

Die regionalen Nutzungen in Mecklenburg-Vorpommern und im Odermündungsgebiet vor dem Hintergrund tief greifender Transformationsprozesse



Autor:
Hendrik Pehlke



IKZM-Oder Berichte

57 (2009)

Die regionalen Nutzungen in Mecklenburg-
Vorpommern und im Odermündungsgebiet vor dem
Hintergrund tief greifender Transformationsprozesse

von

Hendrik Pehlke¹

unter Mitarbeit von Holger Janßen² **und Ralf Scheibe**³

¹ Institut für Angewandte Ökologie (IfAÖ), Broderstorf

² Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde (IOW), Warnemünde

³ Institut für Geographie und Geologie, Universität Greifswald

Broderstorf, April 2009

Impressum

Die IKZM-Oder Berichte erscheinen in unregelmäßiger Folge. Sie enthalten Ergebnisse des Projektes IKZM-Oder und der Regionalen Agenda 21 "Stettiner Haff – Region zweier Nationen" sowie Arbeiten mit Bezug zur Odermündungsregion. Die Berichte erscheinen in der Regel ausschließlich als abrufbare und herunterladbare PDF-Files im Internet.



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Das Projekt "Forschung für ein Integriertes Küstenzonenmanagement in der Odermündungsregion (IKZM-Oder)" wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung unter der Nummer 03F0403A gefördert.



Die Regionale Agenda 21 "Stettiner Haff – Region zweier Nationen" stellt eine deutsch-polnische Kooperation mit dem Ziel der nachhaltigen Entwicklung dar. Die regionale Agenda 21 ist Träger des integrierten Küstenzonenmanagements und wird durch das Projekt IKZM-Oder unterstützt.



Herausgeber der Zeitschrift:

EUCC – Die Küsten Union Deutschland e.V.
Poststr. 6, 18119 Rostock, <http://www.eucc-d.de/>
Dr. G. Schernewski & N. Stybel

Für den Inhalt des Berichtes sind die Autoren zuständig.

Die IKZM-Oder Berichte sind abrufbar unter <http://ikzm-oder.de/> und <http://www.agenda21-oder.de/>

ISSN 1614-5968

„Es kommt nicht darauf an, die Zukunft genau vorherzusagen,
sondern auf die Zukunft vorbereitet zu sein.“

Perikles (ca. 500 v. Chr.)

INHALT

1 HINTERGRUND	7
2 DAS ODERMÜNDUNGS GEBIET	9
2.1 Klima.....	10
2.2 Lebensräume	10
2.3 Bevölkerung.....	11
2.4 Wirtschaft.....	12
3 WANDEL	13
3.1 Prognostizierter Klimawandel.....	13
3.1.1 Szenarien zur Klimaentwicklung in M-V	14
3.1.1.1 Prognostizierte klimatische Veränderungen im Odermündungsgebiet.....	18
3.2 Prognostizierte soziale, wirtschaftliche oder politische Veränderungen.....	20
3.2.1 Demografischer Wandel	20
3.2.2 Prognostizierte wirtschaftliche Entwicklung im Odermündungsgebiet bis 2020	23
3.2.3 Prognostizierte Verkehrsentwicklung im Ostseeraum	24
4 AUSWIRKUNGEN DES WANDELS	27
4.1 Wasserhaushalt.....	27
4.1.1 Wasser und Klima - Gefahr von Trockenperioden und Dürren	27
4.1.2 Gefahr von Hochwasserereignissen	28
4.1.2.1 Hochwassergefahr an den Binnengewässern.....	28
4.1.2.1.1 Polnisches Oder Programm „Odra 2006“	29
4.1.2.2 Hochwassergefahr an den Küsten.....	31
4.1.2.2.1 Küstenschutz	33
4.1.3 Wasserqualität.....	35
4.1.3.1 Mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserqualität	36
4.2 Wirtschaft.....	36
4.2.1 Landwirtschaft	36
4.2.1.1 Mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf die Landwirtschaft	37
4.2.1.2 Mögliche Auswirkungen politisch-ökonomischer Veränderungen auf die Landwirtschaft.....	41
4.2.2 Fischerei und Aquakultur	42
4.2.2.1 Mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf die Fischwirtschaft.....	44
4.2.2.2 Mögliche Auswirkungen sozialer oder politischer Veränderungen auf die Fischwirtschaft	44
4.2.2.2.1 Fangquoten und Schutzgebietsausweisungen.....	44
4.2.2.2.2 Energiekosten	44
4.2.2.2.3 Fischerei und Tourismus	44
4.2.3 Forstwirtschaft	45

4.2.3.1	Mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf die Forstwirtschaft	45
4.2.4	Tourismus	48
4.2.4.1	Wirtschaftliche Bedeutung des Tourismus in M-V und in der Odermündungsregion	49
4.2.4.2	Mögliche Folgen des Klimawandels für den Tourismus	50
4.2.4.3	Mögliche Folgen politischer, sozialer und ökonomischer Veränderungen für den Tourismus	53
4.2.4.3.1	Demografischer Wandel	53
4.2.4.3.2	Entwicklung des Einkommen und der Einkommensverwendung	54
4.2.4.3.3	Kürze der Saison	56
4.3	Verkehr	56
4.3.1	Auswirkungen des Klimawandels auf den Bereich Verkehr	57
4.3.2	Mögliche Folgen politisch-ökonomischer Veränderungen für den Bereich Verkehr..	59
4.4	Energie	60
4.4.1	Mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf den Energiesektor	60
4.5	Naturschutz und Biodiversität	62
4.5.1	Biodiversität	62
4.5.2	Auswirkungen des Klimawandels auf Natur und biologische Vielfalt in M-V	65
4.5.2.1	Auswirkungen auf landseitige Ökosysteme	65
4.5.2.1.1	Wald / Buchenwälder	65
4.5.2.1.2	Salzgrasland	65
4.5.2.1.3	Auswirkungen des Klimawandels auf die Süßwasserökosysteme	66
4.5.2.2	Auswirkungen auf den Lebensraum Ostsee	67
4.5.2.2.1	Marine Bakterien	69
4.5.2.2.2	Phytoplankton	69
4.5.2.2.3	Zooplankton	72
4.5.2.2.4	Benthos	73
4.5.2.2.5	Fische	74
4.5.2.2.6	Quallen und (weitere) Neobiota	77
4.6	Schutzansprüche	79
4.6.1	Schutz von Lebensräumen	79
4.6.2	Meeresnaturschutz in der Region	80
4.6.3	Bedeutung des Klimawandels für die Naturschutzziele	81
5	ZUSAMMENFASSUNG	83
6	FAZIT	87
7	VERWENDETE ABKÜRZUNGEN	89
8	LITERATUR	91
9	INTERNETQUELLEN	99

ABBILDUNGEN

Abb. 1: Die zeitliche Entwicklung der bodennahen Lufttemperatur im gesamten Ostsee-Einzugsgebiet über Land im Zeitraum 1871 bis 2004 - dargestellt als Abweichung vom Mittelwert für die Jahre 1961 bis 1990.....	13
Abb. 2: Prognose der Zunahme der Tagesmitteltemperaturen für den Zeitraum 2071 – 2100. Links: Darstellung des Kontrolllaufes 1961 bis 1990. Rechts: Der Zeitraum 2071 - 2100 (Szenario A1B, WettReg).....	15
Abb. 3: Änderung der Anzahl von Kenntagen bis Ende des Jahrhunderts in der Region Vorpommern (Szenario A1B).....	17
Abb. 4: Niederschlagsmengen im Winter für die Jahre 2071-2100 gegenüber dem Vergleichszeitraum 1961-1990 (Szenario A1B).....	17
Abb. 5: Niederschlagsmengen im Sommer für die Jahre 2071 - 2100 gegenüber dem Vergleichszeitraum 1961-1990 (Szenario A1B).....	18
Abb. 6: Veränderungen der Temperatur und der Niederschläge für das Einzugsgebiet der Oder (westliches Gebiet) und dem Oderästuar, Berechnungen nach WettReg, CEC Potsdam	18
Abb. 7: Veränderungen der Mittelwerte von Temperatur und Niederschlag in der Odermündungsregion für den Zeitraum 2011 bis 2040 (im Vergleich zu 1961 – 1990).....	19
Abb. 8: Demografische Daten und Entwicklung in Deutschland.....	21
Abb. 9: a) (links): Ergebnis einer statistischen Analyse von winterlichen Westwind-Wetterlagen in Europa für den Zeitraum 1881 bis 1991.....	29
Abb. 10: Güterumschlag im Fluss-Küste-System der Oder (Quelle: Röttger et al. 2007, Datenquelle: Statistical Office of Szczecin, Centre of Maritime Statistics, Statistische Berichte 2004)	30
Abb. 11: Die potenziellen Auswirkungen eines Meeresspiegelanstiegs am Beispiel Usedom (ohne Küstenschutzmaßnahmen).....	34
Abb. 12: Mittlere Niederschlagsmengen in M-V in den Monaten April bis September	38
Abb. 13: Ackerzahlen in Vorpommern.	39
Abb. 14: Beispielhafte Darstellung der Waldbrandgefahreinschätzung (vom 10.06.2008).	46
Abb. 15: Veränderung der Übernachtungsintensität und des verfügbaren Einkommens in Deutschland 1994 bis 2003.....	55

TABELLEN

Tab. 1: Niederschlagsmengen in einigen Orten des Odermündungsgebietes	10
Tab. 2: Auswirkungen des Klimawandels auf die Bundesländer nach Sektoren.....	16
Tab. 3: Amtliche Prognosen der demografischen Entwicklung in den deutschen Kreisen und kreisfreien Städten mit Anteilen am Odereinzugsgebiet.	22
Tab. 4: Amtliche Prognose des Zentralen Statistischen Amtes in Polen (2004) der demogra- fischen Entwicklung in den polnischen Woiwodschaften im Odereinzugsgebiet.	23
Tab. 5: Warenumsatz in den polnischen Meereshäfen.....	24
Tab. 6: Containerverkehre von Ostsee-Anrainerstaaten	25
Tab. 7: Selbstbewirtschaftete Gesamtfläche in Hektar nach Kulturarten in OVP, UER und M-V	36
Tab. 8: Flächen nach Art der tatsächlichen Nutzung in OVP, UER und M-V (Jahr 2005).....	37
Tab. 9: Waldfläche im deutschen Teil des Odermündungsgebietes	45
Tab. 10: Entwicklung der Reiseintensität mit zunehmenden Alter.....	53
Tab. 11: Reisevolumen in M-V 2004 bis 2020 unter Einfluss der demografischen Entwicklung bei konstantem Reiseverhalten.....	53

1 HINTERGRUND

Küstengebiete sind sehr empfindliche Ökosysteme mit wichtigen Funktionen für Vegetation und Biodiversität. Hier finden dynamische Interaktionen zwischen Land und See statt, man findet hier viele seltene Habitats und stenöke Arten. Diese seltenen Lebensräume und Arten stehen unter starkem anthropogenen Druck aufgrund der dichten Besiedelung der Küstengebiete, des Tourismus und anderer wichtiger land- wie auch seeseitiger Nutzungen des Küstengebietes (Janßen 2007). Aber auch die Flusseinzugsgebiete stehen unter starkem anthropogenen Druck, da Flussläufe seit jeher sowohl als Siedlungsgebiet, als auch als Wirtschaftsraum genutzt werden. Das Oderhaff unterliegt somit nicht nur dem Nutzungsdruck einer Küstenregion, es spiegeln sich hier auch die anthropogenen Belastungen des Einzugsgebietes der Oder wider.

Politische, wirtschaftliche, klimatische wie auch gesellschaftliche Entwicklungen können die Wasserqualität in Flusseinzugsgebieten beeinflussen. Im Einzugsgebiet der Oder haben in den letzten Jahren bedeutende Transformationsprozesse stattgefunden: Politische Transformationen wie die deutsche Wiedervereinigung und der Systemwechsel in Osteuropa hatten gravierende Auswirkungen u. a. auf die Wertschöpfung und Beschäftigung in der Industrie, der Landwirtschaft und im Dienstleistungsbereich. Die wirtschaftliche Entwicklung hat wiederum Einfluss auf die soziale Situation und über Zu- und Abwanderungen auch auf die Entwicklung der Einwohnerzahlen im Flussgebiet. Die Entwicklung der Landwirtschaft ihrerseits hat großen Einfluss auf die Nährstoffeinträge in Böden und Gewässer (Hirschfeld et al. 2009).

Im deutschen Teil des Einzugsgebietes hat die Wiedervereinigung zu gravierenden Umstrukturierungen der regionalen Wirtschaft geführt. In den frühen 1990er Jahren kam es zu einer deutlichen Regression der Industrie- und Agrarproduktion, die Besucherzahlen an der Küste gingen stark zurück und als Folge kam es zu hoher Arbeitslosigkeit und starker Abwanderung der Bevölkerung. Seit Ende der 1990er Jahre trat eine gewisse Konsolidierung ein, die sich jedoch in erster Linie auf den tertiären Sektor und dabei vor allem auf die Tourismusdienstleistungen konzentriert. Arbeitslosigkeit und Abwanderung liegen weiterhin weit über dem deutschen Bundesdurchschnitt. Wirtschaftliche Entwicklungen mit Relevanz für die Gewässerqualität waren der deutliche Rückgang der Viehhaltung zu Beginn der 1990er Jahre und danach ihr leichter Wiederanstieg (allerdings nicht mehr auf das alte Niveau). Eine vergleichbare Entwicklung war hinsichtlich des Einsatzes von Stickstoff-, Phosphor und Kalidünger zu beobachten. Positive Auswirkungen auf die Gewässerqualität hatte der Ausbau der kommunalen und industriellen Kläranlagen sowie die Umstellung auf phosphatfreie Waschmittel (Hirschfeld et al. 2009).

Auch im polnischen und tschechischen Teil des Oder-Einzugsgebietes kam es in den 1990er Jahren zu bedeutenden Transformationsprozessen – mit ähnlichen Auswirkungen wie in Deutschland. Die Industrieproduktion ging zunächst zurück, auch hier zeigte sich aber seit Ende der 1990er Jahre ein Konsolidierungsprozess mit deutlichen Wachstumsraten. Die Siedlungswasserwirtschaft wurde ausgebaut und mit dem EU-Beitritt im Jahr 2004 wurde die Europäische Abwasserrichtlinie übernommen, die eine weitere Steigerung von Anschluss- und Reinigungsgraden bis zum Jahr 2015 vorsieht. Auch im polnischen und tschechischen Gebiet ist die Intensität der Landwirtschaft Anfang der 1990er Jahre zunächst deutlich zurückgegangen, um seit der Jahrtausendwende jedoch wieder anzusteigen (Hirschfeld et al. 2009).

