeitsgruppe Wasserwirtschaft** nutzte simulierte Tageswerte von 10 Wetterelementen: mittlere Temperatur, maximale und minimale Temperatur, Niederschlag, relative Luftfeuchte, Luftdruck, Dampfdruck, Sonnenscheindauer, Bewölkung und Windgeschwindigkeit (WETTREG).

In die **Arbeitsgruppe Ostsee/Küste** flossen Ergebnisse einer internationalen Arbeitsgruppe zum Klimawandel im Ostseebereich ein. Aus diesen und den WETTREG-Daten konnten Projektionen für Parameter wie Salzgehalt, Sauerstoffgehalt und Eisbedeckung erfolgen. Eine weitere Grundlage stellten langjährige Messreihen zum Meeresspiegelanstieg dar.

¹¹ JACOB, et. al. 2006

C Ergebnisse der Arbeitsgruppen

C.1 Wasserwirtschaft

Beitrag der Arbeitsgruppe Wasserwirtschaft zu den Auswirkungen der Klimaänderung für das Land M-V

Autoren der Studie [MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, ARBEIT UND TOURISMUS, 2007]:

Prof. Dr. Konrad Miegel (Universität Rostock, Institut für Umweltingenieurwesen)

Birgit Zachow (Universität Rostock, Institut für Umweltingenieurwesen)

Dr. Ralf Haupt (Büro für Hydrologie und Wasserwirtschaft, Graal Müritz)

Thoralf Hilgert (HGN Hydrogeologie GmbH, Schwerin)

Dr. Reinhard Wiemer, Stefan Klitzsch (Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie, Güstrow)

Endabstimmung mit dem Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern, Ref. Gewässerschutz, Gewässerkunde, wassergefährdende Stoffe, Seenprogramm, Bernd Segebarth

C.1.1 Verwendete Parameter und Szenarien

Für die hier vorgestellten Untersuchungen zur Auswirkung von Klimaänderungen auf den Wasserhaushalt und die Grundwasserverhältnisse in M-V bilden WETTREG-Daten des mittleren Szenarios A1B die Grundlage. Durch Voruntersuchungen lagen bereits erste Ergebnisse zum Bodenwasserhaushalt vor, die mit der rein statistischen Downscaling-Methode von Gerstengarbe (PIK Potsdam) erzielt worden sind. Auf eine Darstellung dieser Ergebnisse im Vergleich zu den Simulationsergebnissen mit WETTREG-Daten wurde hier verzichtet. Lediglich bei der Analyse der Starkniederschläge wurde mit dem Modell REMO des MPI Hamburg (Szenario A1B) auf ein dynamisches Modell des regionalen Downscaling zurückgegriffen, mit dem eine physikalisch begründete Modellierung erfolgt. Es wurde davon ausgegangen, dass statistischen Methoden Grenzen gesetzt sind, wenn es um Abbildung bzw. Erzeugung veränderter Extreme geht, und dynamische Modellansätze grundsätzlich besser geeignet sind, solche Extreme zu generieren.

Für Aussagen zur Veränderung von Bodenwasserhaushaltsgrößen wurden mit dem Wasserhaushaltsmodell MINERVA Monatswerte für die Größen Versickerung, Verdunstung und Bodenfeuchte auf der Grundlage der Modelldaten (WETTREG, s. S.7) simuliert und auf dieser Grundlage Aussagen zur Grundwasserneubildung getroffen. Demgegenüber erfolgte die Berechnung der Grundwasserneubildung in Beispielgebieten nach dem BAGROV-GLUGLA-Verfahren.

Bei den Szenariosimulationen mit dem Modell MINERVA wurde zunächst von den gleichen Boden- und Bewirtschaftungsverhältnissen in den verschiedenen Regionen ausgegangen. Ebenso wurden gleichbleibende, unveränderte Bewirtschaftungsverhältnisse vorausgesetzt. Als für weite Bereiche von M-V repräsentative Bodenart wurde die Parabraunerde gewählt und als Fruchtfolge die für M-V typische Wintergerste, -weizen, -raps angenommen. Als Referenzstationen wurden die Standorte Schwerin (Westmecklenburg), Teterow (zentrale Lage - Übergangsbereich), Ueckermünde (östliches Vorpommern), Greifswald (nordöstliches Vorpommern) und Warnemünde (Küsteneinfluss) ausgewählt.

Zur Untersuchung der Extremniederschläge wurden REMO-Daten mit denen des KOSTRA-Atlas des Deutschen Wetterdienstes (DWD) verglichen.

Das Auftreten möglicher extremer Hochwasserereignisse wurde literaturgestützt analysiert.

C.1.2 Chancen und Risiken durch den Klimawandel

Bodenwasserhaushalt und Grundwasserneubildung

Bei den Ergebnissen zum Bodenwasserhaushalt ist zu beachten, dass diese ausschließlich für sickerwasserdominierte, grundwasserferne Ackerstandorte und die oben genannte Bewirtschaftung erzielt worden sind und nicht ohne weiteres auf Einzugsgebiete bzw. Landschaftsausschnitte verallgemeinert werden dürfen. Im Gegensatz zu diesen Ergebnissen lassen Feuchtgebiete und Standorte mit flurnahem Grundwasser aufgrund der Temperaturerhöhung eine Erhöhung der Verdunstung erwarten. In Gebieten, in denen solche Standorte nicht dominieren, können die nachfolgenden Kernaussagen aber als Orientierung dienen.

Grundlage für diese Untersuchungen war das Modell MINERVA, das auf ausgewählten Flächen mit definierter landwirtschaftlicher Bewirtschaftung Berechnungen des Wasserhaushaltes erlaubt. Aus den Veränderungen bei den Klimagrößen Niederschlag (überwiegende Zunahme im Winterhalbjahr, Abnahme in der Vegetationsperiode, Abnahme regional verschieden von ca. 5 bis 14% insgesamt, d.h. jahresbezogen) und Temperatur (unterschiedlich starke Zunahme im Winterhalbjahr bzw. in der Vegetationsperiode) wurden innerjährliche Veränderungen bei den Wasserhaushaltsgrößen Verdunstung, Versickerung und Bodenfeuchte mit folgenden Ergebnissen ermittelt:

- Für die Entwicklung des Bodenwasserhaushalts sind nicht allein die generellen Veränderungen bei der Temperatur und beim Niederschlag (Jahreswerte) maßgeblich, sondern vor allem auch die Änderung der innerjährlichen Niederschlagsverteilung.
- Verdunstung: Zunahme im Winter (absolut betrachtet aber wenig bedeutsam), spürbare Zunahme im zeitigen Frühjahr, Abnahme im Sommer und Herbst, insgesamt, d.h. jahresbezogen und im Mittel Abnahme der Verdunstung
- Bodenfeuchte: Verringerung vom Sommer bis in die Wintermonate, im Frühjahr geringe, unbedeutende Abnahme
- Versickerung: Abnahme im Sommer und Herbst, späteres Einsetzen der Hauptversickerungsperiode im Spätherbst, aber deutliche Zunahme vom Januar bis in das zeitige Frühjahr, insgesamt Zunahme der Versickerung, die bei sickerwasserdominierten Standorten weitgehend der Grundwasserneubildung entspricht
- Am größten ist die winterliche Versickerung bei sandigen Böden (Podsol), gefolgt von den Parabraunerden mit bindigen, aber noch durchlässigen Unterböden und von Staugley / pseudovergleyten Böden (staunassen) mit stauenden, wenig durchlässigen Unterböden.
- Es sind insgesamt deutliche regionale Unterschiede zu erkennen, Berechnungen für die Station Angermünde in Nordostbrandenburg deuten darauf hin, dass im Süden und Südosten Vorpommerns entgegen den oben gemachten Aussagen eine Abnahme der Grundwasserneubildung zu erwarten ist, mit entsprechender Verschlechterung des Grundwasserdargebots und Folgeproblemen.

Im Teilbericht „Bodenwasserhaushalt“ wird infolge der höheren winterlichen Niederschlagsmengen an allen untersuchten Klimastationen von einem starken Anstieg der Grundwasserneubildung ab ca. Januar bis in das zeitige Frühjahr ausgegangen. Damit

würde für diesen Zeitraum ein höheres Grundwasserdargebot zur Verfügung stehen. Für die Jahresgesamtbilanz wird von einer leichten Zunahme der Grundwasserneubildung ausgegangen. Beides gilt jedoch **nur unter der Bedingung**, dass die **Bodennutzung** sich **nicht** grundsätzlich **ändert** und gleichartige Böden vorliegen.

Als **Risiko** stellen sich der zurück gehende Niederschlag und die verringerte Grundwasserneubildung in den Sommermonaten dar. Nach der intensiven Zehrung durch Verdunstung bis Mai findet in den Monaten Juni - Oktober zum Ende des Jahrhunderts so gut wie keine Grundwasserneubildung mehr statt. Es können sich zudem Verringerungen der Bodenwasservorräte in der Vegetationsperiode von bis zu 25% mit erheblichen Auswirkungen auf die Landwirtschaft ergeben. Der bereits heute trockenere östliche Landesteil wäre davon stärker betroffen.

Veränderte Bewirtschaftungsverhältnisse der Böden und ein erhöhter Beregnungsbedarf (aus dem Grundwasser) können regional gleichfalls den Rückgang an jährlicher Grundwasserneubildung bzw. eine Absenkung der Grundwasserspiegel zur Folge haben. Dieses wiederum führt zu einem erhöhten Risiko des Auftretens von Niedrigwasserereignissen (Gefährdung von oberflächennahen Grundwassern, möglicherweise Verlust von Feuchtflecken und stärkere Moorbodendegradierung).

Grundwasserneubildung in Beispielgebieten

Untersucht wurden als Beispielgebiete Räume bei Schwerin und auf Usedom. In Westmecklenburg würde den Modellrechnungen zufolge die höhere Verdunstung im Winter durch eine Zunahme der Winterniederschläge weitgehend kompensiert werden. Der jahreszeitliche Gang des abnehmenden Grundwasserstandes unterliegt kaum Veränderungen (gleichmäßige Verringerung des mittleren Abflusses aufgrund der Speicherwirkung des Grundwasserleiters). Im Beispielgebiet Ostusedom würde sich der Zeitraum extrem geringer Grundwasserneubildung und niedriger Grundwasserstände (Verringerung des Grundwasserdargebots auf 45 %) aufgrund niedrigerer Niederschläge bei gleichzeitig steigender Verdunstung verlängern.

Insgesamt kann von West nach Ost von einer signifikanten Zunahme der Auswirkungen der Klimaveränderungen auf die Wasserwirtschaft in Form von abnehmendem Grundwasserdargebot und sinkenden Grundwasserspiegeln ausgegangen werden.

Die Ausführungen machen deutlich, dass mit dem Teilvorhaben Grundwasserneubildung in Beispielgebieten teilweise andere Ergebnisse erzielt worden sind als im Teilvorhaben Bodenwasserhaushalt von Ackerstandorten. Bei der Einordnung dieser Ergebnisse ist zu beachten, dass hier nicht allein kleinräumige (Acker-)Standorte, sondern ganze Gebiete mit unterschiedlichen Strukturen, Nutzungsformen, Böden und teilweise mit oberflächennahem Grundwasser untersucht worden sind. Vollständig sind die unterschiedlichen Ergebnisse jedoch nicht auf solche Aspekte zurückzuführen. Beide Untersuchungen zeigen insgesamt, dass methodisch noch nicht alle Fragen abschließend geklärt sind, wie am besten die komplexen und komplizierten Einwirkungen von Klimaänderungen auf den Wasserhaushalt modellgestützt abgebildet werden sollten.