In Zukunft wird es zu weiteren großen Veränderungen der allgemeinen Rahmenbedingungen kommen. Stark diskutierte Themen sind bereits heute:

- der Klimawandel und die damit verbundenen Veränderungen,
- politisch bedingte Umgestaltungen (wie z. B. die Umsetzung der EG-Umweltgesetzgebung und die damit möglicherweise verbundenen Veränderungen der Landwirtschaft in Europa),
- ökonomisch bedingte Veränderungen (Verknappung der Ressourcen, damit Verteuerung der Energien, Wandel in der Energiewirtschaft, aber auch in der Land- und Forstwirtschaft)
- sowie demografische Veränderungen (Überalterung, Geburtenrückgang, Abwanderungen aus ländlichen Gebieten).

Vor dem Hintergrund der allgemein prognostizierten komplexen zukünftigen Veränderungen soll dargelegt werden, inwieweit vor allem die wasserseitigen Nutzungsansprüche in der Odermündungsregion (bzw. M-V) durch die Veränderungen der allgemeinen Rahmenbedingungen betroffen sind. Dabei muss in vielen Fällen aber auch die landseitige Nutzung berücksichtigt werden, sofern diese Auswirkungen auf die wasserseitigen Nutzungen haben kann.

Es soll zudem diskutiert werden, inwieweit die aktuellen und angestrebten Nutzungen der Küstengewässer - unter Berücksichtigung der zu erwartenden Veränderungen – in Zukunft umsetzbar sind.

Bei allen Schlussfolgerungen und Prognosen ist aber stets zu bedenken, dass die hier vorgestellten Prognosen möglicher Veränderungen auf Modellberechnungen beruhen und auch in wissenschaftlichen Kreisen nicht überall so vertreten werden.

2 DAS ODERMÜNDUNGSGEBIET

Mit ihrer Länge von 854 km und einem Einzugsgebiet von 120 000 km² ist die Oder (polnisch Odra) einer der bedeutendsten Flüsse im Ostseeraum. Das Oderästuar befindet sich in der südlichen Ostsee im Grenzgebiet zwischen Deutschland und Polen und umfasst das Oderhaff und die Pommersche Bucht der Ostsee. Das Oderhaff umfasst eine Fläche von ungefähr 687 km² und kann in das Kleine Haff auf deutscher Seite und das Große Haff (poln. Wielki Zalew) auf polnischem Gebiet unterteilt werden. Das Oderhaff entwässert in die Pommersche Bucht der Ostsee durch drei Verbindungen. Zwischen diesen befinden sich die Inseln Usedom und Wolin. Mit einer durchschnittlichen Tiefe von 3,8 m ist das Oderhaff als flach zu bezeichnen. Die maximale natürliche Tiefe liegt bei 8,5 m, der Piastowski-Kanal - ein künstlich vertiefter Schifffahrtsweg - weist Tiefen bis 12,5 m auf. Dieser Kanal läuft in Nord-Südrichtung durch das Haff und verbindet die Ostsee mit der Odermündung und dem Stettiner Hafen. Das ganze Haff wird durch die transportierte Fracht der Oder charakterisiert.

Das Haffgebiet ist wirtschaftlich schwach entwickelt, weist wenig industrielle Infrastruktur auf, und auch traditionelle Wirtschaftsbereiche wie Fischerei und Landwirtschaft sind rückläufig. Der Tourismus ist der wirtschaftlich stärkste Sektor, hat aber bei einer starken Ausprägung im Küstenbereich nur wenig Auswirkungen auf das Hinterland. Daher entstehen soziale und wirtschaftliche Disparitäten nicht nur zwischen Ost und West, sondern auch zwischen Küste und Hinterland. Gleichzeitig weist das Gebiet ein vielfältiges natürliches Erbe auf. Aufgrund seiner Gestaltung mit Fluss, Lagune und Ostsee überlappen sich in diesem Habitat marine und limnische Ökosysteme. Bei starken Niederschlägen ist das Ästuar nahezu limnisch geprägt und bei Ostwetterlagen (hoher Luftdruck über dem Baltikum) herrschen nahezu Ostseebedingungen (Gosselck & Schabelon 2007).

Moore und Hochmoore, Dünen und Marschen, Flachwasserbereiche, Waldgebiete und andere Ökosysteme formen eine Landschaft mit seltenen Arten, in der Landschafts- und Artenschutz eine große Bedeutung haben. Gemeinsam mit dem benachbarten Bodden ist das Oderhaff das wichtigste Überwinterungsgebiet für Wasservögel im Ostseeraum (Löser & Sekścińska 2005). Hinsichtlich des Flussgebietes, des Ästuars und der Ostsee sind Überschwemmungen, Eutrophierung sowie der Artenrückgang immer wieder im Blickpunkt. Die sinkende Küste und ein gleichzeitig steigender Meeresspiegel bewirkten innerhalb des letzten Jahrhunderts einen relativen Meeresspiegelanstieg von etwa 1 mm/Jahr (Glaeser et al. 2005). Im selben Zeitraum nahm die Häufigkeit von Überschwemmungen und extremen Wetterereignissen zu.

Auch die anthropogen verursachte Eutrophierung ist von großer Bedeutung für den Untersuchungsraum. Nach Bangel et al. (2004) führt die Oder aufgrund von Siedlungen und Industrie sowie intensiver Landwirtschaft am Fluss und seinem Einzugsgebiet hohe Lasten an Schwermetallen, organischen Schadstoffen und vor allem hohe Belastungen an Nährstoffen wie Stickstoff (1980 bis 2000 durchschnittlich 110 bis 230 µmol/l, max. 500 µmol/l) und Phosphor (1980 bis 2000 durchschnittliche PO₄-P Belastung im Oderhaff 2 bis 6 µmol/l, max. 25 µmol/l). Im Küstengebiet der Ostsee sind diese Frachten Grund für Algenblüten und haben Auswirkungen auf die Wasserqualität, was bei einer Region, die auf touristische Einnahmen angewiesen ist, zu ernststen Problemen führen kann (Janßen 2007).

Darüber hinaus ist auch der Artenrückgang ein bedeutendes Thema in der Oderhaffregion. Hier sind viele seltene und empfindliche Lebensräume anzutreffen, die ihrerseits viele stenöke Arten aufweisen. Steigende Belastungen, Nutzungen und Zersiedelung bedrohen vielerorts diese Lebensräume.

2.1 Klima

Die Odermündungsregion steht unter dem Einfluss des Ostseeklimas. Dieser Einfluss wirkt sich bis zu dreißig Kilometer in das Landesinnere aus. Kennzeichnend ist ein relativ gleichmäßiger Temperaturgang mit geringen Jahrestemperaturschwankungen. Der Herbst ist meistens mild und lang andauernd, der Winter ist dagegen relativ kurz und zählt nur wenige Frosttage. Die Jahresniederschlagssumme fällt für norddeutsche Verhältnisse vergleichsweise gering aus (siehe Tab. 1). Im Frühling und Frühsommer stabilisieren die kalten Wasserflächen der Ostsee die thermische Schichtung der Luft und verringern damit die Intensität und Häufigkeit von Niederschlägen. Die sich dann einstellende relativ trockene und sonnige Witterung trägt wesentlich zu den besonders hohen Sonnenscheinstunden (Insel Usedom über 1 900 Std / Jahr) des engeren Küstenbereiches bei. Neben dem Übergang vom Küstenklima zum Binnenlandklima ist ein ostwärts gerichteter leichter Anstieg der Kontinentalität ersichtlich. Er äußert sich insbesondere in einer graduellen Verstärkung der Temperaturschwankungen im Tages- und Jahresverlauf und in einer allmählichen Abnahme der durchschnittlichen Jahresniederschlagssumme sowie -häufigkeit (Jahn 2007).

Tab. 1: Niederschlagsmengen in einigen Orten des Odermündungsgebietes. Quelle: GEO.de. Gruner + Jahr AG & Co KG, 2009

	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Summe
Ahlbeck	38,5	29,1	34,0	37,4	48,5	58,2	62,0	56,2	50,3	43,0	47,0	45,6	549,8
Heringsdorf	38,5	29,1	34,0	37,4	48,5	58,2	62,0	56,2	50,3	43,0	47,0	45,6	549,8
Anklam	39,3	29,2	34,7	37,8	50,7	61,0	61,5	57,1	49,6	42,5	45,9	45,5	554,8
Ueckermünde	38,1	29,3	33,5	37,5	50,7	61,2	62,4	56,9	47,8	40,5	44,6	45,0	547,5
Stettin	36,7	28,9	32,4	37,2	49,6	60,4	67,0	56,6	48,3	40,6	43,6	43,9	545,2
Wolin	37,6	28,8	32,9	37,4	48,1	57,9	65,7	56,9	51,3	43,2	47,3	45,6	552,7

Basis der meteorologischen Berechnungen sind Durchschnittswerte der letzten 20 Jahre.

2.2 Lebensräume

Bedingt durch die geomorphologische Struktur gibt es im Untersuchungsgebiet auf engem Raum sehr unterschiedliche Lebensräume, welche vom stark gegliederten und verzahnten Küstenbereich über die großräumigen Feuchtgebiete der Flusstalmoore, Beckenmoore und Binnengewässer bis hin zu den extrem trockenen und nährstoffarmen Dünen und Osern reichen.

Dabei sind vor allem auch die in vielfältiger hydrologischer Ausprägung vorhandenen Niedermoore als besonders wertvolle und empfindliche Bereiche einzustufen. Diese finden sich zumeist an den Unterläufen der großen Flusstalmoorkomplexe, mit relativ vielen Feuchtwiesen im Talrandbereich, oder auch in vermoorten (Gletscherzungen-)Becken. Die selten vorkommenden Hochmoore sind heute größtenteils abgetorft bzw. durch Torfabbau zerstoßen, entwässert und bewaldet (Jahn 2007). Dennoch sind hier noch Hoch- und Niedermoore von regionaler als auch überregionaler Bedeutung anzutreffen.

Für die Region sind neben den großräumigen Feuchtgebieten auch nährstoffarme, trockene Standorte charakteristisch. Von besonderer Bedeutung sind die Os- und Dünenzüge, die den Lebensraum für eine artenreiche, hochspezialisierte, wärmeliebende und mit wenig Feuchtigkeit auskommende Tier- und Pflanzenwelt bilden. Landschaftsprägend sind darüber hinaus die Wälder. Großflächige Waldgebiete - vorrangig Kiefernforste - nehmen beispielsweise einen Großteil des Kerngebietes der Ueckermünder Heide ein. Erlenbruchwälder finden sich an den Gewässern, größere Bruchwälder u. a. noch im Anklamer Stadtbruch und in der Peeneniederung östlich von Jarmen. Großflächige Laubwälder - insbesondere Buchenwälder - kommen auf den Endmoränen der „Usedomer Schweiz“ vor (Jahn 2007).

Das Oderästuar selbst stellt das größte oligohaline, stark limnisch geprägte innere Küstengewässer an der deutschen Ostseeküste mit starkem Flusswasserzufluss aus der Peene und der Oder dar. Das Kleine Haff und das Achterwasser bilden große, flache Becken, die durch den Peenestrom verbunden werden. Nach Norden setzt sich der Peenestrom bis zur Spandowerhagener Wiek fort. Dort mündet das Gewässer in den Greifswalder Bodden und fließt zwischen Ruden und Peenemünder Haken in die Ostsee. Zahlreiche seichte Buchten und Randseen säumen das gesamte Gewässer. Die Vielfalt der ästuarinen Lebensräume mit breiten Flachwasserzonen, Nebenarmen und Randseen sowie Schilfflächen ist in der südlichen Ostsee einmalig. Das Achterwasser und die Krumminer Wiek sind 3 bis 4 m tief, im zentralen Teil werden Wassertiefen von über 5 m erreicht. Stillwasserbereiche innerhalb des Peenestroms sowie die flachen Randseen sind vorrangig mit Schlick bedeckt. Größere sandig-steinige Gebiete befinden sich im südlichen Achterwasser im Balmer See. In das Kleine Haff erstrecken sich mehrere Sandbänke von etwa 2 m Wassertiefe. Die Zusammensetzung der Sande tendiert strömungsabhängig von Feinsanden mit Anteilen von Schlick bis zu Grobsanden, Kies und Steinen. Das bis zu 12,5 m tiefe Fahrwasser des Piastowski-Kanals wird größtenteils durch Unterhaltungsbaggerungen erhalten (Gosselck & Schabelon 2007).

2.3 Bevölkerung

Im ganzen Odereinzugsgebiet leben gegenwärtig etwa 16 Millionen Einwohner, davon 14 Millionen in Polen, 1,5 Mio. in Tschechien und 0,7 Mio. in Deutschland. (Hirschfeld et al. 2009).

Die deutsch-polnische Grenzregion in der Odermündungsregion zählt rund 835 000 Einwohner. Der Großteil der Bevölkerung konzentriert sich dabei auf die städtischen Zentren – vor allem auf das mit der EU-Osterweiterung (über-)regional bedeutsam gewordene Oberzentrum Stettin und auf die Mittelzentren entlang und nahe der Küste.

Im Vergleich zum bundesdeutschen Durchschnitt (231 Einwohner je km²) sind die Landkreise Ostvorpommern (OVP, 1 911 km²) und Uecker-Randow (UER, 1 624 km²) mit Bevölkerungsdichten von 58 und 49 Einw./km² besonders dünn besiedelt und liegen sogar noch unter dem Landesdurchschnitt von M-V mit 74 Einw./km². Ein vergleichbares Bild ist in den Kreisen Goleniowski, Kamieński (jeweils 48 Einw./km²) und Policki (94 Einw./km²) auf polnischer Seite gegeben. Seit der deutschen Wiedervereinigung ist die Bevölkerungsentwicklung der Kreise OVP und UER negativ verlaufen. Die Ursachen dafür liegen zum einen in einem drastischen Rückgang der Geburtenzahlen und zum anderen in den Abwanderungen vornehmlich der jungen Bevölkerung (bedingt durch die wirtschaftliche Situation und den Lehrstellenmangel). In den Jahren 2000 bis 2004 haben die Landkreise UER und OVP aus diesen Gründen rund 11 700 Einwohner verloren. Das Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR 2001) prognostiziert bis 2020 für beide Landkreise einen weiteren Bevölkerungsrückgang (OVP: 5,1 - 10 % und UER: 10,1 - 15 %).

Die Abwanderungen bleiben nicht ohne Folge hinsichtlich der Alterstruktur der Bevölkerung. Gerade junge, qualifizierte Arbeitskräfte zwischen 20 und 40 Jahren wandern schwerpunktmäßig in die wirtschaftlich attraktiveren alten Bundesländer ab. Zurück bleibt vor allem der ältere Teil der Bevölkerung. Bereits heute machen die über 65jährigen in OVP und UER rund 20 % der Gesamtbevölkerung aus, die Jugendlichen bis 18 Jahre nur etwa 15 %. Der Mangel an jungen Menschen bzw. an potenziellen Eltern bewirkt eine Vergreisung der Bevölkerung und zudem eine Verschlechterung der ökonomischen Situation. Auch die ländlichen Gebiete auf polnischer Seite verzeichnen eine rückläufige Bevölkerungsentwicklung. Relativ beständig sind dagegen die Werte der Bevölkerungsentwicklung Stettins (Jahn 2007).

2.4 Wirtschaft

Zu Zeiten der Planwirtschaft der DDR - mit staatseigenen Betrieben und Großbetrieben - war die landwirtschaftliche Produktion der bestimmende Faktor der Wirtschaftsstruktur und des Beschäftigungssystems in der Region. Nach der Wende (1989) wurden im Zuge des Transformationsprozesses von der Plan- zur Marktwirtschaft zahlreiche Flächen stillgelegt und die Viehbestände erheblich reduziert, was zu einer verringerten Produktionskapazität führte. Damit verbunden war ein direkter und massenhafter Personalabbau. Waren im Jahr 1989 im heutigen Landkreis OVP beispielsweise noch etwa 14 000 Menschen in der Landwirtschaft beschäftigt, waren es 2003 nur noch knapp 2 000 Vollbeschäftigte gewesen. Trotz der Umstrukturierungen ab 1989 stellt die landwirtschaftliche Produktion heute immer noch einen bedeutenden Wirtschaftszweig dar. Mit über 3 300 km² bildet sie die dominante Flächennutzung im Untersuchungsgebiet. Der größte Teil der landwirtschaftlichen Fläche wird als Ackerland bewirtschaftet, wobei der ökologische Anbau zunehmend an Bedeutung gewinnt. Die Waldflächen sind nach den landwirtschaftlichen Nutzflächen besonders prägend für die Region. Die wirtschaftlichen Bedingungen der Küsten- und Binnenfischerei – mit zumeist kleinen Fischereibetrieben – sind derzeit unter den europäischen Rahmenbedingungen sehr hart, teilweise sogar unrentabel und nicht konkurrenzfähig. Der Handel- und Dienstleistungssektor hat bei weitem den größten Anteil an der Bruttowertschöpfung und stellt eine hohe Anzahl an Beschäftigten. Einer der wichtigsten Wirtschaftszweige in diesem Bereich ist der Tourismus. Das verarbeitende Gewerbe setzt sich dagegen hauptsächlich aus den relativ wertschöpfungsarmen Branchen Bauwirtschaft, maritime Wirtschaft (Schifffahrt, Schiffsbau, Meerestechnik, Transport und Logistik), Holzverarbeitung, Möbelherstellung sowie Nahrungsmittelverarbeitung zusammen. Die Grundlage bilden klein- und mittelständische Unternehmen; der Anteil an Großbetrieben (mit mehr als 500 Beschäftigten) ist gering (Jahn 2007).

3 WANDEL

3.1 Prognostizierter Klimawandel

Der IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen) hat im Jahr 2007 aktualisierte Berichte vorgelegt, in denen die Beobachtungen und Messungen im Rahmen der internationalen Klimaforschung dargestellt und ausgewertet wurden. Im Ergebnis werden das Voranschreiten und die Beschleunigung des globalen Klimawandels bestätigt, und demnach sind bereits Folgen des Klimawandels nachweisbar. Viele globale Risiken des Klimawandels werden inzwischen aufgrund des heutigen Forschungsstandes mit einer größeren Zuverlässigkeit eingeschätzt als in früheren Berichten. Dazu zählen:

- 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 Netto-Kosten 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).

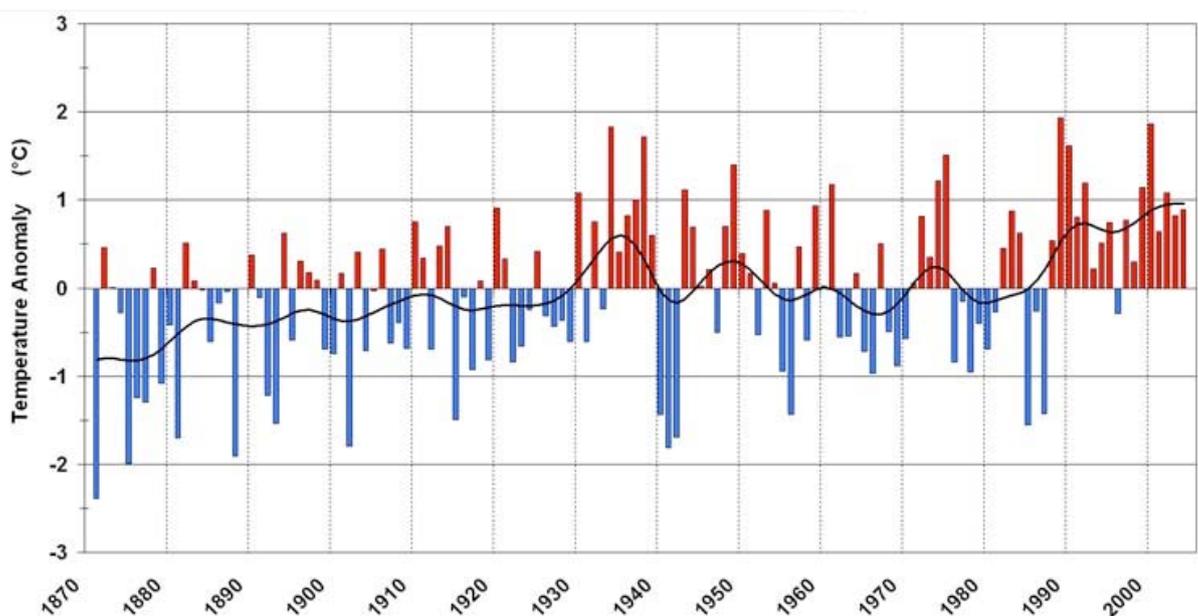


Abb. 1: Die zeitliche Entwicklung der bodennahen Lufttemperatur im gesamten Ostsee-Einzugsgebiet über Land im Zeitraum 1871 bis 2004 - dargestellt als Abweichung vom Mittelwert für die Jahre 1961 bis 1990 (jährliche Abweichungen als Balken, geglättet als schwarze Kurve). Quelle: GKSS-Forschungszentrum Geesthacht

3.1.1 Szenarien zur Klimaentwicklung in M-V

Der IPCC hat in seinem 2007 veröffentlichten Bericht verschiedene globale Emissionsszenarien aufgeführt, die den jeweiligen Bezugspunkt der verschiedenen Klimamodellierungen bilden und hier kurz vorgestellt werden:

Szenario A1:

Die A1-Szenarien-Familie beschreibt eine zukünftige Welt mit sehr raschem Wirtschaftswachstum, einer Mitte des 21. Jahrhunderts ansteigenden und danach rückläufigen Weltbevölkerung sowie einer raschen Einführung neuer und effizienterer Technologien. Wichtig bei diesem Szenario ist auch die Annahme der (wirtschaftlichen) Annäherung von Regionen bei gleichzeitiger substantieller Verringerung regionaler Unterschiede der Pro-Kopf-Einkommen.

Die A1-Szenarien-Familie teilt sich in drei Gruppen auf, die unterschiedliche Ausrichtungen technologischer Änderungen im Energiesystem beschreiben. Sie unterscheiden sich in ihrer technologischen Hauptausrichtung:

- fossilintensiv (A1FI)
- nichtfossile Energiequellen (A1T)
- eine ausgewogene Nutzung aller Quellen (A1B), wobei der Begriff „ausgewogene Nutzung“ durch eine nicht allzu große Abhängigkeit von einer bestimmten Energiequelle und durch die Annahme eines ähnlichen Verbesserungspotenzials für alle Energieerzeugungs- und -verbrauchstechnologien definiert ist

Szenario A2:

Die A2-Szenarien-Familie beschreibt eine sehr heterogene Welt. Das Grundthema ist Autarkie und Bewahrung lokaler Identitäten. Regionale Fruchtbarkeitsmuster gleichen sich nur sehr langsam an, 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.

Szenario B1:

Die B1-Szenarien-Familie beschreibt eine sich näher kommende Welt, mit der gleichen, bis Mitte des 21. Jahrhunderts anwachsenden 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 saubereren 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.

Szenario B2:

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 ansteigender 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.

Um für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland regionale Informationen zu künftigen Klimaänderungen gewinnen zu können, wurden im Rahmen eines Forschungsprojektes im Auftrag des Umweltbundesamtes Klimaprojektionen für Deutschland bis zum Jahr 2100 unter Nutzung zweier verschiedener Modellansätze erstellt (Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus 2008):

- das dynamische Regionalmodell REMO des Max-Planck-Instituts für Meteorologie in Hamburg
- das statistische Modell WettReg der Firma Climate & Environment Consulting (CEC) Potsdam.

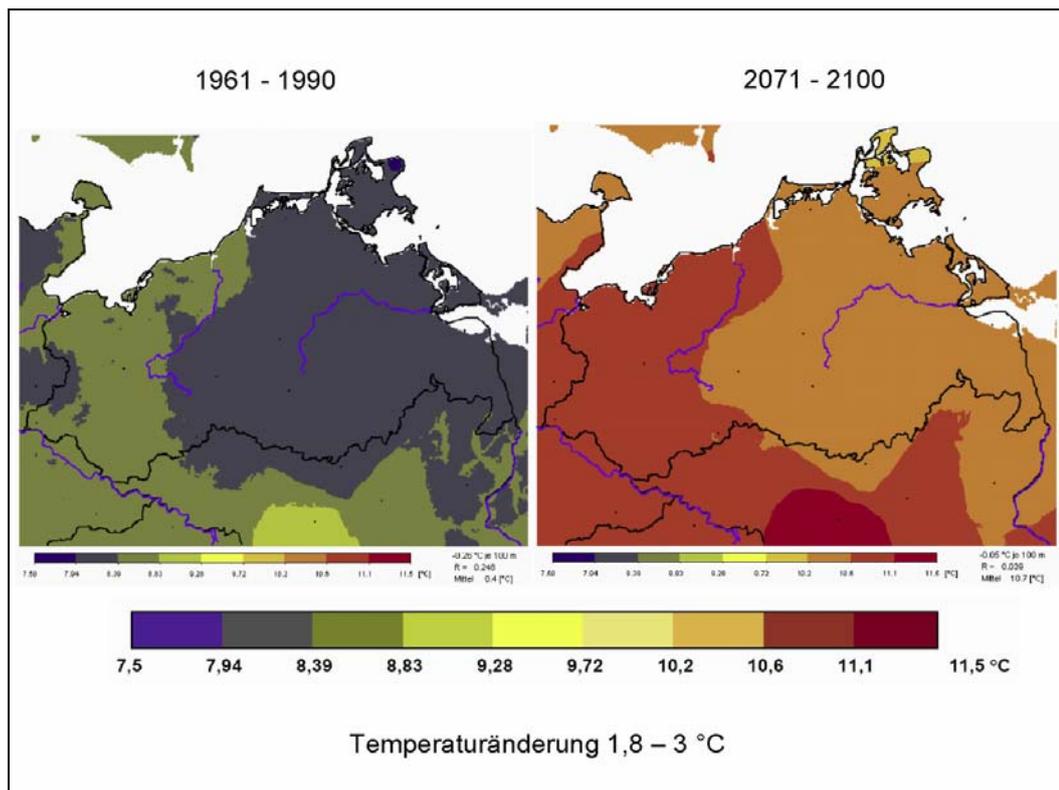


Abb. 2: Prognose der Zunahme der Tagesmitteltemperaturen für den Zeitraum 2071 – 2100. Links: Darstellung des Kontrolllaufes 1961 bis 1990. Rechts: Der Zeitraum 2071 - 2100 (Szenario A1B, WettReg).
Quelle: Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus 2008

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

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

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

Die Ostseeküste selbst wird wahrscheinlich aufgrund der ausgleichenden Wirkung der Ostsee vom Temperaturanstieg weniger betroffen sein als das Binnenland. Dies trifft ebenso auf Temperaturextremereignisse (kalte und heiße Tage) zu. Die Erwärmung tritt hier zeitlich verzögert auf. Die Zunahme von heißen Tagen (Maximumtemperatur $\geq 30\text{ °C}$) und Tropennächten (Minimumtemperatur $\geq 20\text{ °C}$) wird etwa gleich stark berechnet. Für das mittlere Mecklenburg und Vorpommern kann mit einem deutlicheren Hervortreten des kontinentalen Einflusses gerechnet werden. Es wird von einer Zunahme der heißen Tage ausgegangen (Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus 2008).

Tab. 2: Auswirkungen des Klimawandels auf die Bundesländer nach Sektoren. Quelle: DIW 2008, verändert

Auswirkungen des Klimawandels auf die Bundesländer nach Sektoren		
Sektor	Mögliche Auswirkungen	Besonders betroffene Bundesländer
Energie	Reduzierte Nachfrage nach Wärme im Winter	BB, BE, HB, HH, MV , NI, NW, SH, SN, ST
	Gesteigerte Nachfrage nach Kühlung im Sommer	BB, BE, HB, HH, MV , NI, NW, SH, SN, ST
	Durch Wasserknappheit bedingtes unzureichendes Kühlwasser für konventionelle Kraft- und Atomkraftwerke	BB, BE, BW, BY, MV , SN, ST, TH
Gesundheit	Anstieg von Krankheiten (Malaria)	Alle
	Zunahme hitzebedingter Krankheiten (Todesfälle)	BB, BE, HB, HH, MV , NI, NW, SH, SN, ST
	Abnahme der Arbeitsproduktivität bei extremer Hitze	BB, BE, HB, HH, MV , NI, NW, SH, SN, ST
Tourismus	Rückgang von Tourismus in Skigebieten	BW, BY, HE, SN, ST, TH
	Anstieg von Tourismus in nördlichen Breiten	HB, HH, MV , NI, SH
Landwirtschaft/Forstwirtschaft	Anstieg von Ernteverlusten	BB, BW, BY, MV , SN, ST, TH
	Anstieg von Waldbränden	BB, BE, BW, BY, MV , SN, ST, TH
	Veränderte Anbaumethoden	Alle
	Zunahme von Wassermangel	BB, BE, BW, BY, MV , SN, ST, TH
	Zunahme von Schädlingen	BB, BE, BW, BY, MV , SN, ST, TH
Baugewerbe	Schäden an Immobilien durch Überflutungen	BW, BY, HB, HE, HH, NW, RP, SL, TH
Verkehrssektor	Zunahme an Infrastrukturschäden durch Überflutungen	BW, BY, HB, HE, HH, NW, RP, SL, TH

BB = Brandenburg, BE = Berlin, BW = Baden-Württemberg, BY = Bayern, HB = Bremen, HE = Hessen, HH = Hamburg, **MV** = Mecklenburg-Vorpommern, NI = Niedersachsen, NW = Nordrhein-Westfalen, RP = Rheinland-Pfalz, SH = Schleswig-Holstein, SL = Saarland, SN = Sachsen, ST = Sachsen-Anhalt, TH = Thüringen.