Niedrigwasserereignisse

Verbunden mit der Zunahme von Sommertrockenperioden wird eine deutliche Verminderung der Grundwasserneubildungsrate in der zweiten Jahreshälfte erwartet. Es könnte daher zum vermehrten Auftreten von extremen Niedrigwässern im Sommer und Herbst kommen, in denen Probleme bei der Gewährleistung des ökologischen Mindestabflusses, bei der ausreichenden Wasserversorgung von durchflossenen Feuchtgebieten, bei der Gewährung von ausreichenden Wassertiefen für die Schifffahrt und bei der Deckung des Wasserbedarfes von Industrie und Landwirtschaft auftreten. Infolge des verringerten Grundwasserangebotes und der tendenziellen Zunahme des Defizits in der klimatischen Wasserbilanz der Sommermonate besteht die Möglichkeit stärkerer Schwankungen der Wasserspiegellagen der Seen (z.B. Mecklenburger Oberseen, Schweriner See).

Hochwasserereignisse Binnengewässer

Bedingt durch die Zunahme der Intensität und Häufigkeit von Starkniederschlagsereignissen nimmt die Wahrscheinlichkeit von Hochwässern generell zu. Das gilt insbesondere für die kleinen Einzugsgebiete. Es kann bei Zunahme von Wetterlagen, die zur Ausbildung großräumiger Starkregenfelder führen, aber auch die größeren Flüsse wie Peene, Warnow, Recknitz und Elbe betreffen. Für die Elbe kann aber auch von einem Rückgang der Wahrscheinlichkeit von Eis- und Winterhochwässern ausgegangen werden, da es aufgrund der Erwärmung seltener zum Zufrieren des Flusslaufes kommen wird und die Schneerücklagen im Quellgebiet der Elbe tendenziell geringer ausfallen werden. Genauere Aussagen müssen diesbezüglich aber aktuellen Untersuchungen im gesamten Einzugsgebiet der Elbe vorbehalten bleiben.

Extremniederschläge

Für die zweite Hälfte des 21. Jahrhunderts wird eine Zunahme der Intensität und Häufigkeit von Starkregenniederschlagsereignissen um 15 % bis 30 % erwartet, wobei es regional und zeitlich Unterschiede geben wird.

Für den Zeitraum bis ca. 2050 lässt sich, von einzelnen Ausnahmen abgesehen, keine generelle Zunahme bei den untersuchten Starkregenkenwerten erkennen.

C.1.3 Handlungsempfehlungen

Allg./Nutzungen

- K-L¹² Die Folgen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt und die –nutzungen in Mecklenburg-Vorpommern sind vielfältig und vor allem regional höchst unterschiedlich. Zugleich sind die genauen Zusammenhänge in großen Teilen noch unbekannt. Deswegen sind räumlich untersetzte, weiterführende und vertiefende Untersuchungen zu den einzelnen Wasserhaushaltselementen und zu den erwartenden Auswirkungen unerlässlich.

- M-L Es ist wahrscheinlich, dass großräumig in Mecklenburg-Vorpommern insbesondere die Landwirtschaft durch Abnahme der Sommerniederschläge und die Verschärfung von Dürreperioden betroffen sein wird, daher sollte die Entwicklung von entsprechenden Anpassungsstrategien in diesem Bereich ein vorrangiges Ziel sein.

¹² zeitliche Einordnung: K: kurzfristig, M: mittelfristig, L: langfristig

- M-L Inwieweit an den jeweiligen Standorten im Land langfristig die Versorgungssicherheit mit Trinkwasser vom Klimawandel beeinflusst wird, lässt sich derzeit nicht hinreichend genau beantworten. Erforderlich hierzu sind individuelle Bewertungen jedes Fassungsgebietes und der zugehörigen Versorgungsregion einschließlich belastbarer Prognosen zur künftigen Entwicklung des Wasserbedarfs.

Grundwasser

- M-L Überprüfung und Anpassung des Landesmessnetzes „Grundwasserstand“. Ziel ist die direkte Überwachung der tatsächlich stattfindenden Grundwasserneubildung in unbeeinflussten Gebieten, um rechtzeitig klimabedingte Tendenzen erkennen zu können.
- K-M Regelmäßige Überprüfung und ggfs. Befristung der gewährten Wasserrechte, Anpassung an geänderte Bedarfs- und Grundwasserdargebotsbedingungen. Ziel ist sowohl die Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie (guter mengenmäßiger Zustand) als auch die Verhinderung der Übernutzung und die Sicherung des verbleibenden Grundwasserdargebots für die Trinkwasserversorgung.
- K-M Für eine nachhaltige Sicherung der Trinkwasserversorgung ist die Bearbeitung und Sicherung von Trinkwasservorräten in naturräumlichen Grenzen (Grundwasserkörper) notwendig.
- M Die Vergabe von Wasserrechten sollte an die Auflage eines Grundwassermonitorings zu Grundwasserstand und -beschaffenheit gebunden sein. Eine Kontrolle der Grundwasserentnahmen auch im landwirtschaftlichen Bereich (Tränk- und Beregnungswasser) ist anzustreben.
- M-L Bedarfsweise Überprüfung der Trinkwasserschutzzonen entsprechend dem Ergebnis des Monitorings: Durch die prognostizierten Veränderungen in Wasserdargebot und Grundwasserständen können sich die Einzugsgebiete der Trinkwasserfassungen verändern.
- L Überprüfung küstennaher Grundwasserfassungen hinsichtlich der Veränderungen der Salz-/Süßwassergrenze. Ausweisung von Fassungen, die künftig den durch Tourismus gestiegenen Wasserbedarf decken können sowie Entwurf und Umsetzung alternativer Wasserversorgungskonzepte.

Oberflächengewässer

- M Aufstellung von Plänen für die Einzugsgebiete zur Wasserbilanzierung und zur Stabilisierung des Landschaftswasserhaushaltes. Dabei sind ggfs. Konflikte im Zusammenhang mit der Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie (Durchgängigkeit der Fließgewässer) und Renaturierungsplänen zu lösen.
- M Die Schutzziele für Renaturierungen bzw. Sanierungen, insbesondere Moore (Moorschutzkonzept) und Seen (Seenprogramm), Natur- und Landschaftsschutzgebiete sind hinsichtlich ihrer Umsetzung unter den Bedingungen des Klimawandels (zur Verfügung stehende Wassermengen) zu überprüfen und ggf. anzupassen.

Hochwasser/Niedrigwasser

- M Überprüfung der vorhandenen Bemessungsgrundlagen für Gewässer, Hochwasserschutzanlagen, Kanalisation und Regenrückhalteeinrichtungen.
- M Niederschlags-Abfluss-Modellierung in Beispielgebieten unter Nutzung veränderter Starkniederschläge und Analyse der Veränderung bei den Bemessungsabflüssen.
- K Keine Ausweisung von Bebauungsflächen in hochwassergefährdeten Gebieten - Überprüfung/Reglementierung der Bauleitplanung in den Gemeinden.
- M Wiederherstellung und Schaffung von Retentionsräumen (Rückbau von Deichen und Flussbegradigungen), Sicherung und Rückgewinnung von natürlichen Überschwemmungsflächen.
- M Ausbau von Regenrückhaltebecken; Förderung der ortsnahe Regenwasserversickerung, Verringerung der Versiegelung.

Bedarf an weiterführenden Untersuchungen

- M-L Anpassung der landesweit berechneten Grundwasserneubildung an prognostizierte Klimaänderungen. Ziel ist die Anpassung der Einzugsgebiete an ein möglicherweise deutlich verändertes Grundwasserdargebot.
- M Geohydraulische Modellierungen weiterer Beispielgebiete: Das Ziel ist es, das Prozessverständnis zu erweitern, die Reaktionen der geohydraulischen Systeme auf Klimaänderungen zu verallgemeinern und somit übertragbare Aussagen ableiten zu können.
- K-M Standortbezogene Neufestlegung des landschaftsökologischen Mindestabflusses als mögliche Steuergröße für die Vergabe von Wasserrechten für die einzelnen Gewässer.

C.2 Ostsee/Küste

Beitrag der Arbeitsgruppe Ostsee/Küste zu den Auswirkungen der Klimaänderung für das Land M-V

Autoren der Studie [MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, ARBEIT UND TOURISMUS, 2007]::

Prof. Dr. Ralf-Otto Niedermeyer (Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie, Güstrow) [1]

Dr. Lars Tiepolt, Knut Sommermeier (Staatliches Amt für Umwelt und Natur, Rostock) [2]

Prof. Dr. Reinhard Lampe (Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald) [3]

Prof. Dr. Jan Harff, Dr. Michael Meyer (Leibniz Institut für Ostseeforschung Warnemünde) [4]

PD Dr. Joachim W. Dippner (Leibniz Institut für Ostseeforschung Warnemünde) [5]

Holger Janssen (Leibniz Institut für Ostseeforschung Warnemünde) [6].

Dr. Jan Kube (Institut für Angewandte Ökologie GmbH, Neu Broderstorf) [7]

Dr. Fritz Gosselck, Prof. Dr. Holmer Sordyl (Institut für Angewandte Ökologie GmbH, Neu Broderstorf) [8]

Burkhard Schuldt (ARCADIS Consult GmbH, Rostock)

Endabstimmung mit dem Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern, Ref. Küstenschutz, Hochwasserschutz, Wasserbau, Dr. Thomas Zarncke

C.2.1 Verwendete Parameter und Szenarien

Um die Ursachen und Folgen des Meeresspiegelanstiegs an der Küste Mecklenburg-Vorpommerns erfassen und bewerten zu können, sind die regional unterschiedlichen und für die menschliche Wahrnehmung extrem langsamen Bewegungen der Erdkruste zu berücksichtigen. Sie umfassen die **neotektonische** Bewegungskomponente (seit Jahrmillionen) und/oder die abklingenden Prozesse von Landhebungen/-senkungen als Folge der letzten Eiszeit (**isostatische** Komponente, seit ca. 22 000 Jahren). Hinzu kommt die eustatische Komponente (Volumenänderung des Wassers). An der südlichen Ostseeküste ist durch Messreihen (Pegelablesungen/-aufzeichnungen) seit Anfang oder Mitte des 19. Jh. ein linearer Anstieg des Meeresspiegels belegt. Zusätzlich wurden Szenarien des globalen Meeresspiegelanstiegs (FAR IPCC) sowie der nordhemisphärischen Zirkulation ebenso berücksichtigt wie die WETTREG-Modellläufe mit den Szenarien A1B, A2, B1.

In die Bereiche "Salzwassereinbrüche" und "Eisbedeckung" flossen Ergebnisse einer internationalen Arbeitsgruppe zum Klimawandel im Ostseebereich ein. Aus diesen und den WETTREG-Daten konnten Projektionen für Parameter wie Salzgehalt, Sauerstoffgehalt und Eisbedeckung erfolgen.