Quelle: Darstellung des DIW Berlin. DIW Berlin 2008

Die Abb. 3 auf Seite 17 zeigt die mögliche Entwicklung (Ab- bzw. Zunahme) der Anzahl von Kenntagen in Vorpommern. Folgende Kenntage werden dargestellt (Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus 2008):

- Eistag: Die Temperatur steigt nicht über 0 °C ($T_{\max} \leq 0\text{ °C}$)
- Frosttag: Die Temperatur fällt im Tagesverlauf unter 0 °C ($T_{\min} < 0\text{ °C}$; z.B. nachts -2 °C , tags $+3\text{ °C}$)
- Sommertag: Die Temperatur erreicht oder steigt über 25 °C ($T_{\max} \geq 25\text{ °C}$)
- Heißer Tag: Die Temperatur erreicht oder steigt über 30 °C ($T_{\max} \geq 30\text{ °C}$)
- Tropennacht: Die Temperatur fällt nicht unter 20 °C ($T_{\min} \geq 20\text{ °C}$)

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 %). Für den Winterniederschlag wird bis 2100 eine geringe bis starke Zunahme bis max. 50 % angenommen (siehe Abb. 4, Seite 17). Die Niederschlagserhöhung im Winter fällt besonders in Küstennähe stärker aus. Der Niederschlag wird in deutlich geringerem Anteil als Schnee fallen. Durch die WettReg-Projektionen wird beim Sommerniederschlag eine starke regionale Gliederung zwischen den westlichen und östlichen Landesteilen M-Vs prognostiziert: Der Sommerniederschlag könnte danach in den östlichen Landesteilen bis zum Ende des Jahrhunderts um bis zu 50 % zurückgehen (Szenario A1B) und würde insbesondere in Teilen der Region Vorpommern den größten Rückgang in Deutschland darstellen (siehe Abb. 5, Seite 18). Das Modell REMO prognostiziert die Entwicklung der Sommerniederschläge weniger stark regional differenziert. Danach könnte ein Rückgang zwischen ca. 5 % (im zentralen Bereich Mecklenburgs) und 25 % stattfinden. Beide Klimamodelle verdeutlichen

aber, dass Teile von M-V deutschlandweit mit am stärksten von sommerlicher Trockenheit betroffen sein könnten (Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus 2008).

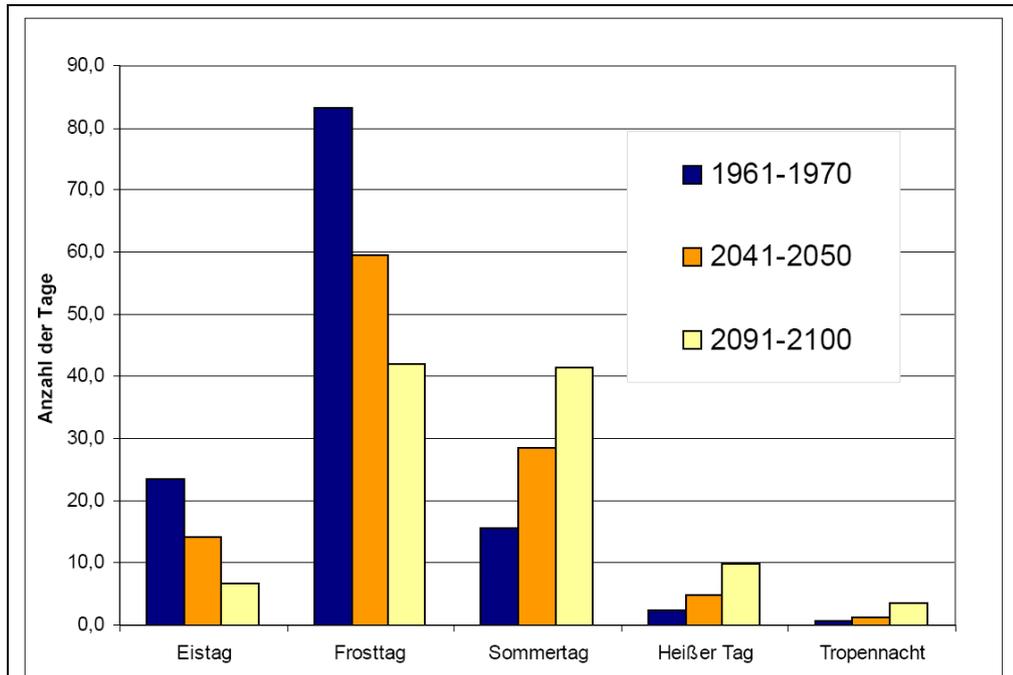


Abb. 3: Änderung der Anzahl von Kenntagen bis Ende des Jahrhunderts in der Region Vorpommern (Szenario A1B) . Quelle: Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus 2008

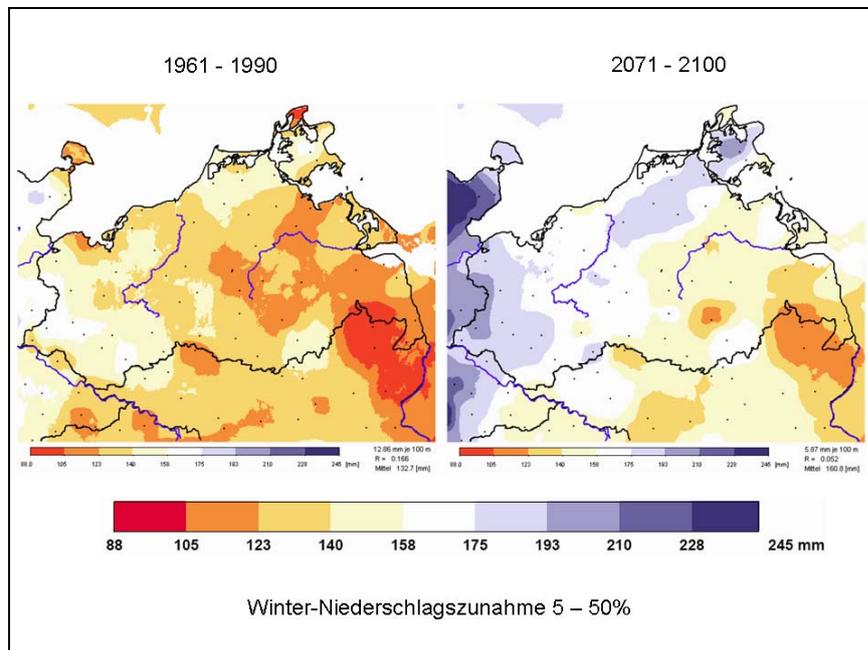


Abb. 4: Niederschlagsmengen im Winter für die Jahre 2071-2100 gegenüber dem Vergleichszeitraum 1961-1990 (Szenario A1B) . Quelle: Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus 2008, verändert

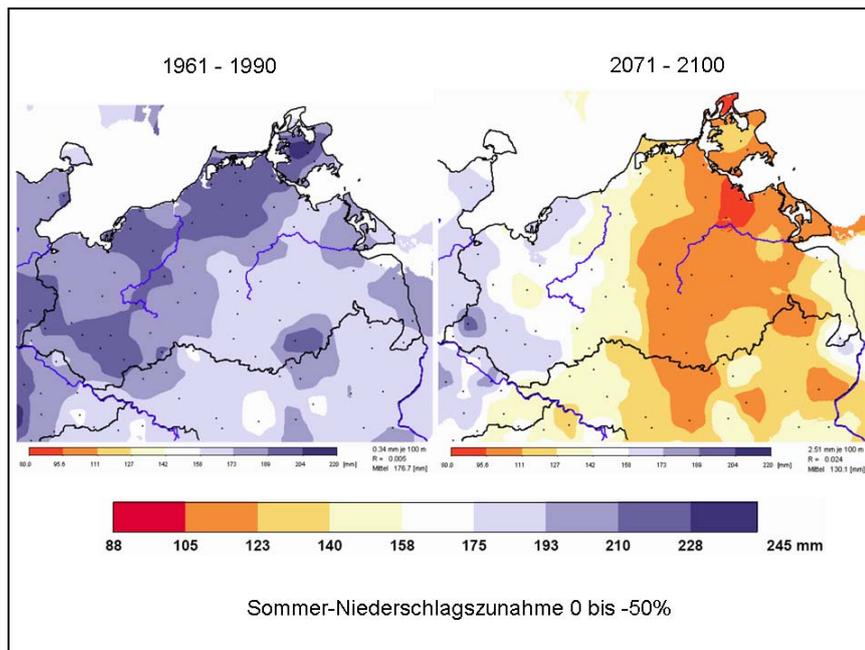


Abb. 5: Niederschlagsmengen im Sommer für die Jahre 2071 - 2100 gegenüber dem Vergleichszeitraum 1961-1990 (Szenario A1B) . Quelle: Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus 2008, verändert

3.1.1.1 Prognostizierte klimatische Veränderungen im Odermündungsgebiet

Als Basis für die Einschätzung der Auswirkungen des Klimawandels auf die Oderhaffregion bzw. das Odereinzugsgebiet wurde ebenfalls das Modell WettReg der Firma CEC Potsdam verwendet (Janßen 2007).

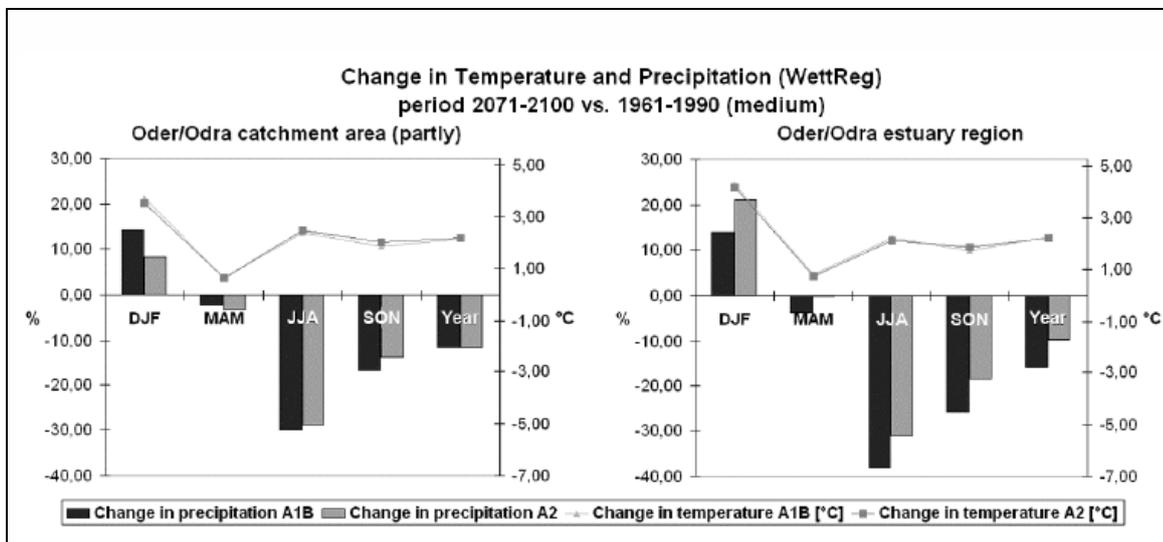


Abb. 6: Veränderungen der Temperatur und der Niederschläge für das Einzugsgebiet der Oder (westliches Gebiet) und dem Oderästuar, Berechnungen nach WettReg, CEC Potsdam. Quelle: Janssen 2007

Die Prognosen basieren auf den A1B und A2 Szenarien (siehe Kapitel 3.1.1 auf Seite 14) des IPCC (2007). Die Berechnungen für die Odermündungsregion für den Zeitraum 2011 bis 2040 (im Vergleich zu 1961 - 1990) ergaben bei den Jahresdurchschnittstemperaturen eine Temperaturzunahme von 0,3 bis 0,6 °C. Für den Zeitraum 2071 - 2100 ergaben die Prognosen eine Veränderung von 2,2 bis 2,3 °C. Dabei sind die Vorausberechnungen hinsichtlich dieser Änderung für den Einzugsbereich der Oder (2,1 °C Zunahme) vergleichbar mit denen des Oderhaffgebietes (2,2 °C).

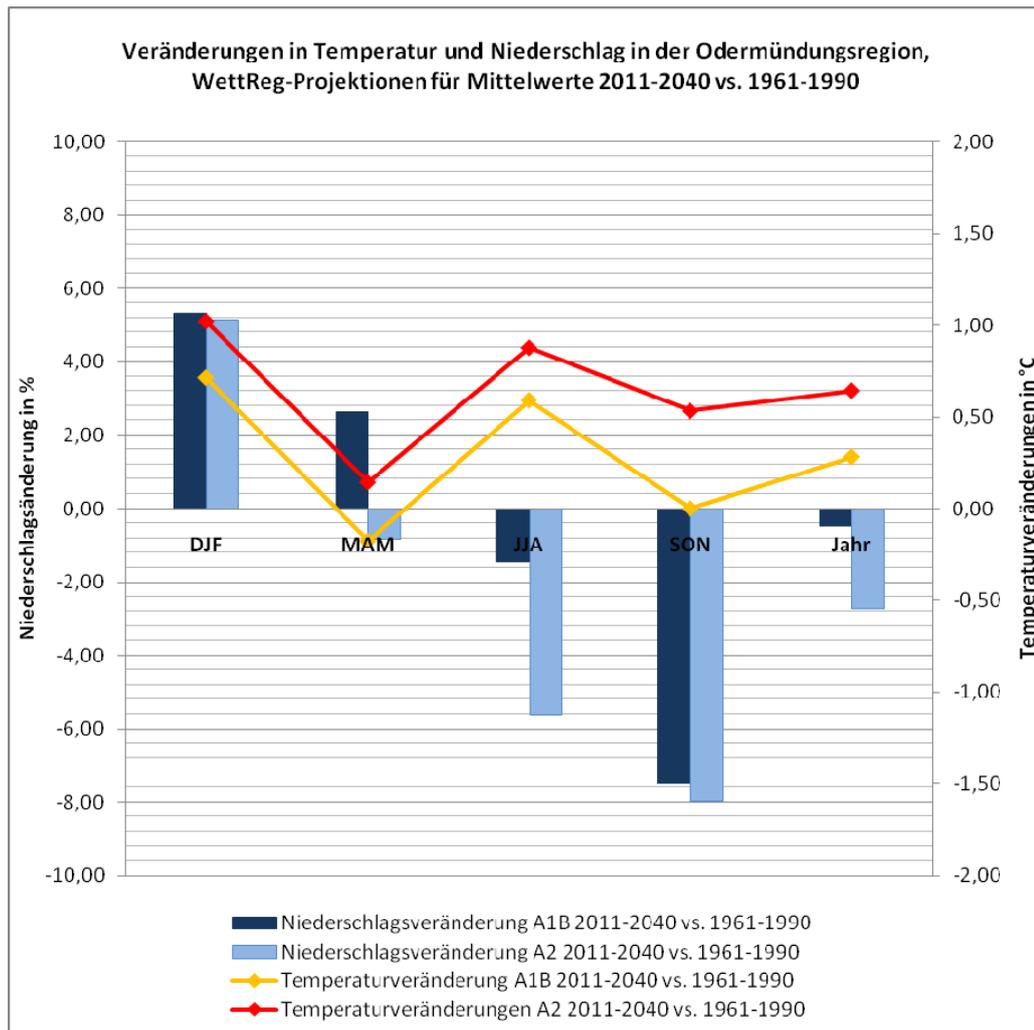


Abb. 7: Veränderungen der Mittelwerte von Temperatur und Niederschlag in der Odermündungsregion für den Zeitraum 2011 bis 2040 (im Vergleich zu 1961 – 1990)

Im Gegensatz dazu unterscheiden sich die prognostizierten Entwicklungen der Niederschläge im Einzugsbereich und im Haffgebiet der Oder stärker. Für das südlich gelegene Einzugsgebiet wird für den Zeitraum 2071 - 2100 mit einer größeren Abnahme der Niederschlägen gerechnet: Sowohl im Szenario A1B als auch im Szenario A2 wird hier eine Abnahme von 11,6 % prognostiziert. Für das Oderhaffgebiet wird eine Abnahme des Niederschlages zwischen 9,6 % (Szenario A2) und bis zu 15,6 % (Szenario A1B) berechnet. Dabei zeigen sich hinsichtlich der Verteilung der Niederschläge im Jahresverlauf starke Unterschiede. Es wird eine Zunahme der Niederschläge im Winter sowohl für das Einzugsgebiet wie auch für das Ästuar der Oder prognostiziert (siehe Abb. 6, Seite 18). Die Prognosen ergaben eine Steigerung der Niederschläge für den Einzugsbereich der Oder im Winter (meteorologischer Winter: Dezember, Januar, Februar (DJF)) von 8,4 % (Szenario A2) bis zu 14,3 % (Szenario A1B). Für das Haff wurde eine Zunahme der Niederschläge für diese Jahreszeit (DJF) von 14,1 % (Szenario A1B) bis zu 21,0 % (Szenario A2) berechnet. Wie aus Abb. 6 ersichtlich ist, weisen die Prognosen für alle anderen Jahreszeiten dagegen eine negative Entwicklung der Niederschläge auf (Janßen 2007).

Für den Zeitraum 2011 bis 2040 (im Vergleich zu 1961 - 1990) prognostiziert das WettReg-Modell aus dem Szenarien A1B und A2 positive Niederschlagsveränderungen für die Odermündungsregion in der meteorologischen Jahreszeit Winter (Dezember, Januar, Februar (DJF): +5,3 % bzw. +5,1 %) und teilweise auch im Frühjahr (März, April, Mai (MAM): +2,6 % bzw. -0,8 %). Dem stehen negative Veränderungen in den Sommermonaten (Juni, Juli, August (JJA): -

1,5 % bzw. -5,6 %) und dem Herbst gegenüber (September, Oktober, November (SON): -7,5 % bzw. -7,9 %).

In der Summe ergibt sich eine leicht negative, nahezu ausgeglichene Jahresbilanz, innerhalb derer es jedoch zu jahreszeitlichen Verschiebungen kommt. Deutlich wird hier, dass die alleinige Betrachtung von Jahresmittelwerten nicht hilfreich ist, da sie den tatsächlichen jahreszeitlichen Verlauf nicht abbilden. Damit einhergehende Auswirkungen werden bei der ausschließlichen Betrachtung von Jahresmittelwerten also möglicherweise verschleiert.

3.2 Prognostizierte soziale, wirtschaftliche oder politische Veränderungen

3.2.1 Demografischer Wandel

Das Bundesland M-V startete nach der Wende unter widrigen wirtschaftlichen Bedingungen. Zu DDR-Zeiten hatten vor allem Schiffbau, Fischerei, Landwirtschaft und Militär für Beschäftigung gesorgt. Nach der Wiedervereinigung kamen diese Branchen in die Krise und Zehntausende verloren ihren Arbeitsplatz. Heute ist M-V das Land mit dem geringsten Industriebesatz in Deutschland. Nur zwölf Prozent aller Werktätigen arbeiten im produzierenden Gewerbe. Gleichzeitig ist der Anteil von Beschäftigten in Forschung und Entwicklung der bundesweit geringste. Stabilisieren konnten sich nur wenige Branchen wie die Nahrungsmittelindustrie und der Tourismus. Diese wenigen positiven Entwicklungen reichten bisher nicht aus um das Land insgesamt auf Wachstumskurs zu bringen. Seit 1996 ist das reale Bruttoinlandsprodukt von M-V im Durchschnitt gerade um 0,6 Prozent pro Jahr gewachsen. Die Zahl der Arbeitsplätze ist in diesem Zeitraum jährlich um ein Prozent gesunken. M-V ist das Land mit dem geringsten verfügbaren Einkommen je Einwohner (dieser Begriff bezeichnet das Einkommen, was dem Einzelnen nach Abzug aller Abgaben und Steuern für den privaten Verbrauch und zum Sparen zur Verfügung steht.). In M-V verfügte 2005 durchschnittlich jeder Einwohner über 13 953 Euro Einkommen für Konsum und Sparen (14 266 Euro im Jahr 2006), im deutschen Durchschnitt waren es dagegen 17 702 EUR (2006: 18 135 Euro). Dabei hatten die Einwohner des Landkreises UER im Jahr 2005 nur durchschnittlich 13 215 EUR (2006: 13 302) und die in OVP 13 229 EUR (2006: 13 421) zur Verfügung (Website des Statistischen Amtes M-V (a); INSM & WiWo 2008).

In M-V wurden im Jahr 2006 im Durchschnitt 13 106 Euro je Einwohner privat konsumiert. Das waren zwar 295 Euro mehr als im Vorjahr, trotzdem war damit aber der private Konsum je Einwohner der niedrigste aller Bundesländer. Im Bundesdurchschnitt betragen die privaten Konsumausgaben je Einwohner 16 481 Euro (Website des Statistischen Amtes M-V (b)). Die Arbeitslosenquote ist im Jahr 2006 auf 20,8 Prozent gestiegen (Website des Statistischen Amtes M-V (a)). Aufgrund dieser wirtschaftlichen Entwicklung kam es zu einer verstärkten Abwanderung gerade jüngerer Menschen. Zwischen 1990 und 2004 sind 136 000 Menschen aus M-V fortgezogen (Kröhnert et al. 2006). Im Zeitraum von 2004 bis 2007 ging die Bevölkerung nochmals um 2,2 Prozent zurück (INSM & WiWo 2008). Aus diesem Grund, aber auch durch die höhere Zahl von Sterbefällen gegenüber den Geburten, hat M-V im Zeitraum 1989 bis 2007 knapp 300 000 Einwohner, also etwa 14 Prozent seiner Bevölkerung verloren (Hirschfeld et al. 2009).

Mit dem Einbruch der Geburtenzahlen nach der Wiedervereinigung und der Abwanderung junger Menschen hat sich M-V binnen kurzer Zeit in eine der jugendärmsten Regionen Deutschlands verwandelt. Die Zahl der unter 20-Jährigen, die 1990 noch bei 537 000 lag, wird sich bis zum Jahr 2010 auf 248 000 mehr als halbiert haben und auch danach nur minimal ansteigen. Demgegenüber wird bis 2020 die Zahl der über 75jährigen um 75 Prozent zunehmen. Besonders dramatisch sieht es im vorpommerschen Teil des Bundeslandes aus. Im Jahr 1990 lebten in Vorpommern knapp 570 000 Menschen, derzeit sind es nur noch etwa 490 000. Prognosen zufolge werden es im Jahr 2020 keine 450 000 mehr sein (Kröhnert et al. 2006). Viele Siedlungen, die heute schon in ihrer Existenz bedroht sind, könnten dann von Leerstand bedroht sein. Am stärksten betroffen ist der

Landkreis UER. Er liegt an der polnischen Grenze und hat keinen Zugang zu den attraktiven Ostseeküsten. Das Militär, wichtigster Arbeitgeber in diesem Kreis, baut seit Jahren Stellen ab. Die Wirtschaftskraft ist 2004 das fünfte Jahr in Folge gesunken und fast ein Viertel aller Menschen zwischen 18 und 65 Jahren leben von staatlicher Unterstützung. Der Landkreis UER hatte zwischen 2000 und 2006 die höchsten Abwanderungsraten in M-V zu verzeichnen (Website des Statistischen Amtes M-V (a), Kröhnert et al. 2006).

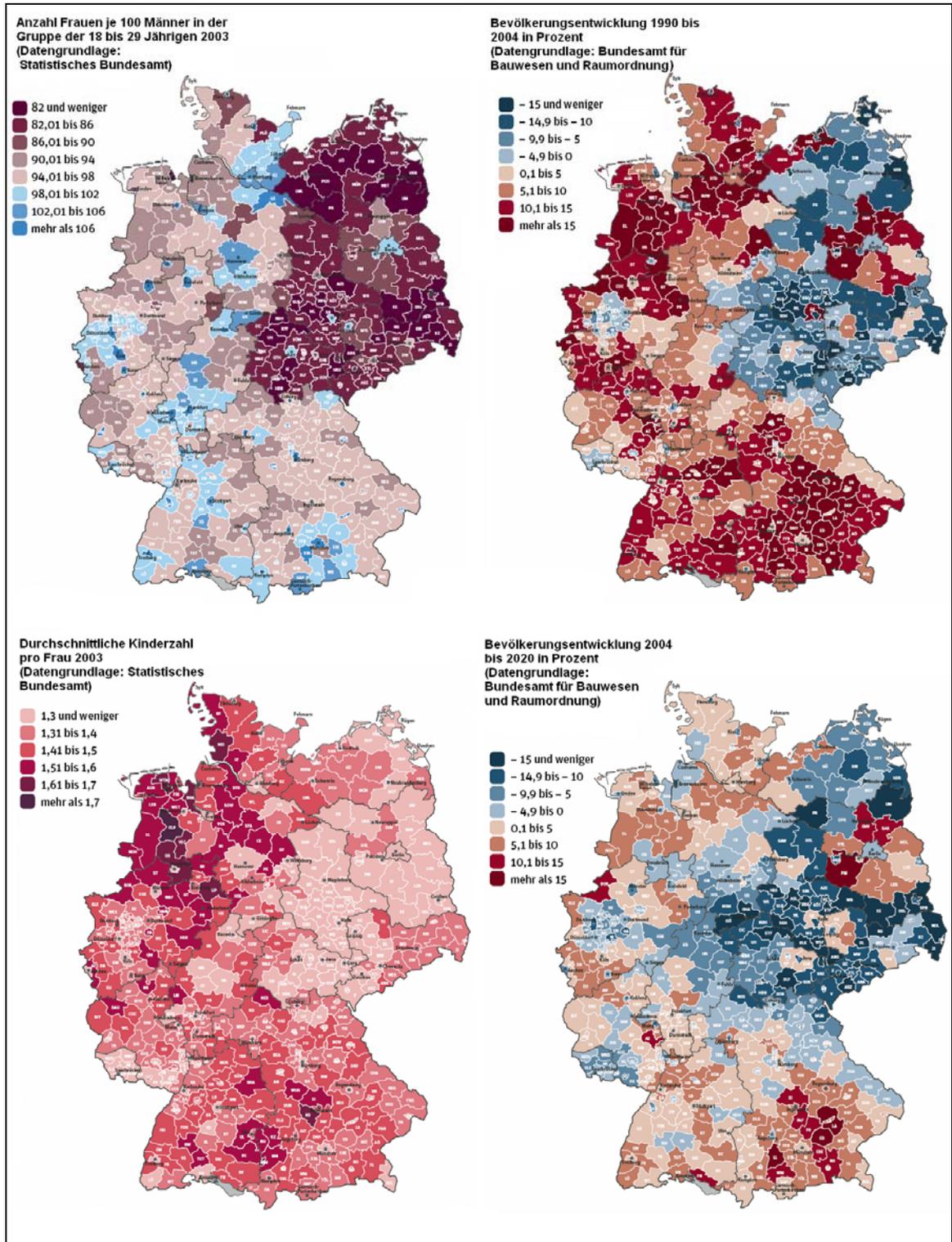


Abb. 8: Demografische Daten und Entwicklung in Deutschland. Quelle: Kröhnert et al. 2006

Tab. 3: Amtliche Prognosen der demografischen Entwicklung (Einwohnerzahlen * 1000) in den deutschen Kreisen und kreisfreien Städten mit Anteilen am Odereinzugsgebiet. Hirschfeld et al. 2009
Abkürzungen: siehe Abkürzungsverzeichnis, Seite 89

Region	Einwohner	2005	2010	2020	Änderung 2005-2020 absolut	Änderung 2005-2020 prozentual
<i>Mecklenburg-Vorpommern</i>		1.707,3	1.644,1	1.566,1	-141,1	-8,3%
Ostvorpommern		109,5	104,6	88,7	-20,8	-19,0%
Uecker-Randow		76,3	68,3	53,6	-22,7	-29,8%
Summe der Kreise im Oder-EZG MV		185,8	172,9	142,3	-43,5	-23,4%
<i>Brandenburg</i>		2.559,5	2.497,7	2.377,7	-181,8	-7,1%
Uckermark		139,3	129,3	115,9	-23,4	-16,8%
Barnim		176,7	177,7	172,9	-3,8	-2,1%
Märkisch-Oderland		192,1	189,6	182,4	-9,7	-5,1%
Frankfurt/Oder, Stadt		63,7	58,2	52,7	-11,0	-17,3%
Oder-Spree		190,7	182,6	168,4	-22,3	-11,7%
Spree-Neiße		136,9	129,2	117,3	-19,6	-14,3%
Summe der Kreise im Oder-EZG BB		899,5	866,6	809,6	-89,9	-10,0%
<i>Sachsen</i>		4.273,8	4.165,4	4.016,8	-257,0	-6,0%
Görlitz, Stadt		57,6	55,6	53,8	-3,8	-6,6%
Niederschlesischer Ober- lausitzkreis		96,8	90,4	84,0	-12,8	-13,2%
Löbau-Zittau		143,4	134,1	122,9	-20,5	-14,3%
Summe der Kreise im Oder-EZG SN		297,8	280,1	260,7	-37,1	-12,5%
Summe der Kreise im Oder-EZG D		1.383,2	1.319,6	1.212,6	-170,5	-12,3%

Das Statistische Bundesamt prognostiziert bis 2020 für den Kreis UER einen weiteren Bevölkerungsschwund von fast 15 Prozent (siehe Abb. 8). Noch dramatischer prognostiziert das Statistische Amt Mecklenburg-Vorpommern den Bevölkerungsrückgang in die beiden Kreisen OV und UER: OV wird gegenüber dem Jahr 2005 voraussichtlich 19 Prozent seiner Einwohner verlieren (ca. 21 000) und der Landkreis UER sogar 30 Prozent (ca. 23 000 Einwohner). Auch in den brandenburgischen und sächsischen Teilen des Oder-Einzugsgebietes rechnen die amtlichen Prognosen mit einem weiteren deutlichen Bevölkerungsrückgang (vgl. Tab. 3). Im einwohnergewichteten Gesamtdurchschnitt der deutschen Kreise, die mit mindestens einem Teil ihrer Fläche im Odereinzugsgebiet liegen, wird die Zahl der Einwohner bis zum Jahr 2020 gegenüber 2005 um über 12 Prozent zurückgehen (Hirschfeld et al. 2009).