C.2.2 Chancen und Risiken durch den Klimawandel

Küstendynamik [1,2,3,4]

Für Mecklenburg-Vorpommern sind der mögliche langfristige Anstieg des globalen Meeresspiegels und das häufigere Auftreten von Sturmfluten direkte **Risiken** des Klimawandels. Die Pegelmessungen zeigen einen seit Mitte des 19. Jahrhunderts kontinuierlichen Ostseespiegelanstieg zwischen 0,6 mm/Jahr auf Rügen und 1,4 mm/Jahr in Wismar. Die Unterschiede sind durch die isostatische Kippung der Erdkruste verursacht und können bis 2100 linear extrapoliert werden. Der eustatische klimabedingte mittlere Ostseespiegelanstieg wird auf gegenwärtig 1...1,2 mm/Jahr geschätzt. Dieser Anstieg könnte sich infolge des globalen Meeresspiegelanstiegs beschleunigen (Ursache: insb. thermische Ausdehnung des Wasserkörpers), so dass **bis 2100 der mittlere Wasserspiegel um 20 bis 30 cm ansteigen** wird. Davon wären sowohl die Außen- als auch die Boddenküste betroffen. Auf Grund der isostatischen Erdkrustenkipfung wären die Küsten südwestlich der Linie Ribnitz-Damgarten – Ueckermünde bis Ende dieses Jahrhunderts und darüber hinaus den Folgen des Meeresspiegelanstiegs stärker ausgesetzt.

Unmittelbare Folge des beschleunigten Meeresspiegelanstiegs wäre - auch bei unveränderter Starkwindverteilung - die deutliche **Beschleunigung des mittleren Küstenrückgangs** (gegenwärtig 35 cm/Jahr) an Steil- und Flachküsten. **Abbrüche an den Steilufern** würden häufiger auftreten, an den Flachküsten würde sich der Sandmangel verschärfen und eine **häufigere Unterhaltung der Hochwasserschutzdünen erfordern**. Eine höhere Frequenz schwerer Sturmfluten könnte den Küstenabtrag zusätzlich verstärken. An den boddenseitigen Flachküsten stiege der **Entwässerungsbedarf der Polder**, verbunden mit dem **Risiko** der Grundwasserversalzung. In den Flussmündungsbereichen sind aufgrund des geringeren Gefälles längere **Überflutungen und dauerhafte Vernässungen** zu erwarten.

Salzwassereinbrüche [5]

Die Zunahme in der Oberflächentemperatur von 2–4°C und eine Abnahme des Salzgehaltes durch erhöhte Niederschläge im gesamten Einzugsbereich im Winter könnten zu einer Verlagerung der Beltseefront in Richtung Nordsee und zu einer Abnahme der Salzwassereinbrüche führen. Als Folge der Temperaturerhöhung kann eine Verschiebung im Artenspektrum von Phyto- und Zooplankton von Kalt- zu Warmwasserarten sowie eine Zunahme von Cyanobakterienblüten im Sommer stattfinden. Das Absinken dieser Blüten führt zu starker Sauerstoffzehrung und zur Ausbildung bodennaher „Wüsten“ und stellt ein Risiko dar. Die Konsequenz der Aussüßung ist ein erhöhter osmotischer Stress und eine Verschiebung von marinen zu limnischen Arten sowie eine Veränderung im Nahrungsangebot für Fische. Bei zunehmender Aussüßung der Ostsee und möglicher Zunahme der Anoxie am Boden durch absinkende Cyanobakterienblüten könnte der stark überfischte östliche Dorschbestand der Ostsee Gefahren ausgesetzt sein.

Eisbedeckung [5]

Ein Rückgang der Eisbedeckung und ein Abnehmen der Häufigkeit des Auftretens von Eis im direkten Uferbereich der Außenküste kann zu einer Verringerung der Belastung der technischen Küstenschutzanlagen (Buhnen, Dünen, Deiche, Deckwerke, Wellenbrecher, Ufermauern) und damit zu einer möglichen **Verlängerung der Nutzungsdauer** dieser Anlagen und auch ihrer Instandsetzungs- und Neubauintervalle führen.

Hydrologie und Wasserqualität [6]

Verringerte sommerliche Niederschläge entlang von Flusseinzugsgebieten, z.B. dem Einzugsgebiet der Oder, können zu verringerten Abflussraten und zu verringerten Nährstofffrachten führen. Diese Frachten dominieren die inneren und äußeren Küstengewässer. Eine sich hieraus ergebende Stickstofflimitierung während der Sommermonate kann, z.B. im Stettiner Haff, mit einem steigenden Anteil von Cyanobakterien (Blualgen) einhergehen, die im Gegensatz zu vielen anderen Arten in der Lage sind, Stickstoff aus der Luft zu fixieren. Cyanobakterien können toxisch sein, weshalb diese Entwicklung **Risiken** für die Wasserqualität birgt.

Brutvögel [7]

Zu den möglichen **Risiken und Chancen** für See- und Küstenvögel zählen:

- Durch den Verlust von Salzwiesen im Außenbereich aufgrund des Meeresspiegelanstiegs ist das Überleben der Populationen u.a. von Sandregenpfeifer, Uferschnepfe und Rotschenkel gefährdet.
- Bestandsrückgänge bei Rast- und Zugvögeln infolge reduzierter Rastplatzkapazität (Flächenverluste, Abnahme des Nahrungsangebotes) und Verlagerung von Winterquartieren in Richtung Osten (betrifft die überwinterten Wasservogelarten: Meerestenten, Alken, Tauchenten, Säger, etc.).
- Bestandszunahmen bei herbivoren Wasservögeln, deren Winterquartiere derzeit vorrangig westlich von M-V liegen (Kraniche, Gänse, Schwäne). Diese Bestandszunahmen haben möglicherweise eine Zunahme von Fraßschäden auf landwirtschaftlichen Nutzflächen zur Folge.

Benthos [8]

Der mögliche Verlust an den Brackwasserbereich angepasster Arten stellt ein **Risiko** dar. Diese reagieren auf Veränderungen empfindlich, denn sie leben schon jetzt an ihrer Toleranzgrenze. Auf Temperaturerhöhungen könnten die Populationen einiger Kaltwasserarten in der eigentlichen Ostsee mit dem Abwandern in tiefere (kältere) - oder falls vom Salzgehalt her tolerierbar - in nördlichere Gegenden reagieren. Damit werden ihre Lebensräume grundsätzlich verkleinert.

Von den beiden in der südlichen Ostsee heimischen Robbenarten, dem Seehund und der Kegelrobbe, wird wahrscheinlich die Ausbreitung der Ostseepopulation der Kegelrobbe erschwert.

Grundsätzlich wird die Ostsee gegenüber eindringenden Arten durch die Brackwasserbarriere geschützt. Bei einer Temperaturerhöhung sind weitere Arten aus temperierten Zonen zu erwarten, deren Eindringen bisher durch kalte Durchschnittstemperaturen und mehr noch durch extrem kalte Eiswinter verhindert wurde.

C.2.3 Handlungsempfehlungen

- K-L Die öffentliche politische Aufklärung über relevante Gefahren wie Stürme, Sturmfluten, Überflutungen und Küstenrückgang sollte verstärkt werden, um die Bevölkerung zu sensibilisieren.
- K Neue Ansiedlungs-/Bauprojekte im Bereich potenzieller Gefährdungsräume, die von Überflutungen, Küstenrückgang und Steilküstenabbrüchen bedroht sind, sollten nicht genehmigt werden. Der Sicherheitsabstand sollte so gewählt werden, dass ein Mindestnutzungszeitraum von 100 Jahren gewährleistet ist (gegenwärtige, bereits nicht einfach umsetzbare Verwaltungspraxis). Dies dient nicht allein der Risikobegrenzung, sondern auch dem Erhalt von Handlungsoptionen des Landes.
- M Die vorhandenen Küstenschutzanlagen sind sukzessive an die veränderten Bedingungen anzupassen bzw. langfristig ist deren selektive Rückverlagerung dort zu planen und schrittweise zu realisieren, wo der technisch-ökonomische Aufwand in vernünftigem Verhältnis zum Nutzen steht.
- M-L Für eingepolderte Flächen ist eine Strategie nachhaltiger Nutzung unter veränderten hydrologischen Bedingungen zu entwickeln.
- M-L Fortsetzung und Förderung eines wissenschaftlichen Küstenmonitorings durch Fachbehörden des Landes in Zusammenarbeit mit Universitäten/Hochschulen mit dem Ziel, Gefährdungspotenziale zu erkennen, zu dokumentieren und in Geoinformationssystemen sowie Karten vorzuhalten.
- M Überprüfung der Intensivierung von Dorschzuchtprogrammen
- M Einführung eines Managementsystems für das gesamte Gewässersystem (Oberflächenwasser (Flüsse und Seen), Grundwasser, den Küstenbereich und Übergangsgewässer (zwischen Fluss und Meer)) zur Steuerung des Nähr- und Schadstoffeintrages und zur Verringerung von Einträgen durch die Landwirtschaft.
- M Verbesserung des Küstenvogelschutzes durch Ausdeichung ehemaliger Salzwiesengebiete und deren Management mittels angepasster Beweidung.
- L Erfassung von biologischen Langzeitdaten (innere Küstengewässer)
- M Sicherstellung von taxonomischer und ökologischer Ausbildung und Forschung

C.3 Biodiversität/Naturschutz

Beitrag der Arbeitsgruppe Biodiversität/Naturschutz zu den Auswirkungen der Klimaänderung für das Land M-V

Autoren der Studie [MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, ARBEIT UND TOURISMUS, 2007]::

Prof. Dr. Konrad Ott, Christian Bartolomäus (Ernst- Moritz-Arndt-Universität Greifswald, Institut für Botanik und Landschaftsökologie) [9]

Verena Mattheiß (Ernst- Moritz-Arndt-Universität Greifswald, Institut für Botanik und Landschaftsökologie) [10]

Prof. Dr. Stefan Zerbe, Carolyn Schäfer (Ernst- Moritz-Arndt-Universität Greifswald, Institut für Botanik und Landschaftsökologie) [11]

Prof. Dr. Stefan Porembski (Universität Rostock, Institut für Biowissenschaften) [12]

Prof. Dr. Wolfgang Riedel, Mandy Wenzel (Universität Rostock, Lehrstuhl für Landschaftsplanung und -gestaltung) [13]

C.3.1 Verwendete Parameter und Szenarien

Grundlage für die im Schwerpunkt „Biodiversität/Naturschutz“ getroffenen Aussagen bildet eine Zusammenfassung der von REMO und WETTREG-Daten bis 2100 projizierten Klimaveränderungen für Deutschland und Mecklenburg-Vorpommern. Im Beitrag über die Auswirkungen des Klimawandels auf die Salzgrasländer wird zusätzlich auf die Klimaszenarien für die Nord- und Ostseeküste von STORCH et al. (1998) Bezug genommen.

C.3.2 Chancen und Risiken durch den Klimawandel

Auswirkungen auf Natur und biologische Vielfalt im Allgemeinen [9, 12, 13]

Direkte Wirkungen des Klimawandels wie z. B. Temperaturerhöhung oder Veränderung der Niederschlagsverhältnisse erzeugen einen erheblichen Anpassungsdruck auf die Ökosysteme und die Biodiversität. Es kann von einer erheblichen Veränderung von Flora, Fauna und Ökosystemen ausgegangen werden, die wie folgt in Erscheinung treten kann:

- Änderungen der Artenverteilung
- Änderungen der genetischen Vielfalt der Arten
- Änderungen der Struktur der Ökosysteme
- Aussterben von Arten
- Arealverschiebung von Arten
- dauerhafte Ansiedlung gebietsfremder Arten (Neobiota)

Die strikte Beibehaltung von überwiegend statischen Naturschutzkonzepten und –strategien kann die Erhaltung einzelner Arten, definierter Biotope oder einer bestimmten potenziell natürlichen Vegetation unter Umständen nicht gewährleisten.

Auswirkungen auf für Mecklenburg-Vorpommern typische Ökosysteme

Im Folgenden werden die o. g. möglichen Risiken am Beispiel von vier für Mecklenburg-Vorpommern charakteristischen und bedeutsamen Ökosystemen konkretisiert.

Wald / Buchenwälder [9, 11]

Bei der zusammenfassenden Betrachtung der möglichen Reaktion der Rot-Buche (Hauptbaumart der potenziell natürlichen Vegetation in M-V) auf den Klimawandel zeichnet sich ein sehr differenziertes Bild ab. Auf gut wasserversorgten, tiefgründigen Moränenstandorten dürfte die Buche keine Anpassungsschwierigkeiten an das sich verändernde Klima haben. Auf den Sandstandorten in M-V könnte die Buche in Zukunft aber durch ein trockeneres Klima soweit geschädigt werden, dass ihre Konkurrenzkraft gegenüber anderen Waldbaumarten leidet und sie ihre dominierende Position in den Wäldern verliert bzw. ganz verdrängt wird.

Für alle Waldökosysteme wird festgestellt, dass mit erheblichen **Beeinträchtigungen** der Wälder durch Trockenheit gerechnet werden kann. Die Situation für die Bäume könnte sich durch massenhaften Befall mit Schadinsekten, deren Vermehrung und/oder Ausbreitung durch die verlängerte Vegetationsperiode mit milderem Übergangsjahreszeiten zusätzlich verschlechtern. Der trockenheitsbedingte Anstieg der Waldbrandgefahr sowie eine Zunahme von Sturmereignissen stellen ebenso ein Risiko für die Bäume dar.

Salzgrasland [11]

Konkrete Aussagen zur möglichen **Gefährdung** der Salzgrasländer infolge des Klimawandels sind aufgrund der starken Differenzierung von Artenausstattung und Ökologie entlang eines West-Ost-Gradienten (abnehmender Salzgehalt der Ostsee) sowie eines Höhengradienten (wechselnde Überflutungshäufigkeit in Pionierzone, unterer Salzwiese und oberer Salzwiese) sehr schwierig. Hinzu kommt, dass sich die betrachteten Faktoren wie Erwärmung, Änderung der Salzgehalte und Anstieg des Ostseespiegels in ihrer Wirkung auf die Salzgrasländer zum Teil gegenseitig überlagern und kompensieren können. Zusammenfassend lassen sich jedoch folgende zentrale Aussagen hervorheben:

- Der Klimawandel kann in vielfältiger Weise die Fitness der einzelnen Pflanzen- und Tierarten und die Konkurrenzverhältnisse zwischen ihnen beeinflussen, was Veränderungen in der Artenzusammensetzung der Salzgrasländer hervorruft. Einerseits kann es zur Immigration von Arten kommen (progressive Arealentwicklung), andererseits können Arten aber auch emigrieren oder aussterben (regressive Arealentwicklung).
- Klimabedingte Veränderungen in der floristischen und faunistischen Artenzusammensetzung der Salzgrasländer (z. B. bei den Arthropoden) sind möglich.
- Im Extremfall könnte durch die Änderungen der Salzgehalte der Ostsee das salinitätsbedingte pflanzengeographische Gefälle entlang der Boddenküste verschwinden und die westlich von Rügen gelegenen Salzgrasländer sich in ihrer Artenzusammensetzung den östlicher gelegenen Salzgrasländern angleichen. Es könnten zukünftig auch nur kleinräumige, sich auf die Zonierung innerhalb der Salzgrasländer beschränkende, Verlagerungen einzelner Arten auftreten.
- Sollte es durch einen zu starken Ostseespiegelanstieg zum „Ertrinken der Landschaft“ kommen, würde dies auch einen Rückgang der Neulandbildungen und der auf ihnen vorkommenden natürlichen Salzgraslandbestände sowie der daran gebundenen Tierarten bedeuten, die wichtige Refugien für salztolerante Organismen und Spenderpopulationen für die Vegetation der anthropo-zoogenen Salzgrasländer bereitstellen.
- Sollten die Wachstumsraten der Salzgrasländer nicht ausreichen, um die Anstiegsrate der Ostsee zu kompensieren, könnte es durch ein langsames Ertrinken der anthropo-zoogenen Küstenüberflutungsmoore zu einem Zusammenbruch der Torfbildung kommen und sich aus den organogenen Salzgrasländern minerogene, wie in der Wismar-Bucht, entwickeln.

Sölle / Kleingewässer [13]

Erhöhte Temperaturen und häufigere Extremereignisse (z. B. lange Dürreperioden) würden die Wasserverfügbarkeit in den Söllen verringern und die bisherige Wasserführungs-Periodik im Jahresverlauf erheblich verändern. Dementsprechend würden sich die Lebensbedingungen für zahlreiche spezialisierte aquatische Organismen verschlechtern, so dass für entsprechende Arten lokale Aussterbeereignisse zu erwarten sind. Damit verbunden dürfte auch die ökosystemare Funktion der Sölle als Trittsteinbiotop für aquatische Arten vielfach verloren gehen. Auf der anderen Seite ist eine Zunahme von bisher bereits weitverbreiteten Habitatgeneralisten zu erwarten, unter denen auch Neobiota eine Rolle spielen könnten.

Moore

Ein durch den Klimawandel bedingter möglicher Rückgang der jährlichen Grundwasserneubildung mit Absenkung der Grundwasserspiegel und erhöhtem Risiko von Niedrigwasserereignissen kann möglicherweise zur stärkeren Mineralisierung von Torf und damit zum Moorschwund führen (siehe Kap. C.1.2). Damit verbunden wäre ein erhöhtes Risiko der Freisetzung von gespeichertem Kohlenstoff in Form von Kohlendioxid sowie weiterer klimarelevanter Gase infolge der Mineralisierungsprozesse [9]. Ebenso in Verbindung damit würde ein drastischer Wandel in Flora und Fauna und in deren Gemeinschaften meist auch zu Gunsten bereits weitverbreiteter Habitatgeneralisten stehen. Diese reduzieren häufig das Artenreichtum aufgrund ihrer Konkurrenzstärke.

C.3.3 Handlungsempfehlungen

Spezielle Handlungsempfehlungen für ausgewählte Ökosysteme

Wald / Buchenwälder [9, 11] (s. auch Abschnitt C.4.3)

- K Schutz ungenutzter Wälder, die als beträchtliche Kohlenstoffsinken fungieren. Dies schafft Synergieeffekte zwischen Zielen des Klima- und des Biodiversitätsschutzes.
- K Keine Neupflanzung von Baumarten am Rand des ökologischen Spektrums (z.B. Trockengrenze).
- K-L Fortführung des Waldumbaus hin zu einer hohen genetischen und Artenvielfalt. Gesteigerte Vorsorge gegen Waldbrände durch Anlegen von Mischwaldgürteln und Verbesserung der Wasserbilanz z. B. durch Beimischung von Laubbaumarten in Kiefernreinbeständen.
- K-M Förderung der Naturverjüngung und damit der natürlichen Selektion.
- K-L Wissenschaftlich kontrollierte Versuchsanbauten von nichtheimischen Ökotypen und fremdländischen Arten.

Salzgrasland [11]

- K Erhalt von Salzgrasländern als Schutz für die erosionsbedrohten Flachküsten der Boddenlandschaft in Zeiten eines ansteigenden Ostseespiegels.
- K-L Auspolderung und Reaktivierung ehemaliger Salzgrasländer.

- K-L Sollte sich im Verlaufe des 21. Jahrhunderts ein Zusammenbruch der Salzgrasländer infolge eines zu schnellen Ostseespiegelanstieges abzeichnen, bestünde die Möglichkeit, die Flächen durch Nutzungsauffassung verschilfen zu lassen. Schilfbrackwasserröhrichte sind ebenfalls torfbildend und in der Lage wesentlich höheren Meeresspiegelanstiegen standzuhalten als Salzgrasländer.

Moorökosysteme [9]

- K-M Fortentwicklung des bestehenden Moorschutzkonzeptes angepasst an die veränderten Rahmenbedingungen, insbesondere vor dem Hintergrund der Klimarelevanz der Moorstandorte.
- K-L Wiedervernässung von Mooren mit anschließender natürlicher Entwicklung der Standorte. Hier ist langfristig eine mit natürlichen Moorstandorten vergleichbare Klimaneutralität zu erwarten.
- K-L Entwicklung und Umsetzung von Nutzungsformen für Moore, die mit einer Wiedervernässung einhergehen können, gleichzeitig im Einklang mit dem Natur- und Biodiversitätsschutz stehen und möglichst wirtschaftlich attraktiv sind (z. B. Anbau von Schwarzerle, Nutzung von Schilfrohr, Biomassennutzung). Hier sind insbesondere die Land- und Forstwirtschaftspolitik gefragt, Strategien zu entwickeln, mit denen sich diese Schnittstelle zur Klima- und Naturschutzpolitik nutzen lässt.

Allgemeingültige Handlungsempfehlungen für die Naturschutzpolitik

Verbesserung der Biotopvernetzung [9, 12, 13]

- K-L Um Arten und Ökosystemen die Anpassung zu erleichtern, sollte der Druck auf die natürlichen Systeme durch sonstige Belastungen (Zerschneidung, Stoffeinträge, Vordringen von Neobiota) reduziert werden.
- K-L Erhalt, Schaffung oder Vernetzung von Wanderungs- bzw. Ausbreitungskorridoren für Populationen und Arten, um auf geänderte klimatische Bedingungen durch Migration zu reagieren.

Dynamisierung von Naturschutzkonzepten [9, 12, 13]

- K-M Überprüfung der bestehenden Naturschutzkonzepte. Statisch konservierende Ansätze werden deutlich an Bedeutung verlieren, dynamischere Ansätze müssen weiterentwickelt und umgesetzt werden.
- K-L Erprobung von neuen Konzepten und Strategien in den Großschutzgebieten des Landes, insbesondere in den Biosphärenreservaten als Modellregionen für nachhaltige Entwicklung.
Erstes Beispiel: In der Modellregion Biosphärenreservat Schaalsee werden momentan regionale Klimaveränderungen bewertet, um Anpassungsstrategien zu entwickeln und ggf. Naturschutzkonzepte anzupassen.
- K-L Erwägung gezielter Transfers von (Teil-) Populationen zur Ermöglichung ihrer Migration bei fehlender Vernetzung von Biotopen oder fehlender Durchlässigkeit der Landschaft.
- K-L Entwicklung transnationaler Schutzkonzepte und Abstimmung der Schutzbemühungen mit den Nachbarstaaten, da die Ostsee zu einem besonderen Hindernis bei der Migration von Arten in Richtung Norden werden kann.
- K-M Förderung der Strukturvielfalt auf geschützten und sonstigen Flächen, um verschiedenen Arten die Anpassung zu erleichtern. Ebenso wie eine hohe genetische Vielfalt erhöht dies die Zahl möglicher Anpassungsreaktionen.

- K Intensive Nutzung des Instrument der Agrarumweltmaßnahmen, um eine Strukturvielfalt landwirtschaftlich genutzter Flächen zu gewährleisten.