In Polen wird nach einer Prognose des Zentralen Statistischen Amtes (2004) bis 2030 ein Bevölkerungsrückgang von insgesamt etwa 2,5 Millionen erwartet. Bis 2020 ist in den polnischen Woiwodschaften (Woiwodschaft = größter polnischer Verwaltungsbezirk) des Odereinzugsgebietes mit einem Bevölkerungsrückgang um knapp 4 Prozent zu rechnen, wobei das regionale Muster der Bevölkerungsentwicklung recht unterschiedlich ausfällt (vgl. Tab. 4).

Tab. 4: Amtliche Prognose des Zentralen Statistischen Amtes in Polen (2004) der demografischen Entwicklung in den polnischen Woiwodschaften im Odereinzugsgebiet. Quelle: Hirschfeld et al. 2009, verändert.

Woiwodschaft	2005	2010	2020	Änderungen 2005-2020 absolut	Änderungen 2005-2020 prozentual
Niederschlesien	2889000	2853000	2759000	-130000	-4,5
Lebus	1008000	1005000	989000	-19000	-1,9
Oppeln	1045000	1014000	946000	-99000	-9,5
Westpommern	1696000	1688000	1656000	-40000	-2,4
Summe	6638000	6560000	6350000	288000	-4,3

Dieser prognostizierte demografische Wandel wird weit reichende Folgen haben. Der Großteil der Infrastruktur, besonders jene die im Zuständigkeitsbereich der Kommunen liegt, wird im Zuge des demografischen Wandels von einem allgemeinen Nachfragerückgang sowie von massiven Nachfrageverschiebungen durch die Änderung der Altersstruktur betroffen sein. So werden beispielsweise Infrastruktureinrichtungen für Kinder und Jugendliche massive Nachfrageverluste zu verkraften haben, andererseits ergibt sich aus der steigenden Anzahl älterer Menschen ein hoher, zusätzlicher Bedarf an Altenpflege- und Betreuungseinrichtungen. Eine dauerhafte Unterauslastung von Infrastruktureinrichtungen hat erhebliche finanzielle Belastungen für die Kommunalhaushalte zur Folge, wenn die Infrastruktur nicht frühzeitig an die zukünftige Nachfrageentwicklung angepasst wird. Dies könnte dazu führen, dass durch Erhöhung der Nutzungsgebühren für die Infrastruktureinrichtungen die Nutzer stärker an den gestiegenen Infrastrukturkosten beteiligt werden. Dies hätte aber einen Attraktivitätsverlust und eine weiter rückläufige Infrastrukturnachfrage zur Folge. Die sich daraus entwickelnde Abwärtsspirale stellt den Infrastrukturbestand gerade in peripheren Gemeinden insgesamt in Frage und könnte die zukünftige Wirtschaftsentwicklung der betroffenen Region gefährden. Denn die mit dem Infrastrukturrückbau verbundene nachlassende Attraktivität einer Gemeinde als Wirtschafts- und Wohnstandort kann den Abwanderungsdruck für Bürger und Unternehmen erhöhen. Dadurch bedingte zusätzliche Abwanderung wiederum würde die demografischen Trends in der Gemeinde weiter verschärfen und die negative Gesamtentwicklung beschleunigen (Gürtler 2004).

Darüber hinaus muss mit einer weiterhin hohen Belastung durch Sozialausgaben gerechnet werden, weil die Sozialversicherungssysteme zunehmend weniger in der Lage sein werden, Armutsr Risiken im Alter abzudecken. Dementsprechend wird die sich zukünftig weiter verschlechternde Finanzsituation der Kommunen wahrscheinlich auch eine Verschlechterung der Kreditkonditionen zur Folge haben. Insgesamt ist daher mit einer zunehmenden Einschränkung des finanziellen und politischen Handlungsspielraums insbesondere der Kommunen zu rechnen. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass alle kommunalen Einnahmearten - Gebühren, Steuern, Zuweisungen und Kredite - von dem demografischen Wandel betroffen sein werden (Gürtler 2004).

3.2.2 Prognostizierte wirtschaftliche Entwicklung im Odermündungsgebiet bis 2020

Hirschfeld et al. (2009) formulierten Szenarien einer allgemeinen regionalen Wirtschaftsentwicklung, die stark geprägt wird von der Entwicklung des Küstenstreifens: Hier sind Tourismusdienstleistungen, Hafenwirtschaft und der Dienstleistungssektor der küstennahen Städten bedeutende Säulen der Regionalentwicklung.

Hirschfeld et al. (2009) unterschieden drei unterschiedliche Zukunftsszenarien: das „business as usual“-Szenario, das Szenario des „starken Wachstums“ und das Szenario der wirtschaftlichen „Stagnation“. Das „business as usual“-Szenario wird durch ein moderates weiteres Wachstum der regionalen Wirtschaft charakterisiert, dass in erster Linie von der Tourismuswirtschaft getragen wird, aber auch durch Hafenwirtschaft und Logistikbranche, sowie dem Dienstleistungsbereich allgemein. In diesem Szenario ist der unmittelbare Küstenstreifen von relativ niedriger

Arbeitslosigkeit gekennzeichnet, da insbesondere die mit dem Tourismus verbundenen Dienstleistungen viele Arbeitsplätze bieten, und auch der Ausbau der damit verbundenen Infrastruktur Bau- und Handwerksleistungen erfordert. Die Touristen bringen Kaufkraft in die Küstenregion, die auch dem Einzelhandel zugute kommt. Das Hinterland bleibt jedoch weiterhin strukturschwach, mit relativ hoher Arbeitslosigkeit und weiterer Abwanderung.

In dem Szenario „starkes Wachstum“ können die küstennahen Regionen erheblich gestiegene Besucherzahlen verzeichnen und in Verbindung damit kontinuierlich hohe Wachstumsraten. In diesem Szenario wirkt diese Zunahme des regionalen Sozialprodukts auch bis ins Hinterland und führt auch dort zu einem Rückgang der lange Zeit relativ hohen Arbeitslosigkeit. Darüber hinaus kommt es zunehmend zur Ansiedelung wenig standortgebundener Dienstleistungsunternehmen (z. B. aus der IT-Branche), die durch die Attraktivität des Küstenstandortes und die damit verbundene Lebensqualität für ihre Mitarbeiter angezogen werden. Auch Handwerk und Industrie profitieren von diesem Wachstum. Insgesamt wächst dadurch der Nutzungsdruck auf Flächen, der Versiegelungsgrad steigt, ebenso die Verkehrsbelastung und die allgemeine Umweltbelastung.

In dem Szenario der wirtschaftlichen „Stagnation“ erlahmt dagegen die regionale Wirtschaft. Nach einer vorübergehenden Konjunktur zur Jahrtausendwende gehen die touristischen Besucherzahlen wieder zurück - mit Auswirkungen auch auf die regionale Wirtschaft. Die (internationalen) Handelsströme laufen inzwischen an der deutschen Ostseeregion vorbei, so dass auch aus der Hafengewirtschaft und dem Logistikbereich nur geringe Impulse kommen. Steigende Arbeitslosigkeit erfasst nun auch den Küstenstreifen und ist umso gravierender im Hinterland ausgeprägt. Vor diesem Hintergrund sind die Steuereinnahmen zurückgegangen und die Region ist auf Transfers aus dem Bundeshaushalt, dem Länderfinanzausgleich und von der Europäischen Union abhängig - die jedoch nicht mehr im Ausmaß der 1990er Jahre bereitstehen (Hirschfeld et al. 2009).

Im Hinblick auf den demografischen Wandel (siehe Kapitel 3.2.1, Seite 20 ff) und die daraus resultierenden möglichen Auswirkungen auf die lokale Wirtschaft (v. a. der Tourismuswirtschaft, siehe Kapitel 4.2.4.3.1, Seite 53 f) und der Entwicklung des verfügbaren Einkommens in Deutschland (siehe Kapitel 4.2.4.3.2) scheint derzeit ein Szenario der wirtschaftlichen Stagnation bzw. des Rückgangs als das wahrscheinlichste.

3.2.3 Prognostizierte Verkehrsentwicklung im Ostseeraum

Der Ostseeraum zählt trotz seiner geringen Ausmaße zu den Seegebieten mit der höchsten Seeverkehrsdichte der Welt. Obwohl die Ostsee lediglich eine Fläche von 406 720 Quadratkilometer umschließt, ist ihre verkehrliche Nutzung von überaus großer Bedeutung. Laut BSH könnte sich bis 2015 das Transportaufkommen verdoppeln und der Öltransport sogar vervierfachen (Janzing 2007).

Tab. 5: Warenumsatz in den polnischen Meereshäfen (in 1000 t). Quelle: Website der Germany Trade and Invest, 2009

Hafen von	2003	2004	2005
Gdansk (Danzig)	21.293	23.315	23.341
Szczecin-Swinoujscie (Stettin-Swinemünde)	14.311	15.751	16.080
Gdynia (Gdingen)	9.748	10.745	12.231

Mit der Erweiterung der EU am 01. Mai 2004 sind weitere Länder mit maritimem Zugang der Europäischen Union beigetreten. Dadurch hat sich der Schwerpunkt des Seeverkehrs nach Osten verlagert. Aufgrund der wirtschaftlichen Förderung durch die Europäische Union und der Weltbank werden sich der Seeverkehr und vor allem die Seehäfen im östlichen Europa weiter entwickeln. Der Fokus dieser Entwicklung liegt im Norden Europas, in Polen und in den baltischen Ländern. Insbesondere die Wettbewerbssituation der polnischen Ostseehäfen im Ostseeraum hat sich im

Zuge der Erweiterung der Europäischen Union an die veränderten Rahmenbedingungen angepasst und unterliegt seither einer ständigen Weiterentwicklung.

Polen versucht durch Investitionen in die Häfen die bislang notwendige Umladung der Güter von größeren Containerschiffen auf Feederverkehre in Hamburg und Bremerhaven künftig umgehen zu können. Durch gewaltige Investitionen in die Logistik soll erreicht werden, dass auch größere Schiffe direkt in polnische Häfen einlaufen können. Alle vier großen Seehäfen Polens - Gdansk, Gdynia, Swinoujscie und Szczecin - meldeten 2007 Rekordumschläge.

Tab. 6: Containerverkehre von Ostsee-Anrainerstaaten (TEU, Wachstum in %).
¹⁾ Prognose; ²⁾ 2005 bis 2015. Quelle: Website der Germany Trade and Invest, 2009

Land bzw. Länder	2005	2010 ¹⁾	2015 ¹⁾	Wachstum ²⁾
Russland	1.036.826	3.010.000	6.070.000	442
Finnland	1.308.060	2.090.000	2.470.000	72
Polen	520.000	1.060.000	1.790.000	244
Estland, Lettland, Litauen	510.870	970.000	1.310.000	147
GESAMT	3.610.000	7.130.000	11.640.000	222

Der im Jahr 2007 fertig gestellte Containerterminal im Hafen von Stettin (Szczecin) hat eine Kapazität von 80 000 Containern (TEU) jährlich. In der Summe wurden bzw. werden in Stettin-Swinemünde (Szczecin und Swinoujscie) Investitionen in Höhe von rund 80 Mio. Euro realisiert. Investitionen stehen auch für die Häfen umgebende Zufahrtinfrastruktur an. Die EU stellt aus ihren Strukturfonds von 2007 bis 2013 insgesamt etwa 600 Millionen Euro für die acht Meereshäfen in Polen bereit. Die Hafengruppe Stettin-Swinemünde baut mit EU-Unterstützung (80 Mio. Euro) ihre Wasserstraßen aus. Im Rahmen der Cofinanzierung steuert Polen 15 % der Mittel selbst bei. Wichtigste Maßnahmen sind eine Vertiefung der Oder und der Schutz des Umlandes vor Hochwasser. In Swinemünde ist zudem der Bau einer neuen Anlaufstelle für Fähren für rund 22 Mio. Euro vorgesehen (Website Germany Trade and Invest 2009). Es ist daher zu erwarten, dass der Schiffsverkehr sowohl im Haff wie auch in der Ostsee selbst auch in Zukunft stark anwachsen wird.

4 AUSWIRKUNGEN DES WANDELS

4.1 Wasserhaushalt

Wasser stellt die Grundlage für fast alle Lebensprozesse dar und ist ein wichtiges Element in allen Ökosystemen. Die Bereitstellung von Wasser in ausreichender Menge und Qualität ist eine direkte Voraussetzung für verschiedene versorgende Ökosystemfunktionen. Der Mensch benötigt Wasser einerseits als essenzielles Nahrungsmittel sowie für sanitäre Zwecke. Darüber hinaus dient es Industrie und Gewerbe zur Produktion von Gütern und Dienstleistungen und wird auch zur Bereitstellung von Energie benötigt. Bereiche wie Land- und Forstwirtschaft, Gesundheitswesen, Tourismus und Verkehr hängen direkt oder indirekt von der Verfügbarkeit von Wasser in ausreichender Menge und Qualität ab. Neben den Versorgungsansprüchen hat die Gesellschaft aber auch ein Bedürfnis nach einer möglichst geringen Gefahr durch hydrologische Extremereignisse. Ein Mangel an Wasser führt zu Dürren, die sich negativ auf Natur und Gesellschaft (Land- und Forstwirtschaft, Schifffahrt, Industrie, Energiegewinnung, Trinkwasserversorgung, Gesundheit) auswirken können. Zuviel Wasser führt zu Hochwasserereignissen, die hohe Sach- und Personenschäden verursachen können (UBA 2005).

Vor allem die erhöhte Hochwassergefahr und die Verringerung des Wasserangebotes im Sommer sind relevante mögliche negative Auswirkungen des Klimawandels im Wasserbereich. Dies sind die Folgen einer schon zu beobachtenden und in Zukunft wahrscheinlich stärker werdenden Verschiebung der Niederschläge in den Winter in Verbindung mit einer - aufgrund steigender Temperaturen - erhöhten Verdunstung.

In Zukunft wird es Veränderungen in der Form des Niederschlages (weniger Schnee) und der Dauer der Schneebedeckung geben, möglich wäre auch eine Zunahme der Häufigkeit von Starkregenereignissen. Vor allem in den Winter- und Frühjahrsmonaten wird daher in ganz Deutschland die Hochwassergefahr ansteigen. Von einem verringerten Wasserangebot in den Sommermonaten sind vor allem die zentralen und östlichen Gebiete Ostdeutschlands betroffen. In diesen Gebieten steigt die Gefahr von Dürren, die auch Einschränkungen in den Bereichen Land- und Forstwirtschaft, Energieversorgung, Schifffahrt, Tourismus und eventuell auch in der Trinkwasserversorgung mit sich bringen können. Als weitere negative Auswirkung wäre eine mögliche Reduzierung der Grundwasserneubildungsrate zu nennen.