Integration von Gesichtspunkten des Klima- und Biodiversitätsschutzes in andere Politikbereiche (Mainstreaming) [9]

- K-L Stärkere Berücksichtigung von Klimaschutz- und Naturschutzbelangen in anderen Politikbereichen (Mainstreaming). Voraussetzung: Sachkompetenz in den verschiedenen Fachressorts der öffentlichen Verwaltung, gut funktionierende Zusammenarbeit zwischen Fach- und Umweltressorts
- K-L Durch staatliche Politik befördertes Mainstreaming in allen Gesellschaftsbereichen (z. B. durch die offensive Kommunikation der Folgen des Klimawandels und der erforderlichen Anpassungsschritte).
- K-L Intensivierte Öffentlichkeitsarbeit sowie intensives Aufgreifen des Themas in der schulischen Bildung.

Auffinden und Nutzen von Synergieeffekten [9]

- K-L Finden von Maßnahmen mit mehreren positiven Wirkungen: Synergieeffekte zwischen Anpassung und Verminderung (wie etwa bei der Wiedervernässung von Niedermoorflächen) sowie zwischen Naturschutz und Anpassung in anderen Problembereichen (etwa beim Schutz von Salzgrasländern mit Naturschutz- und Küstenschutzfunktion)
- K-L **Förderung von Kohlenstoffsenken**, insbesondere
- vorrangiger Schutz für und Regeneration von Hochmoorstandorten
 - Förderung naturnaher Laubmischwälder
 - Wiedervernässung von Niedermooren
 - angepasste Formen Ressourcen schonender und Biodiversität erhaltender bzw. fördernder Landnutzungen
- K-L Minimierung der Bodenbearbeitung von Grünland, um die vorhandene Senkenfunktion für Treibhausgase zu verbessern.
- K-L Agrarökosysteme:
Verringerung des Ausmaßes der Kohlenstofffreisetzung aus dem Ackerland durch Maßnahmen zum Schutz der organischen Substanz im Rahmen der landwirtschaftlichen Praxis. Das sind z. B.:
- das verstärkte Aufbringen organischer Substanz auf Ackerboden (etwa Pflanzenreste oder Kompost)
 - kein Umbruch von Dauergrünland und Umwandlung von Ackerland in Grünland oder Wald
 - die Produktion von Biomasse als erneuerbare Energieträger in Form von Kurzumtriebsplantagen
 - die Ausweitung des ökologischen Landbaus
 - eine weniger intensive Bodenbearbeitung

Bilanzierung der Verminderungs- und Anpassungsmaßnahmen auf Ebene der Bundesländer [9]

- K-L Aufstellung einer Verminderungs- und einer Anpassungsbilanz für den Bereich Naturschutz auf der Ebene des Bundeslandes. Nur wenn in beiden Bereichen eine positive Entwicklung zu verzeichnen ist, kann von einer nachhaltigen Entwicklung gesprochen werden.

Errichtung und Umsetzung eines Monitoringkonzeptes [11, 12]

- K-M Einrichtung eines fachgebietsübergreifenden und flächendeckenden Monitorings auf der Grundlage einer landschaftsökologischen Basis und aktueller Klimamodelle mit entsprechender personeller und finanzieller Absicherung zur Erstellung und Anpassung von Prognosen.
- K-L Fortführung und Pflege der für M-V vorhandenen umfangreichen Datenbanken als wissenschaftlich fundierte Grundlage zur Modellierung künftiger Arealverschiebungen und anderer Klimawandelfolgen.
- K Systematische Erfassung der zum Auftreten von Neobiota in M-V u.a. im Hinblick auf wirtschaftliche bzw. gesundheitliche Schäden.
- K Abschätzung des Gefährdungspotenzials bei Auftreten bisher noch nicht registrierter Arten, um im Einzelfall nötige Maßnahmen zur Eindämmung ihrer Ausbreitung zu treffen.

C.4 Forst-, Land- und Fischereiwirtschaft

Beitrag der Arbeitsgruppe Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft zu den Auswirkungen der Klimaänderung für das Land M-V

Autoren der Studien [MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, ARBEIT UND TOURISMUS, 2007, 2008]:

Forstwirtschaft:

Dr. Peter Röhe (Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern)

Dr. Mike Kahle (Wald-Consult GbR, Büttlingen)

Landwirtschaft und Fischerei:

Prof. Dr. Christian Gienapp, Dr. Babara Boelcke; Dr. Armin Hofhansel, Dr. Friedrich Höhne, Dr. Heidi Jänicke, Hans-Joachim Jennerich, Volker Michel, Dr. Ellen Richter, Dr. Peter Sanftleben, Dr. Bodo Stölken, Dr. Ralf-Rainer Schulz, Andreas Titze (Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern)

Endabstimmung mit dem Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern, Ref. Grundsatzangelegenheiten der landwirtschaftlichen Produktion und Betriebswirtschaft, Nachwachsende Rohstoffe, Sachverständigenwesen, Karsten Pellnitz und Ref. Fischerei, Fischwirtschaft, Gerhard Martin

C.4.1 Verwendete Parameter und Szenarien

Als Grundlage dienen die Projektionen des UBA mit Schwerpunkt auf dem Klimaszenario A1B. Die spezifischen Daten für Mecklenburg-Vorpommern stammen vom Referat Klimaschutz des Ministeriums für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Mecklenburg-Vorpommern.

C.4.2 Chancen und Risiken durch den Klimawandel

Forstwirtschaft

Unter den Rahmenbedingungen des Klimawandels (C. 4.1) ergeben sich für die Wälder und die Forstwirtschaft im Land nachfolgend genannte Chancen und Risiken:

Das **Temperaturoptimum** der Nettophotosynthese (Substanzaufbau) liegt bei sommergrünen Laubbäumen bei 15 bis 25°C, bei immergrünen Nadelbäumen bei 10 bis 25°C. Bei höheren Temperaturen steigt die Atmung sehr stark an, dieses führt zu **Kohlenstoffverlusten** (Substanzabbau).

Eine Temperaturerhöhung **verlängert** die **Vegetationszeit** und damit auch die **Wachstumsphase**. Allerdings erhöht sich hiermit das Risiko von **Früh- und Spätfrostschäden**.

Falls die Temperaturerhöhung in der Vegetationszeit mit geringeren Niederschlägen gekoppelt ist, werden **Wachstumsdepressionen** sowie örtlich auch **Dürreschäden** auftreten.

Höhere Temperaturen verstärken die Mineralisation organischer Substanz im Boden. Unter bestimmten Standorts- und Bestandesverhältnissen ist dann mit **Auswaschungsverlusten von Nitrat** über das Bodensickerwasser zu rechnen (Grundwasserbelastung). Dieses geht einher mit Versauerungsschüben und Nährstoffverlusten.

Von höheren Temperaturen profitieren viele **Schadinsekten**. Bezogen auf bereits vorkommende Schaderreger ist mit einer Zunahme von Häufigkeit und Intensität der Schäden zu rechnen. Weiterhin werden „neue“ Schadinsekten auftreten bzw. südliche Arten sich nordwärts ausbreiten. Eine Zunahme von Infektionen durch **Bakterien und Pilze** ist bei Erwärmung (vor allem im Winter) wahrscheinlich.

Eine Zunahme der Niederschläge im Winterhalbjahr erhöht die **Sturmwurfgefahr**. Auch die **Holzernte** wird hierdurch **erschwert**, vor allem die Holzurückung wegen aufgeweichter Böden bzw. Wege.

Höhere Niederschläge im Winter gekoppelt mit verminderten Niederschlägen und erhöhter Verdunstung im Sommer führen zu einer Verschärfung von **Wechselfeuchte und Grundwasserschwankungen** im Boden. Darauf sind viele Baumarten nicht angepasst.

Auswirkungen von Extremereignissen:

Eine besondere Gefährdung für Wälder stellen Extremereignisse der Witterung dar:

Sturmschäden in Wäldern haben in Deutschland in den letzten Jahrzehnten dramatisch zugenommen. Besonders gefährdet sind Nadelbaumarten, allen voran die Fichte. Sturmschäden ziehen häufig Insektenkalamitäten (z.B. Borkenkäferbefall) oder auch eine erhöhte Dürreanfälligkeit durch Schädigung der Feinwurzeln nach sich.

Sommerdürren führen nicht nur zu Wachstumsdepressionen, sondern vermindern auch die Vitalität und damit die Widerstandsfähigkeit der Bäume gegenüber einer Vielzahl von Schadfaktoren. Besonders negativ wirken sich mehrere Trockenjahre hintereinander aus.

Hauptbaumarten und Klimawandel:

Grundsätzlich wird unter den Rahmenbedingungen eines sich wandelnden Klimas die Baumartenwahl unsicherer. Gefährdet sind Baumarten vor allem dann, wenn sie im Grenzbereich ihres ökologischen Standortpektrums vorkommen bzw. dort angebaut werden. Für die Hauptbaumarten lässt sich folgende Einschätzung zur künftigen Anbau-eignung machen:

Buche (Flächenanteil M-V = 11,9 %)

Die Buche wird mit ihrer weiten Standortamplitude und großen Anpassungsfähigkeit vermutlich auch weiterhin auf vielen Standorten sicher angebaut werden können. Im trockeneren Standortbereich ist sie allerdings zunehmend gefährdet.

Eiche (Flächenanteil M-V = 8,7 %)

Die beiden heimischen Eichenarten (Stiel- und Traubeneiche) werden unter den veränderten Klimabedingungen sehr wahrscheinlich an Bedeutung gewinnen. Dieses gilt insbesondere für die Traubeneiche auf Standorten, wo die Bodenfeuchte für die Buche nicht mehr ausreicht.

Kiefer (Flächenanteil M-V = 39,5 %)

Die Kiefer ist die Baumart, die physiologisch am besten auf Trockenheit und Erwärmung in der Vegetationszeit eingestellt ist. Gefährdet ist sie allerdings gegenüber Waldbrand und Insektenkalamitäten, speziell wenn sie im Reinbestand vorkommt.

Fichte (Flächenanteil M-V = 8,1 %)

Die Fichte wird unter den anzunehmenden Klimaänderungen wahrscheinlich am meisten leiden. Erwärmung und abnehmende Feuchte im Sommerhalbjahr sowie Zunahme von Stürmen machen den Fichtenanbau zu einer Wirtschaft mit sehr hohem Risiko. Sie sollte daher weitgehend durch stabilere Baumarten (z. B. Douglasie) ersetzt und ansonsten nur noch als Mischbaumart angebaut werden.

Landwirtschaft

Aufgrund der Niederschlagsentwicklung (höhere Winter- und geringere Sommerniederschläge) sowie der Temperaturerhöhung bestehen für das System **Boden** und **Düngung** innerhalb der pflanzlichen Produktion die größten **Risiken**. Die **Zunahme** der Bodenerosion durch Wind in trockenen Sommern und Wasser durch Starkniederschläge im Winter und Sommer kann deutlich steigen. Damit einher gehen können Humusverluste. Starkniederschläge führen aber auch zu einer **Verschlämmung der Böden**. Die Befahrbarkeit im Herbst kann sich verschlechtern, in trockenen Sommern kostet die Bodenbearbeitung erhöhten Energie- und Materialaufwand.

Durch milde Herbst- und Wintertemperaturen und zunehmende Niederschläge sollte mit einer erhöhten Mineralisation und einer Zunahme der Nitratauswaschung in das Grundwasser besonders auf sandigen Böden gerechnet werden. In dieser Zeit nimmt der Humusgehalt ab. In den Sommermonaten kann aber auch mit **Zuwächsen des Humusgehaltes** gerechnet werden.