Festzustellen ist, dass die Wasserwirtschaft in Deutschland bisher wenig an die Folgen des Klimawandels angepasst ist. Im Bereich Hochwasserschutz existieren zwar Schutzmaßnahmen, allerdings werden die Auswirkungen des Klimawandels in den meisten Bundesländern noch kaum in der Planung berücksichtigt. Auf sommerlichen Wassermangel ist die Wasserwirtschaft bisher überhaupt nicht vorbereitet (UBA 2005).

4.1.1 Wasser und Klima - Gefahr von Trockenperioden und Dürren

Obwohl Deutschland in einem gemäßigten Klimabereich liegt, sind auch hier trockene Perioden eine natürliche, immer mal wieder auftretende Erscheinung (EEA 2004), so dass auch hier Niedrigwasserstände in den Flüssen und Dürren auftreten können, wie die heißen und trockenen Jahre in den 1990er und vor allem das Jahr 2003 gezeigt haben. Laut DWD war der Sommer 2003 der heißeste Sommer seit Beginn der Wetteraufzeichnung im Jahr 1891 (Schönwiese et al. 2003). Es traten in Deutschland in diesem Sommer überdurchschnittlich viele heiße Tage (Ückermünde: 58 Tage > 20 °C) auf. In Ückermünde betrug die Temperaturabweichungen 2 °C von den durchschnittlichen Sommerwerten. Zudem gab es von Februar bis August 2003 eine lang anhaltende Trockenphase, die in Ückermünde mit 147 ml weniger Niederschlag vom durchschnittlichen Jahresmittelwert abwich. Das Risiko eines so extrem heißen Sommers wie 2003 hat sich nach einer Studie von Stott et al. (2004) zufolge durch menschlichen Einfluss zumindest verdoppelt. Die Autoren behaupten mit mehr als 90-prozentiger Wahrscheinlichkeit sagen zu

können, dass der Sommer des Jahres 2003 nicht einfach Zufall war, sondern zum überwiegenden Teil auf die weltweite Klimaerwärmung zurückgeht.

In Deutschland hat diese ungewöhnlich lang anhaltende trockene, warme Phase unter anderem zu erhöhter Waldbrandgefahr und Einbußen in der Landwirtschaft geführt. Darüber hinaus gab es Einschränkungen bei der Binnenschifffahrt sowie für Wärme-, Wasserkraft- und Atomkraftwerke (UBA 2005). Die Versorgung mit Trinkwasser war aber 2003 in Deutschland nicht bedroht (Demuth 2004). Inwieweit jedoch mittel- oder langfristig in M-V 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 (Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus 2008). Auch ist unklar inwieweit ein steigender Meeresspiegel das Ausmaß der unterirdischen Wasservermischung von Salz- und Süßwasser im Küstenbereich verändern könnte, und damit Einfluss auf die regionale Trinkwasserversorgung hat.

In Zukunft wird für das Gebiet von M-V infolge der Zunahme von Sommertrockenperioden eine deutliche Verminderung der Grundwasserneubildungsrate in der zweiten Jahreshälfte erwartet (Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus 2008). Es könnte daher zum vermehrten Auftreten von extremen Niedrigwässern im Sommer und Herbst kommen. 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 wären mögliche Folgen. Infolge des verringerten Grundwasserangebotes und der tendenziellen Zunahme des Defizits in der klimatischen Wasserbilanz der Sommermonate besteht die Möglichkeit stärkerer Schwankungen der Wasserspiegellagen von Seen und Feuchtgebieten. Mittel- oder langfristig ist wahrscheinlich, dass in M-V großräumig insbesondere die Landwirtschaft durch Abnahme der Sommerniederschläge und die Verschärfung von Dürreperioden betroffen sein wird (Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus 2008).

4.1.2 Gefahr von Hochwasserereignissen

4.1.2.1 Hochwassergefahr an den Binnengewässern

Als mögliche Ursachen der zu beobachtenden Häufung von Hochwasserereignissen wird u. a. die statistisch bereits nachweisbare Zunahme der Intensität und Häufigkeit von Starkniederschlagsereignissen diskutiert (Grieser & Beck 2002). Allerdings lässt sich diese Zunahme bisher nur für die Wintermonate belegen. Es ist daher davon auszugehen, dass sich die Wahrscheinlichkeit von Winterhochwässern, wie z. B. der Rheinhochwässer, bereits erhöht hat (Stock 2004). Für die zweite Hälfte des 21. Jahrhunderts wird eine Zunahme der Intensität und Häufigkeit von Starkregenniederschlägen um 15 % bis 30 % erwartet, wobei es regional und zeitlich Unterschiede geben wird (Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus 2008). Für die Entstehung von Sommerhochwässern, wie z. B. die Hochwässer an der Oder 1997 und an der Elbe 2002, sind oft bestimmte Großwetterlagen verantwortlich (z. B. die sog. Vb-Wetterlage). Auch hier existieren Studien, die zumindest die zunehmende Häufung solcher Wetterlagen belegen (Fricke & Kaminiski 2002 in Stock 2004).

Insgesamt richtete das Oderhochwasser von 1997 einen ökonomischen Schaden von über 3 Mrd. Euro an. In Deutschland waren die Schäden mit 320 Mio. Euro vergleichsweise gering, auch waren hier keine Todesfälle zu beklagen - im Gegensatz zu Tschechien (20 Tote) und Polen (54 Tote). In Zukunft könnten solche Hochwasser allerdings anders verlaufen. Zum einen dürften Tschechien und Polen dann besser vorbereitet sein, zum anderen kann es durch den Klimawandel verstärkt zu Naturkatastrophen kommen. Bei der Elbeflut im Jahr 2002 starben in Deutschland sogar 21 Menschen und die Schäden in Deutschland stiegen diesmal in die Milliardenhöhe. Zwar wurden in

Folge der Oderflut viele nationale und internationale Programme ins Leben gerufen und es wird immer wieder betont, wie wichtig ein ökologischer, vorsorgender Hochwasserschutz ist. Der Schwerpunkt in Deutschland liegt aber nach wie vor auf einem technischen Hochwasserschutz mit Deicherhöhungen. Möglichkeiten, die direkt nach der Oderflut gegeben waren, sind nicht ergriffen worden. So sind zum Beispiel die überfluteten Siedlungen der Ziltendorfer Niederung wieder aufgebaut worden, statt dort eine Retentionsfläche einzurichten. Bislang sind von den geplanten 6 000 ha Überflutungsfläche nur 180 ha umgesetzt worden. Wirtschaftliche Interessen stehen im Vordergrund, doch es sollte eingesehen werden, dass ein technischer Schutz allein nicht reichen wird und die Schadenspotenziale in Zukunft nur noch ansteigen werden (Schunicht et al. 2009).

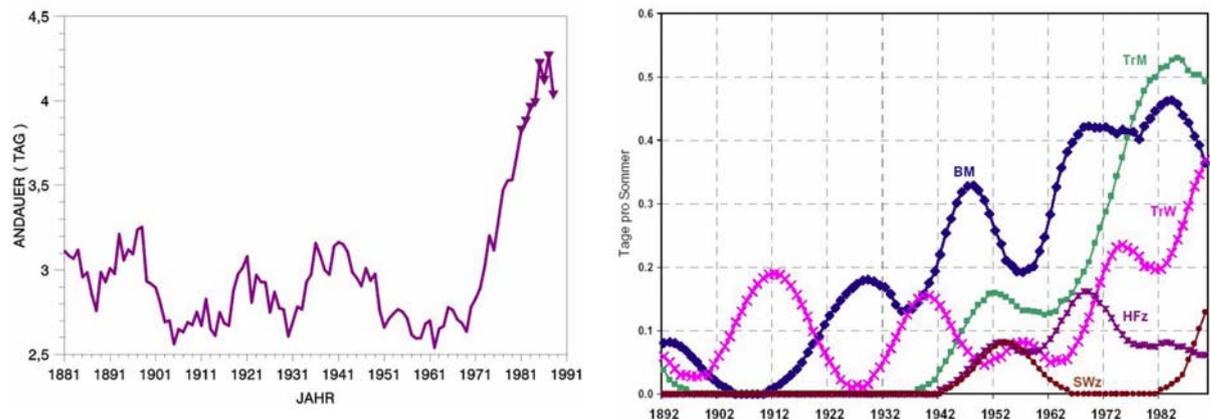


Abb. 9: a) (links): Ergebnis einer statistischen Analyse von winterlichen Westwind-Wetterlagen in Europa für den Zeitraum 1881 bis 1991 (Fraedrich et al. 2001). Die Dauer in Tagen ist im zehnjährigen Mittel angegeben. Seit etwa 1970 nimmt sie signifikant zu.
 b) (rechts): Trends der Häufigkeit von Starkregentagen (> 30 mm) im Sommer (Juni-August) für verschiedene Großwetterlagen zwischen 1881 und 2001 mit signifikant ansteigender Anzahl (Fricke et al. 2002). Auffällig ist der Anstieg bei Vb-Lagen (TrM). Quelle Stock (2004)

4.1.2.1.1 Polnisches Oder Programm „Odra 2006“

Hochwasser sind ein natürliches Ereignis. Auch im Oderflusssystem waren Überschwemmungen nicht selten. In den letzten 200 Jahren traten an der Oder in den Jahren 1813, 1870, 1903, 1958, 1965, 1970, 1972, 1977, 1981, 1985 und 1997 Hochwasser auf. Das Hochwasser von 1997 war jedoch das schwerste im genannten Zeitraum und offenbarte erhebliche Schwächen im polnischen Hochwasserschutz (Kühne 2004). Ein solches Hochwasser hat für den Pegel Fürstenberg / Eisenhüttenstadt einen Wiederkehrintervall von 80 bis 120 Jahren und für den Pegel Hohensaaten-Finow eine Jährlichkeit von 150 Jahren (IKSO 1999).

Als Reaktion auf dieses Ereignis wurde in Polen für die betroffene Region das Programm „Odra 2006“ entwickelt. Obwohl das Oderprogramm primär als Hochwasserschutzprogramm ausgewiesen wurde, verfolgt es auch andere, z. T. dem Hochwasserschutz widersprechende Ziele, wie beispielsweise die verbesserte Schiffbarkeit des Flusses und die Gewinnung von Energie (Kühne 2004). Zum Schutz der Städte Racobórz (deutsch: Ratibor), Kedzierzyn-Koźle, Opole (deutsch: Oppeln) und Wrocaw sind neben der Errichtung von Großstaubauwerken auch Wiederaufforstungen zur Verringerung der Abflussgeschwindigkeit des Niederschlagwassers geplant.

Wie aus Abb. 10 (Seite 30) ersichtlich wird die Oder auf einer Länge von 183,5 km vom Stettiner Haff bis Kędzierzyn Koźle als Binnenwasserstraße genutzt und stellt damit eine wichtige Handelsanbindung für die Großräume Wrocław (deutsch: Breslau), Kattowitz, Opole (Oppeln) und das südliche Polen an das mitteleuropäische Wasserstraßennetz dar. Die See- und Binnenhäfen in Szczecin (deutsch: Stettin) und Świnoujście (deutsch Swinemünde) haben eine besonders große wirtschaftliche Bedeutung für die Oderregion. Im Jahr 2005 betrug der Güterumschlag in diesen

Häfen zusammen rund 21,9 Mio. t (etwa 16 Mio. t davon in den Meereshäfen). Daneben sind die Häfen in Wrocław, Cosel, Eisenhüttenstadt, Frankfurt/Oder, Kostrzyn (Küstrin) und Schwedt von besonderer Bedeutung. Die Oder ist unterhalb von Szczecin bis Bohumín (nördlich von Ostrava in Tschechien) aufgrund wechselnder Wasserstände nur eingeschränkt schiffbar (OderRegio 2001). Bauwerke und Anlagen der Schifffahrt und des Hochwasserschutzes stellen erhebliche Störungen des ökologischen und hydromorphologischen Zustandes der Oder dar und können unmittelbare Auswirkungen auf die ökologische Funktion des gesamten Flusssystemes haben (IKSO 2005). Vorhandene Deiche schneiden die natürlichen Überflutungsgebiete der Auen vom Flusssystem der Oder ab und verringern damit einen wichtigen Retentionsraum (Hochwasserrückhalt). Dadurch werden die Laufzeiten der Hochwasserwellen verkürzt und die Hochwasserscheitel unterhalb des Bauwerks erhöht (OderRegio 2001).

Durch Uferverbau und Flussbegradigungen gehen Lebensräume für Flora und Fauna verloren und die mittlere Fließgeschwindigkeit wird erhöht. Als Folge vermindert sich die Selbstreinigungskraft des Oderflusssystemes und die Filterfunktion für Nähr- und Schadstoffe kann stellenweise verloren gehen. Zusammen mit dem Verlust der Retentionsräume, die gleichzeitig Sedimentationsflächen sind und als Senke für Nähr- und Schadstoffe fungieren, kann somit der Eintrag von Nähr- und Schadstoffen in die Küstengewässer verstärkt werden. Mit dem polnischen Programm „Odra 2006“ und dem geplanten Ausbau der Oder in Verbindung mit dem Vorhaben TEN der Europäischen Union werden umfangreiche Bauvorhaben im mittleren und unteren Verlauf der Oder erwartet.