Eine verlängerte Vegetationsperiode könnte als **Chance** bei der Nutzung von Kulturarten mit höherem Wärmebedarf sein. Es wird eine Verschiebung von Anbaugrenzen erwartet. Eine Verlängerung der Vegetationsperiode birgt aber gleichzeitig das Früh- und **Spätfrostrisiko** in sich.

Eine fehlende Schneedecke und das ständige Schwanken der Temperatur erhöhen das **Risiko** der Auswinterung.

Hinsichtlich der Erträge kommt es zu einer Zweiteilung in Mecklenburg-Vorpommern:

Auf den Standorten mit den besseren Böden und im maritimen Bereich nordwestlich der Linie Greifswald – Hagenow liegt in der Kombination von ausreichendem Niederschlag, höheren Sommertemperaturen, Düngungseffekten durch zunehmende CO₂-Konzentration bei der Getreideproduktion die **Chance** von Ertragszuwächsen für die kommenden zwei bis drei Jahrzehnte.

Auf den Sandböden in östlichen und südlichen Regionen mit einer Ackerzahl < 30 sind Ertragseinbußen bis zu 30 % bei gleichzeitig sinkender Ertragsstabilität möglich.

Als anbauwürdig könnten sich wärmeliebende Arten mit hoher Wassernutzungseffizienz wie Soja, Hirse, Sonnenblumen, Körnermais und Hartweizen erweisen. Sinken könnte der Ertrag bei Kartoffeln, Lupine und Mähdruschfrüchten.

Insgesamt könnten Dürreperioden (länger als 18 Tage) im Frühjahr und Sommer ein hohes **Risiko** für die Ertragsbildung darstellen.

Für die **Grünlandbewirtschaftung** könnten zunehmende Winterniederschläge und Temperaturanstieg den **Ertrag** und die **Qualität** auf Mineralstandorten **erhöhen**. Eventuelle Dürregefahr im Sommer hingegen stellt ein **Ertragsrisiko** dar. Eine Ausnahme wären wasserregulierte Niedermoorstandorte. Langanhaltendes Grundwasserdefizit führt zu einer erhöhten CO₂-Freisetzung.

Für den **Gartenbau** könnte die Erwärmung und Verlängerung der Vegetationsperiode eine **Chance** sein. **Höhere Erträge, mehrfache Flächenbelegung** und **neue Arten** mit verbesserter Qualität im Gemüse- und Obstbau sind denkbar. Bewässerungssysteme werden grundsätzlich notwendig werden. Sie sind bereits jetzt Produktionsstandard im Gartenbau.

Ein Erscheinen neuer, bisher in der Region nicht bekannter, **Schadorganismen und Krankheiten** aus Gründen einer Klimaveränderung ist **unwahrscheinlich**. Für bereits vorhandene Schädlinge können Temperatur- und Niederschlagsänderungen das **Risiko** von Epidemien, insbesondere tierischer Schädlinge erhöhen. Veränderungen in der Unkrautflora sind zu erwarten.

Insgesamt wird sich das Ernte- und Ertragsrisiko durch die Zunahme von Extremwetterereignissen erhöhen.

Im Bereich der **Tierhaltung** können besonders die Milchrinder aufgrund ihrer geringen Hitzetoleranz betroffen sein. Hier entstünden **Risiken** bei der Milchleistung, der Gesundheit und der Fortpflanzung. Es sind Verschlechterungen der Milchqualität und höhere Aufwendungen bei der Milchlagerung möglich. Es werden bauliche und technische Anpassungen in der Tierhaltung notwendig.

Fischerei

In den Binnengewässern, den Bodden und Haffs kann die Erwärmung zu einer Erhöhung der Gewässerproduktivität mit **negativen** Folgen für den Fischbesatz und das Artenspektrum führen.

In Aquakulturen könnten Wassermangel und –erwärmung ein Risiko darstellen, das insbesondere die Salmonidenproduktion betreffen kann.

C.4.3 Handlungsempfehlungen

Forstwirtschaft

Unter dem vorrangigen Ziel, die **Funktionsfähigkeit der Wälder** in ganzer Breite (Nutz-, Schutz- und Erholungsfunktion) **nachhaltig zu sichern**, wird es mit Blick auf den Klimawandel vor allem darauf ankommen, sowohl die **Stabilität** als auch die **Elastizität** der Wälder zu erhöhen. Dazu dienen folgende Handlungsempfehlungen:

- K-M Aktualisierung der forstlichen Standortkartierung bezogen auf klimatisch begründete regionale Einheiten der Standortgliederung sowie hinsichtlich des Wasserhaushaltes als lokaler Standortfaktor.
- K Aktualisierung der standortbezogenen Bestockungszieltypen und Ableitung von Zielwäldern unter Einbeziehung des Faktors Klimawandel.
- K-M Anpassung des Programms „Ziele und Grundsätze einer naturnahen Forstwirtschaft in Mecklenburg-Vorpommern“ unter besonderer Berücksichtigung der Diversität auf allen ökosystemaren Ebenen.
- K-M Konsequente Fortsetzung des Waldumbauprogramms unter Berücksichtigung auszuweisender Schwerpunktgebiete.
- K-M Stärkung der Waldmehrung (Erstaufforstung) als Beitrag zum Klima – und Ressourcenschutz.
- K-M Wiedervernässung degradierter Waldmoore.
- K-M Erhöhung der Verjüngungsvorräte, insbesondere durch Naturverjüngung. Dieses setzt waldverträgliche Wildbestände voraus.
- K-L Sicherung/Stärkung des forstlichen Umweltmonitorings sowie der Instrumente des Wald- und Waldbrandschutzes.
- K-M Aktualisierung vorhandener Waldbaurichtlinien zur Verjüngung, Pflege und Nutzung der Wälder unter besonderer Berücksichtigung des Klimawandels.

Landwirtschaft

- K Optimale Fruchtfolgen, ganzjährige Bodenbedeckung, wassersparende und erosionsmindernde Bodenbearbeitung, Dünge- und Bewässerungsverfahren sollten noch stärker an den Erosions- und Bodenschutz angepasst werden.
- K/M Durch gezielte Züchtung auf Trockenheits- und Hitzetoleranz, Winterfestigkeit und hohe Schaderregertoleranz sollte das Kulturartenspektrum den neuen Bedingungen angepasst werden.
- M Durch Diversifizierung in der Fruchtfolge kann eine Humusmehrung im Boden erreicht werden, die Ertragssicherheit und einen positiven Einfluss auf den Wasserhaushalt bewirkt.
- K/M Die Biomasseproduktion sollte verstärkt in die landwirtschaftliche Produktion unter dem Gesichtspunkt einer hohen CO₂- und Energieeffizienz einbezogen werden.
- M/L Ausweitung des Obst- und Gemüseanbaus bei Sicherung von Zusatzbewässerung
- M Zucht- und Rassenwahl: Optimierung der Hitzetoleranz und Selektion bzgl. thermoregulatorischem Adaptionsvermögen
- K/M Bauliche und technische Voraussetzungen sollten auf tierartengerechte Haltung angepasst werden. Im Vordergrund stehen Hitzeschutz, Emissionsschutz, Lüftungstechnik und Kühlung.
- K-M Strategie zum Wasserhaushalt (Zusatzberegnung) und intelligente Entwässerungssysteme entwickeln
- K-M Weiterentwicklung von Frühwarnsystemen (z.B. im Bereich Pflanzenschutz, Tiergesundheit, Wetterwarnungen)

- K-M Aus- und Weiterbildung der Landwirte hinsichtlich emissionsmindernder Wirtschaftsweisen
- M-L Ausbau der Agrarforschung bezüglich der Klimarelevanz der Landwirtschaft und der Emissionvermeidung bzw. – minimierung durch landwirtschaftliche Nutzung
- M-L Obligatorische Anwendung von Bewertungssystemen als Maßstab für die Umwelt- und Klimaverträglichkeit (wie z.B. Umweltsicherungssystem Landwirtschaft (USL)) als Grundlage für ein treibhausgasorientiertes Landmanagement
- K-M Grünlandumbruchvermeidung und Anlage von Agroforstsystemen
- M-L Intensivierung und Ausweitung des Bodenmonitorings, insbesondere Fortführung und kontinuierliche Auswertung der Bodendauerbeobachtung und Dauerfeldversuche
- K Abschluss der Digitalisierung der Bodenschätzungsdaten

Fischerei

- K/M Entwicklung von Anpassungsstrategien der Küstenfischerei auf ein neues Artenspektrum
- M Entwicklung der Fischereiproduktion durch ein witterungsunabhängiges Aquakultursystem in Form der Wasserkreislaufwirtschaft

Bedarf an weiterführenden Untersuchungen

Forstwirtschaft

- K-M Durchführung wissenschaftlicher Untersuchungen/Versuche zum Anbau nichtheimischer Baumarten sowie fremder Herkünfte heimischer Baumarten.
- K-M Auswertung von ökologischen Grundlageninformationen zu den Baumarten, Anpassungsfähigkeit verschiedener Baumarten und Ökotypen
- K-M Kosten-Nutzen-Analyse für den notwendigen Waldumbau
- K-M Untersuchungen zur Etablierung und Bewirtschaftung von Nasswäldern
- K-M Erarbeitung alternativer Produktionssysteme für die Forstwirtschaft“
- K-m Erarbeitung eines Leitfadens (Notfallplan) zur Bewältigung von Kalamitäten (insbesondere Sturmschäden)
- K-M Intensivierung und Ausweitung des forstlichen Umweltmonitorings

Landwirtschaft

- K Untersuchungen zur Optimierung der Biomasseproduktion (Zwischenfrüchte)
- K Optimierung von Dünge- und Bewässerungsverfahren (Technik, Menge, Zeitpunkt) und Ermittlung des tatsächlichen CO₂-Düngungseffektes
- K Entwicklung von Methoden zur Verringerung der Gasemissionen Methan, Lachgas und Kohlendioxid
- K Untersuchungen zum Einfluss der Klimaänderungen und der Bodenbearbeitungsformen auf die Humussubstanz und die CO₂-Bindung
- K-M Untersuchungen zum Einfluss des Ausbleibens der Wintereinwirkung (Frostreiz) auf Kulturarten wie zum Beispiel Wintergetreide
- K-M Weiterentwicklung, Harmonisierung und Regionalisierung der unterschiedlichen Klimamodelle
- K Untersuchungen zu den Auswirkungen des Klimawandels auf die Bodenfunktionen
- M Untersuchungen zu den Qualitätsänderungen von Erntefrüchten in Abhängigkeit von der Klimaentwicklung

C.5 Gesundheit

Beitrag der Arbeitsgruppe Gesundheit zu den Auswirkungen der Klimaänderung für das Land M-V

Autoren der Studien [MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, ARBEIT UND TOURISMUS, 2006]::

Prof. Dr. Wolfgang Hoffmann, Konstanze Fenrich (Ernst-Moritz-Arndt-Universität, Greifswald) [17]

Prof. Dr. Andreas Podbielski, Karen Remm (Universitätsklinik Rostock) [18]

Prof. Dr. Emil C. Reisinger, Dr. Silvius Frimmel (Universität Rostock, Tropenmedizin/Infektionen) [19]

C.5.1 Verwendete Parameter und Szenarien

In einem ersten Schritt wurden die Auswirkungen des projizierten Klimawandels auf Temperatur und Niederschlagsverhältnisse sowie Extremereignisse in Mecklenburg-Vorpommern aus den Analysen und Ergebnissen mit dem Regionalisierungsmodell WETTREG bis zum Jahr 2100 erzeugten Prognose zusammengestellt.

Darauf aufbauend erfolgte eine Literaturrecherche in nationalen und internationalen Datenbanken zu Risikofaktoren, Morbidität und Mortalität. Gleichzeitig wurden Literaturrecherchen und -analysen zu Anforderungen an zukünftige Versorgungs- und Angebotsstrukturen im medizinischen und gesundheitswirtschaftlichen Bereich durchgeführt, die in einem nächsten Schritt zu Einflussfaktoren und Hypothesen für zukünftige Projektionen der Auswirkungen des Klimawandels für das Bundesland M-V zusammengefasst worden sind. [17]

Für infektionsspezifische Teilaspekte wurde, soweit möglich und sinnvoll der Ist-Zustand aufgelistet. Potentielle Abweichungen infolge von Klimaänderungen, die Auswirkung dieser geänderten Situationen auf den Menschen, sowie etwaige Daten zu Spezifika des Landes Mecklenburg-Vorpommern wurden aufgelistet und diskutiert. Die Daten wurden aktuellen medizinischen Standardwerken und Fachartikeln entnommen. [18]

Zur Bestimmung der FSME-Virus-, Borrelien-, Anaplasmen- und Babesien-Prävalenz bei Zecken wurden an fünf Fangplätzen in M-V Zecken gesammelt und auf Vorliegen von FSME-Viren, Borrelien, Ehrlichien und Babesien untersucht. [19]

C.5.2 Chancen und Risiken durch den Klimawandel

Gesundheit, medizinisches Versorgungssystem und Gesundheitswirtschaft

Die Region M-V verfügt, bedingt durch den schnell voranschreitenden demografischen Wandel (Zunahme der absoluten Anzahl und des relativen Anteils 65-Jähriger und älterer), kurz- und mittelfristig über eine vergleichsweise gegenüber klimatischen Änderungen besonders vulnerable Bevölkerung. [17]

Die Bevölkerung Mecklenburg-Vorpommerns ist durch den nur geringen durchschnittlichen Temperaturanstieg und das Fehlen großer Ballungszentren mit Hitzestauwirkungen einem relativ im Vergleich zu anderen deutschen Regionen **geringen Risiko** hitzebedingter Erkrankungen bzw. Mortalität ausgesetzt. Trotzdem kann insbesondere für bestimmte Risikogruppen auch in M-V ein erhöhtes Risiko bestehen, wenn Extremwetterlagen auftreten.

Zu den besonderen Risikogruppen für eine erhöhte Morbidität und Mortalität bei **Hitze- und Kälteereignissen** zählen ältere, multimorbide oder chronisch kranke Personen, die häufig über ein ungünstiges Risikofaktorenprofil für kardiovaskuläre Erkrankungen verfügen. Bei Hitzeereignissen stellen ebenfalls Kleinkinder unter 1 Jahr eine Risikogruppe dar. [17]

Da sowohl Hitze- als auch Kälteexpositionen zu einer erhöhten Morbidität und Mortalität in der Bevölkerung gemäßigter Klimazonen beitragen können, besteht hinsichtlich des Nettoeffektes der klimatisch bedingten veränderten Temperaturverhältnisse auf die Erkrankungshäufigkeit und Sterblichkeit weiterer Forschungsbedarf. Derzeit kann dazu für M-V keine Aussage getroffen werden.

Bedingt durch den prognostizierten Anstieg der Anzahl von Sommertagen in M-V und das damit einhergehende Freizeitverhalten der Bevölkerung besteht das **Risiko** einer verlängerten Exposition gegenüber UV-Strahlung, die zu einer weiteren Erhöhung der Neuerkrankungshäufigkeit mit Hautkrebs führen kann. [17]

Für den Bereich der Auswirkungen des Klimawandels auf die gesundheitliche Lage der Bevölkerung bestehen sowohl hinsichtlich der Wirkrichtungen, der Größenordnung der Wirkungen und des Zusammenspiels einzelner Faktoren als auch hinsichtlich der Möglichkeiten und Größenordnung der Adaptation an die veränderten Bedingungen erhebliche Forschungsbedarfe sowohl auf genereller als insbesondere auch auf regionalisierter Ebene.

Die klimatischen Veränderungen führen auch zu Veränderungen im Bereich der Mikroorganismen (körpereigene Mikroflora wie auch externe Quellen) und Krankheitsüberträger (Vektoren). Mögliche höhere Umgebungstemperaturen und insbesondere höhere Luftfeuchtigkeit können das **Risiko** des Eindringens **von Keimen in oberflächliche Hautschichten** erhöhen, zudem werden Entzündungsreaktionen bis hin zu einem pathologischen Niveau verstärkt. [18]

Im Boden (externe Quelle) kann eine Zunahme von dimorphen Pilzen angenommen werden, im Wasser eine Zunahme von Legionellen, Parasiten, Vibrio, Cyclospora aber auch Cyanobakterien (Blualgen). Die beiden erstgenannten Erreger können die Anforderung an die Trinkwasseraufbereitung erhöhen, die letztgenannten sind insbesondere im Bereich des Wassersports zu beachten. [18]

Auch Haus- und Nutztiere müssen hinsichtlich ihrer Funktion als Keimreservoir Beachtung finden. So könnte es vermehrt zu einer Tier-Mensch-Übertragung von Leishmanien und Enteritis-Erregern kommen. Bei Zier- und Nutzpflanzen - wie bei allen Lebensmitteln - werden Schimmelpilze durch die klimatischen Veränderungen gefördert. Von daher kommt der sachgemäßen Lagerung von Nahrungsmitteln eine essentielle Bedeutung zu, um bei möglichen höheren Sommertemperaturen das **Risiko** für nahrungsmittelübertragene Erkrankungen weiterhin gering zu halten. Im Zusammenhang mit Starkniederschlägen und Überflutungen gilt dies auch für wasserübertragene Erkrankungen. [17]

Durch die Temperatur- und Niederschlagsveränderungen können nicht nur Krankheitserreger gefördert werden, sondern auch ihre Vektoren. So profitieren beispielsweise Nagetiere (Überträger des Hantavirus), Mücken und Sandfliegen (Überträger des Denguevirus, und Leishmanien), aber auch Flöhe, Milben und Zecken. Die durch warme und feuchte Winter verlängerte aktive Phase von Schildzecken (Genus Ixodes) korreliert mit einem

beobachteten Anstieg der Fallzahlen der durch die Zecken übertragenen **FSME-Erkrankungen** und **Lyme-Borreliose**. [19], HEMMER ET AL. 2007)

Mit der Einwanderung neuer Pflanzenarten besteht das **Risiko** der Zunahme **allergischer Reaktionen** auf Pollen (z. B. auch durch früheren Beginn der Pollensaison). Nicht abgeschätzt werden kann jedoch der Nettoeffekt, der sich aus der Einwanderung neuer Arten und der Verdrängung bisher einheimischer Arten hinsichtlich der Neuerkrankungsfälle für allergische Erkrankungen ergibt. [17]

Durch den saisonalen Touristenzustrom besteht eine besondere Situation bei Extremwetterereignissen. Touristen verfügen zum einen nicht über Kenntnisse der lokalen Gegebenheiten und zum anderen über weniger protektive Ressourcen, beispielsweise bei Schäden im Bereich der Infrastruktur oder einer plötzlichen Einschränkung der Nahrungsmittel- oder Trinkwasserversorgung. [17]

Tropische Infektionskrankheiten

Trotzdem in Deutschland autochtone Fälle von Malaria möglich sind, dürfte die Klimaerwärmung unter Voraussetzung des gegenwärtigen medizinischen Standards (konsequente Diagnostik und Therapie) nicht zu einer Zunahme von **Malaria** in Mecklenburg-Vorpommern führen ([18], [19] HEMMER ET AL. 2007). Das Infektionsrisiko mit Dengue und West-Nil-Fieber kann allerdings zunehmen.

C.5.3 Handlungsempfehlungen

- K-M Verbesserung der wissenschaftlichen Datenbasis durch die Entwicklung, Implementierung und Evaluation von:
- wissenschaftlichem Monitoring bestimmter Indikatoren (z.B. geschlechts- und altersspezifische Sterblichkeit in Abhängigkeit der Umgebungstemperaturen für M-V, alters- und geschlechtsspezifisches Temperaturoptimum mit niedrigster Sterblichkeit in der regionalen Bevölkerung, Anzahl von Wasser- und nahrungsmittelübertragenen Erkrankungen in Abhängigkeit der Umgebungstemperatur, Einwanderung von Neobiota unter Berücksichtigung ihres allergieauslösenden Potentials)
 - zielgruppenspezifischen Informationen für die verschiedenen bereits jetzt vorhandenen Gesundheitsgefährdungen unter besonderer Berücksichtigung der Erreichbarkeit von u. U. besonders gefährdeten Personengruppen (z.B. Kinder, Senioren, Touristen)
 - zielgruppenspezifischen Frühwarnsystemen für die verschiedenen Gefährdungen
 - Notfallplänen für Extremereignisse unter besonderer Berücksichtigung des saisonalen Zustroms von Touristen
 - Maßnahmen der Umgebungsanpassung (z.B. Gebäude, Stadtplanung, Arbeitsplatz, medizinische Versorgungseinrichtungen) [17]
- M Interdisziplinäre Zusammenarbeit und Forschung zur Modellierung der Auswirkungen des klimatischen Wandels sowie der Effekte der Anpassung (Adaptation, Mitigation). Deshalb sollte frühzeitig ein sektorübergreifender Dialog zu Handlungsoptionen und deren Auswirkungen anhand der aktuell

vorhandenen Informationen initiiert und institutionalisiert werden. [17]

- K Entscheidungen, die aktuell beispielsweise bezüglich der Kapazitätsplanung für das medizinische Versorgungssystem, aber auch für Investitionen in den Bau/Ausbau der Infrastruktur und öffentlicher Gebäude sowie für städteplanerische Maßnahmen getroffen werden, können die zukünftige Vulnerabilität und die zur Verfügung stehenden Ressourcen für eine Anpassung an die veränderten klimatischen Bedingungen beeinflussen. Daher sollte bereits heute auf der Basis des aktuellen Erkenntnisstandes geprüft und vermieden werden, neue besonders vulnerable Bereiche z.B. durch bautechnische und stadtplanerische Maßnahmen zu schaffen. [17]
- K Untersuchungen zur Klimawirkung auf Insekten und Nager als Überträger von Krankheitserregern sind nötig. [18]
- M-L Das Halten des heutigen medizinischen Standards ist eine Grundlage für die Prävention gegenüber Epidemien, ebenso Information und Aufklärung der Bevölkerung und der Touristen über neue Infektionsrisiken. [18]
- K Ärzte müssen über künftige potentielle Krankheiten in Mecklenburg-Vorpommern aufgeklärt werden (z.B. FSME), um ihre Diagnoseverfahren entsprechend anzupassen.
- K-M Die Datenlage zur klimabedingten Infektionsentwicklung ist in Mecklenburg-Vorpommern unzureichend, so dass der Kontakt zu benachbarten Bundesländern, ggf. auch baltischen Nachbarstaaten, für einen wissenschaftlichen Austausch gesucht werden sollte.

C.6 Energie/Verkehr

Beitrag der Arbeitsgruppe Energie/Verkehr zu den Auswirkungen der Klimaänderung für das Land M-V

Autoren der Studien [MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, ARBEIT UND TOURISMUS, 2006]::

Dr. Frank Grüttner, Dr. Ralf Kähler, Dr. Erich Clasen (EUB Rostock) [20]

Maik Orth, Angret Danberg (IBZ Hohen Luckow) [21]

C.6.1 Verwendete Parameter und Szenarien

Für die hier durchgeführten Analysen wurden die Außentemperatur-Daten von REMO in den drei IPCC-Szenarien A1B, A2 und B1 verwendet.

Die Wahl des Zeitraumes 2000-2050 für den Heizwärmebedarf liegt vor allem in der vorgesehenen Lebensdauer heute gebauter Wohngebäude (ca. 50 Jahre) begründet. [20]

C.6.2 Chancen und Risiken durch den Klimawandel

Der Klimawandel kann zu einem **sinkenden Energieverbrauch** beim **Beheizen** von Wohnräumen führen. Zugleich entsteht vermehrt sommerlicher Kühlbedarf (Klimatisierung). Dieser sorgt u. U. dafür, dass der Minderverbrauch für Heizung mehr als kompensiert wird (insbesondere Strom), so dass der Energieverbrauch sogar ansteigen kann. [20]

Die Erzeugung von Kälte ist kostenintensiver als die Erzeugung von Wärme. Die Klimatisierung wird also zusätzliche Kosten verursachen (und zwar vor dem Hintergrund tendenziell ohnehin steigender Energiepreise). Hier treten Chancen und Risiken miteinander auf. [20]

Im solarthermischen Bereich könnte sich der Schwerpunkt von Heizung und Warmwasserbereitung aufgrund des tendenziell sinkenden Heizwärmebedarfs hin zur Warmwasserbereitung verschieben. Die bei steigenden Außentemperaturen sinkenden Leistungsbedarfe der Heizungstechnik verstärken die Nutzungschancen der Solarthermie. [20]

Der Biomassezuwachs aufgrund höherer Temperaturen und der verlängerten Vegetationsperiode könnte eine **Chance** für die Energieerzeugung darstellen.[21] Demgegenüber steht allerdings der verringerte Niederschlag in der Vegetationsperiode.

Risiken stellen hingegen das wahrscheinlich verminderte Wasserdargebot und die erhöhte Temperatur des Eingangswassers für die Kühlung von Kraftwerken dar.[21]

Die mögliche Zunahme von Extremereignissen (Stürme, Hagel, Blitzschlag) stellt ein Risiko für Verkehr und Energieinfrastruktur (Hochspannungsleitungen, Windenergieanlagen) dar. Der direkte Einfluss auf Struktur und Leistung des Verkehrs wird als relativ gering angesehen. [21]

C.6.3 Handlungsempfehlungen

- M Die vorhandenen Gebäude sollten an zukünftige Umgebungsbedingungen angepasst sowie vorhandene Gebäudekonzepte und -technik weiterentwickelt werden.
- M Die Anpassung vorhandener Gebäude an zukünftige Umgebungsbedingungen muss sich an ihrer Restnutzungsdauer orientieren.
- L Bei der Planung von Energieanlagen sollten die zunehmenden Extremwetersituationen bei der Anlagenkonstruktion (z.B. Windlast) beachtet werden.
- M-L In allen dargestellten Gebieten im Bereich der Energiequellen und Verkehr ist mit großen Auswirkungen durch zunehmende Extremwetersituationen (Sturm/Orkan, Hagel, Dürre, Starkniederschläge) zu rechnen. Dies bringt zunehmend finanzielle Risiken für die Schadensbeseitigung, aber auch für die notwendige Vorsorge.

Bedarf an weiterführenden Untersuchungen

- M Vertiefende Analysen zu den klimatischen Veränderungen in Mecklenburg-Vorpommern und seinen Regionen – Temperaturverhältnisse, Einbeziehung weiterer Klimaelemente (Solarstrahlung, Niederschläge, Windverhältnisse)
- M Analysen zu *Anforderungen*, die aus den veränderten klimatischen Bedingungen *an Gebäudeeigentümer* bzw. Gebäudebetreiber erwachsen
- M Analysen zu *Anforderungen an das Verhalten der Gebäudenutzer* und zu Möglichkeiten der Erreichung entsprechender Verhaltensänderungen
- M-L Analysen zu ggf. erforderlichen *Anpassungen der Planungsgrundlagen* für Gebäude und für die Bestimmung ihres Energiebedarfs, sowie *an die Gestaltung von Gebäuden*
- M-L Analysen zu den *Anforderungen*, die sich an die Gestaltung, an die Auslegung und an die Betriebsführung von *technischen Gebäudeausrüstungen* ergeben
- K-M Analysen zum zukünftigen *Bedarf nach einer Klimatisierung* von Gebäuden, zur Gestaltung, zur Auslegung und zum Energiebedarf climatechnischer Anlagen
- M Analysen zu den *Möglichkeiten*, die sich aus den veränderten klimatischen Bedingungen für die Nutzung klimaschonender, insbesondere *regenerativer Energiequellen* im Gebäudebereich ergeben
- K-L Heizanlagen sollten hinsichtlich ihrer Maximalleistung an die veränderten Temperaturbedingungen angepasst werden.

C.7 Raumordnung/Tourismus

Der Beitrag der Arbeitsgruppe Raumordnung/Tourismus zu den Auswirkungen der Klimaänderung für das Land M-V wird derzeit vorbereitet, da für eine fachlich fundierte Bewertung die Ergebnisse aller anderen Arbeitsgruppen notwendig waren. Die weitere Berichterstattung erfolgt im Rahmen der Fortschreibung des Aktionsplans Klimaschutz.

D Quellenverzeichnis

ATV-DVWK-M 504 (2002):

Verdunstung in Bezug zu Landnutzung, Bewuchs und Boden. Merkblatt der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. ATV-DVWK (Hrsg.), H. M 504, 144 S., Wirtschafts- und Verl.-Ges. Gas und Wasser, Bonn

BMBF- BUNDESMINISTERIUM FÜR BILDUNG UND FORSCHUNG (2004):

Forschung für den Klimaschutz und Schutz vor Klimawirkungen. Ein Beitrag zum BMBF-Rahmenprogramm „Forschung für die Nachhaltigkeit“. Bonn, Berlin 2004

BMU - BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (2005):

Nationales Klimaschutzprogramm 2005. Sechster Bericht der Interministeriellen Arbeitsgruppe „CO₂-Reduktion“.

HAD (2000-2003):

Hydrologischer Atlas von Deutschland. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.), Bonn / Berlin, 2000 (1. Lieferung), 2001 (2. Lieferung), 2003 (3. Lieferung)

HEMMER, C.J., FRIMMEL, S., KINZELBACH, R., GÜRTLER, L. REISINGER, E.C.:

Globale Erwärmung: Wegbereiter für tropische Infektionskrankheiten in Deutschland? Dtsch Med Wochenschr 2007; 132:2583-2589

HILGERT, T., HENNIG, H. (2004):

Ermittlung der Grundwasserneubildung Mecklenburg-Vorpommern. unveröff. HGN Hydrogeologie GmbH, Schwerin / Greifswald, 2004

IPCC (2007A):

Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. In: Klimaänderung 2007: Wissenschaftliche Grundlagen. Beitrag der Arbeitsgruppe I zum Vierten Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderung (IPCC), Deutsche Übersetzung durch ProClim-, österreichisches Umweltbundesamt, deutsche IPCC-Koordinationsstelle, Bern/Wien/Berlin, 2007.

IPCC (2007B):

Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. In: Klimaänderung 2007: Auswirkungen, Anpassung, Verwundbarkeiten. Beitrag der Arbeitsgruppe II zum Vierten Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC), M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, C.E. Hanson and P.J. van der Linden, Eds., Cambridge University, Press, Cambridge, UK.

IPCC (2007C):

Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. In: Klimaänderung 2007: Verminderung des Klimawandels. Beitrag der Arbeitsgruppe III zum Vierten Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderung (IPCC), B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA.

IPCC (2007D):

4. Sachstandsbericht (AR4) des IPCC (2007) über Klimaänderungen: Synthesebericht: Kernaussagen. 17.11.2007

JACOB, D. U.A. (2006):

Regionale Klimaszenarien für Deutschland. MPI Hamburg und CEC Potsdam

JACOBET, J. (2007)

Zusammenhänge und Wechselwirkungen im Klimasystem, <http://edoc.hu-berlin.de>

MEHL, D., STEINHÄUSER, A., KLITZSCH, S. (2004):

Die Trends der mittleren Niederschlags- und Abflussverhältnisse in den Flussgebieten Mecklenburg-Vorpommerns. In: Archiv für Naturschutz und Landschaftsforschung, H. 4, 2004

PIK - POTSDAM-INSTITUT FÜR KLIMAFOLGENFORSCHUNG (2005):

Klimawandel in Deutschland. Vulnerabilität und Anpassungsstrategien klimasensitiver Systeme. Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Forschungsbericht 201 41 253 UBA-FB 000844

SPEKAT A, ENKE W, KREIENKAMP F. (2007):

Neuentwicklung von regional hoch aufgelösten Wetterlagen für Deutschland und Bereitstellung regionaler Klimaszenarios auf der Basis von globalen Klimasimulationen mit dem Regionalisierungsmodell WETTREG auf der Basis von globalen Klimasimulationen mit ECHAM5/MPI-OM T63L31 2010 bis 2100 für die SRES-Szenarios B1, A1B und A2. Endbericht. UBA, Januar 2007.

UBA - UMWELTBUNDESAMT (2007):

Neue Ergebnisse zu regionalen Klimaänderungen. Dessau, Januar 2007

ZWISCHENSTAATLICHER AUSSCHUSS FÜR KLIMAÄNDERUNGEN (IPCC 2007):

Vierter Sachstandsbericht des IPCC (AR4) Klimaänderung 2007: Zusammenfassungen für politische Entscheidungsträger.

MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, ARBEIT UND TORUSIMUS MECKLENBURG-VORPOMMERN

Studie „Auswirkungen der Klimaveränderungen für das Land Mecklenburg- Vorpommern, Schwerpunkt Energiequellen und Verkehr“, Dezember 2006

Studie „Auswirkungen der Klimaveränderungen für das Land Mecklenburg- Vorpommern Schwerpunkt Energiequellen und Verkehr“, Dezember 2006

Studie „Analysen zu Auswirkungen des klimatischen Wandels in Mecklenburg-Vorpommern auf die Gesundheit, das medizinische Versorgungssystem und die Gesundheitswirtschaft Dezember 2006

Studie „Infektions-spezifische Folgen einer Klimaveränderung in Mecklenburg-Vorpommern , Dezember 2006

Studie „Klimafolgenforschung, Schwerpunkt Ostsee/Küste“, September 2007

Studie zur zukünftigen Wasserwirtschaft in Mecklenburg-Vorpommern als Folge des globalen Klimawandels, September 2007

Studie zu den Auswirkungen der Klimaänderung für das Land Mecklenburg-Vorpommern für den Schwerpunkt „Biodiversität/Naturschutz“, Oktober 2007

Studie „Auswirkungen der Klimaänderung auf die Forstwirtschaft in Mecklenburg-Vorpommern, November 2007

Studie „Folgeabschätzung des Klimawandels auf die Landwirtschaft, Fischerei und den Gartenbau in Mecklenburg – Vorpommern“, Januar 2008

WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT DER BUNDESREGIERUNG GLOBALE UMWELTVERÄNDERUNGEN, WBGU
(2007)

Sicherheitsrisiko Klimawandel, Zusammenfassung für Entscheidungsträger.