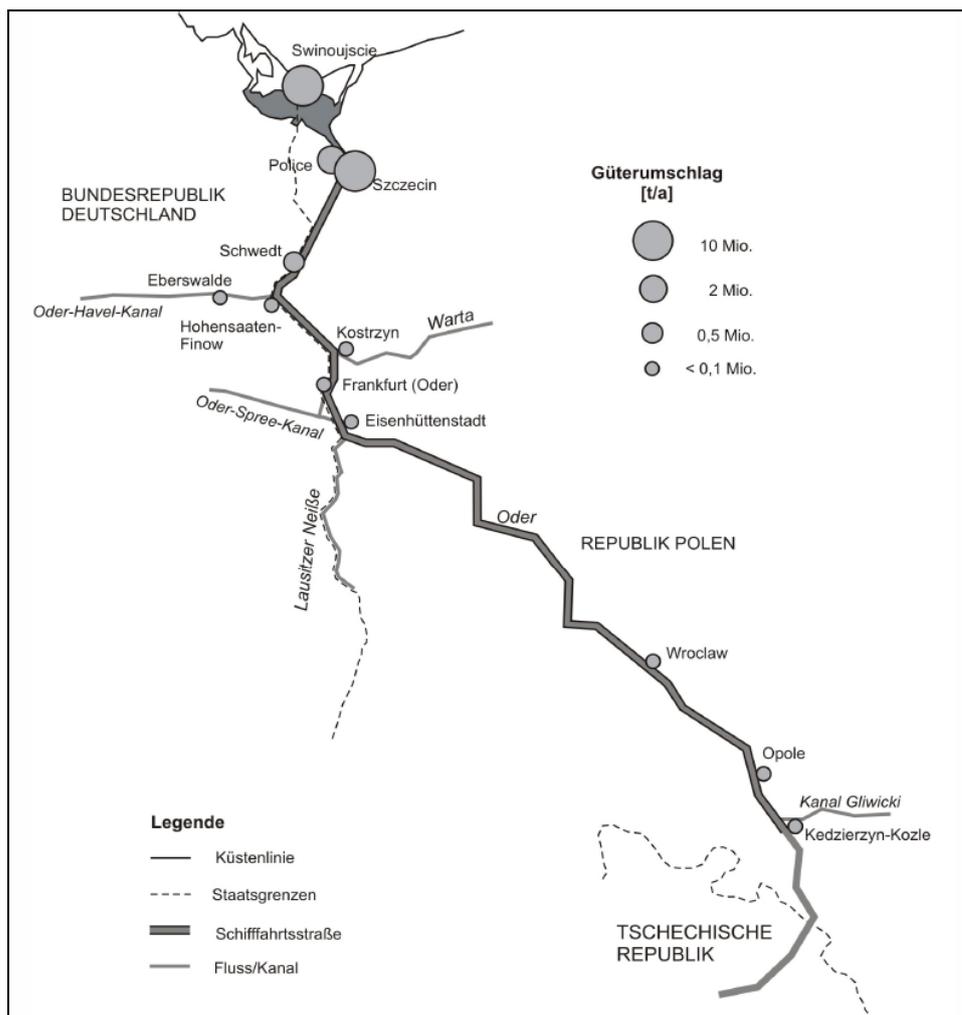


Abb. 10: Güterumschlag im Fluss-Küste-System der Oder (Quelle: Röttger et al. 2007, Datenquelle: Statistical Office of Szczecin, Centre of Maritime Statistics, Statistische Berichte 2004)

Dies bedeutet vor allem eine Ausweitung des Schiffsverkehrs in der mittleren Oder. Dort haben bislang Geschiebebewegungen, starke Mäandrierung und geringe Wassertiefen in Verbindung mit ausgeprägten Niedrigwasserperioden eine intensivere Schifffahrt verhindert. Die mit den Ausbauplänen einhergehenden technischen Veränderungen könnten die Fließgeschwindigkeit und Abflussmenge der Oder erhöhen, die Sohlenerosion im Flussbett verstärken sowie eine Zunahme des Feststofftransportes bewirken. Insgesamt gefährden die hydromorphologischen Veränderungen der Oder die ökologisch wertvollen Ökosysteme und können das Hochwasserrisiko im unteren Oderabschnitt verschärfen. Infolge einer erhöhten Sohlenerosion könnte der Grundwasserspiegel absinken. Dies hätte wiederum negative Auswirkungen auf den Wasserhaushalt des Gewässersystems und die Auenstandorte wären zunehmend gefährdet auszutrocknen (IKSO 2005, Röttger et al. 2007). Ein Rückgang dieser Auen, die großen Anteil an der Selbstreinigung des Flusses haben, würde eine Verschlechterung der Wasserqualität bedeuten. Auch bedeuten diese Maßnahmen bei einem erneuten Starkregenereignis insgesamt eher eine Gefahr für Deutschland und es sind mit 1,18 bis 1,20 m höheren Wasserständen zu rechnen (Schunicht et al. 2009).

4.1.2.2 Hochwassergefahr an den Küsten

Die gesamte Küstenlänge Deutschland beträgt etwa 3 700 km; davon entfällt an die Nordsee mit den Nordseeinseln rund 1 580 km; die Küstenlänge der Ostsee beträgt etwa 2 120 km (inkl. Boddengewässer und Inseln). Als überflutungsgefährdet sind diejenigen Landflächen anzusehen, die an der Nordsee niedriger als 5 m über dem Meer bzw. an der Ostseeküste niedriger als 3 m über dem Meer liegen. Das bedeutet, dass eine Gesamtfläche von 13 900 km² als potenziell überflutungsgefährdet einzustufen ist, hiervon ist allerdings schon ein Großteil durch Deiche geschützt (Sterr 2007).

Auch die Ostseestädte wie Kiel, Lübeck, Rostock und Greifswald sind – aufgrund fehlenden Deichschutzes – teilweise überflutungsgefährdet. Darüber hinaus droht den Tourismuszentren an der Ostsee der Verlust ihrer Strände. Durch den steigenden Meeresspiegel werden die Kosten für Küstenschutzmaßnahmen - vor allem für Deichbau und Sandvorspülungen - stark steigen und langfristig könnten beispielsweise große Teile der ökologisch wertvollen Salzwiesen verloren gehen (Sterr 2007).

Wie groß die Bedrohung sein kann zeigt das Beispiel Usedom: Die zwischen Zempin und Koserow gelegene Ortschaft Damerow wurde von zwei Sturmfluten im November 1872 und im Februar 1874 so verheerend zerstört, dass die verbliebenen Bewohner sie aufgeben mussten. Damerow lag an der engsten Stelle der Insel, lediglich 350 m trennen hier die Ostsee vom Achterwasser. Seit 1874 wurde Usedom an dieser Stelle insgesamt neunmal von Sturmfluten in eine Nord- und eine Südsinsel getrennt. Das Beispiel macht deutlich, dass technische Maßnahmen zum Schutz der Küste unabdingbar sind (Website des Oder IKZM).

Im Untersuchungsgebiet vollzieht sich ein eustatischer Meeresspiegelanstieg von ca. 1,1 mm/Jahr (Lange 2006). Dieser Anstieg könnte sich infolge des globalen Meeresspiegelanstiegs beschleunigen (Ursache: insbesondere thermische Ausdehnung des Wasserkörpers), so dass bis 2100 mit einem Anstieg des mittleren Wasserspiegels um mindestens 20 bis 30 cm gerechnet wird (Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus 2008), es werden aber auch wesentlich größere Zahlen genannt.

Die Küsten und Küstenschutzanlagen werden künftig erhöhten Belastungen ausgesetzt sein. Für die Küstensicherung (Schutz vor Landabbruch) ist eine differenzierte Betrachtung nötig, da der Abbruch insbesondere von der jährlichen Meeresspiegelanstiegsrate sowie einer möglichen Änderung der Sturmflutintensität (Häufigkeit und Stärke) abhängt. Grundsätzlich nimmt der Küstenabbruch mit erhöhten Meeresspiegelanstiegsraten zu. In der Konsequenz muss spätestens in einigen Jahrzehnten mit verstärktem Küstenabbruch gerechnet werden – dann auch an Stellen, die heute noch stabil sind (Hofstede 2007).

Da dem Meeresspiegelanstieg in der Odermündungsregion derzeit noch kein eindeutiger Wert zugeordnet werden kann, können mögliche Auswirkungen nur pauschal dargestellt werden. Die Küste der Odermündungsregion befindet sich im direkten Wirkungsfeld des Meeresspiegelanstiegs, da sie bereits im „Normalzustand“ landwärts verschoben und während einer Sturmflut zusätzlich stark beansprucht wird. Der Meeresspiegelanstieg führt zu einer Verschiebung der Brandungszone auf Kosten der Landseite und könnte sich auf die Odermündungsregion sowohl ökologisch als auch sozioökonomisch auswirken. Ohne entsprechende Gegenmaßnahmen könnte es zur Überflutung der küstennahen Feuchtgebiete und Niederungen kommen. Die Abrasions- und Akkumulationsprozesse sowohl an der Außenküste als auch an der Bodden- und Haffküste der Odermündungsregion würden sich verändern. Es ist davon auszugehen, dass sich die Abrasionsraten erhöhen und der Erosionsprozess an den Steil- und Flachküsten zunehmen würde. Davon wären insbesondere die Sandstrände und die Gebiete, welche bereits heute durch Materialverlust geprägt sind, betroffen (z. B. Streckelsberg/Usedom). Demzufolge wäre die Stabilität der Küste im gesamten Untersuchungsgebiet zunehmend gefährdet, da die Überflutungs- und Durchbruchgefahr steigt (z. B. bei Koserow). Eindringendes Meerwasser könnte zur Versalzung der Odermündung und der Grundwasservorkommen entlang des Stettiner Haffs führen. Die Entwicklung der Boddenküste ist von der Höhe des Meeresspiegelanstiegs abhängig. Ein Anstieg des Meeresspiegels würde den Abbauprozess der Flachküsten verstärken und zur Zerschneidung der Haken und Nehrungen und zur Herausbildung eines offenen Küstentyps mit vorgelagerten Inseln führen. Die Universität Greifswald hat im Rahmen des Projektes „*Usedom - Coastal Development and Implementation of Geo Information in a Decision Support Frame*“ verschiedene Szenarien für die Insel Usedom unter Einfluss des Meeresspiegelanstiegs von 25 cm, 40 cm und 80 cm modelliert. Dabei wurden jene Flächen dargestellt die ohne Berücksichtigung der Schutzbauten je nach Höhe des Anstiegs zukünftig unter Normal Null (NN) liegen würden, d. h. dauerhaft überflutet wären (vgl. Abb. 11, Seite 34). Bereits ein Meeresspiegelanstieg von 25 cm würde - ohne Küstenschutzmaßnahmen - die Zweiteilung der nördlichen Hälfte andeuten und zur Überflutung zahlreicher Flächen im südlichen Teil der Insel Usedom führen (Lange 2006).

In Anlehnung an die vom IPCC und vom BACC vorgelegten Einschätzungen, gelten derzeit folgende Annahmen als möglich (Sterr et al. 1995):

- Die Lufttemperaturen werden am Ende dieses Jahrhunderts um maximal vier bis sechs Grad Celsius im nördlichen Ostsee-Raum und um drei bis fünf Grad Celsius im südlichen Gebiet - dazu zählen große Teile Polens und Ostdeutschlands - steigen.
- die Wassertemperaturen nehmen bis zum Jahr 2100 um 2 bis 4 °C zu (BACC 2008). Dabei ist die Erwärmung im Winterhalbjahr stärker ausgeprägt als im Sommer.
- Der Meeresspiegelanstieg ist in der Nordsee und südlichen Ostsee wegen der Flachheit der Meeresbecken überdurchschnittlich hoch und beträgt bis 2100 mindestens 20 bis 30 cm (Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus 2008).
- Sturmwind-Wetterlagen nehmen an Stärke und Häufigkeit deutlich zu. Die bisherigen Extremwasserstände bei Sturmfluten (= Bemessungswasserstände für Deiche) werden immer öfter erreicht bzw. überschritten. Verstärkter Seegang führt zur beschleunigten Sedimentumlagerung und Erosion im Uferbereich.
- durch veränderte Niederschlagsverhältnisse bzw. Wasseraustausch zwischen Nord- und Ostsee ist die Salinität der Küstengewässer stärkeren Schwankungen als bisher unterworfen.

Unmittelbare Folge des beschleunigten Meeresspiegelanstiegs wäre - selbst bei unveränderter Starkwindverteilung - eine deutliche Beschleunigung des mittleren Küstenrückgangs (gegenwärtig 35 cm/Jahr) an Steil- und Flachküsten. Abbrüche an den Steilufeln 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 (Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus 2008).

4.1.2.2.1 Küstenschutz

Für den Sturmflutschutz in M-V werden seit einigen Jahren jährlich Mittel in Höhe von rund 15 Mio. Euro eingesetzt, die zu 30 % aus dem Landeshaushalt finanziert und zu 70 % vom Bund übernommen werden. Die Sturmflutschutzanlagen werden so bemessen, dass sie einer Sturmflut wie der vom 12./13. November 1872 standhalten. Der bereits seit langem zu verzeichnende Anstieg des Meeresspiegels, der an unserer Küste etwa 20 cm in 100 Jahren beträgt, wird dabei berücksichtigt (Website des Oder IKZM 2008).

Der Bau und die Unterhaltung von Sturmflutschutzanlagen sind eine Landesaufgabe, die sich jedoch auf den Schutz im Zusammenhang bebauter Gebiete, d. h. die Ortsinnenbereiche gemäß Baugesetzbuch, beschränkt. Noch sind an der Küste M-Vs nicht alle gefährdeten Ortschaften durch Sturmflutschutzanlagen gesichert, die eine Sturmflut, die die Stärke wie die von 1872 aufweist, abwehren könnten. Die Abarbeitung der im Generalplan Küstenschutz enthaltenen Maßnahmen und seine erforderliche Fortschreibung werden daher wichtige Aufgabe für die Zukunft bleiben. Doch auch nach Realisierung dieser Maßnahmen wird der Küstenschutz Daueraufgabe bleiben. Denn das an mehr als 70 % der Küste M-Vs vorherrschende Sedimentdefizit und der daraus resultierende Küstenrückgang erfordern kontinuierliche Küstenschutzmaßnahmen zur Erhaltung der Leistungsfähigkeit der vorhandenen Sturmflutschutzanlagen (Website des STAUN 2008).

Der durchschnittliche Küstenrückgang in 100 Jahren beträgt rund 35 m. Einige Extremwerte belaufen sich sogar auf 90 - 210 m Rückgang im Jahrhundert. Demgegenüber überwiegt die Akkumulation lediglich an 7 % der Ostseeaußenküste. An diesen Stellen entstehen Nehrungs- und Hakenbildungen. So ist beispielsweise der Darßer Ort - das größte Anlandungsgebiet Mitteleuropas - in den letzten 300 Jahren etwa 2,5 km in Richtung Ostsee gewachsen. Auf Usedom stellt der Peenemünder Haken im Nordwesten der Insel mit 14 km Länge einen der größten Flachküstenbereiche an der Außenküste dar. Hier wurde auf einer Länge von 1,8 km während der letzten 200 Jahre immer wieder Sand akkumuliert, so dass dieses Naturschutzgebiet auch heute noch wächst. Auch an den Binnenküsten treten Abtragungs- und Akkumulationsbereiche auf, wenn auch mit geringeren Beträgen. Hier bestimmen weite Verlandungsräume das Erscheinungsbild. Die Küsten rund um das Stettiner Haff bieten eine abwechslungsreiche Vielfalt aus steilen und flachen Küstenabschnitten. Vor allem die Übergänge zwischen ihnen stellen aber hinsichtlich des Küstenschutzes Schwachstellen dar. Und dies ist nicht zuletzt auch für den Menschen von Bedeutung. Denn seit jeher suchen Menschen die Nähe zum Wasser. Für manche ist dieser Naturraum ein Ort der Erholung oder des Erlebens, für andere ist er die direkte Lebensgrundlage. So kommen an der Küste viele Nutzungsinteressen und Menschen zusammen, die vor Überschwemmungen und der damit verbundenen Gefährdung geschützt werden wollen.

In erster Linie ist Küstenschutz an der Außenküste notwendig, da hier die einwirkenden Kräfte besonders groß sind. Zugleich sind funktionsfähige Schutzwerke an der Außenküste auch die Voraussetzung für die Funktion von Küstenschutzanlagen an den Binnenküsten. Die höheren und stärkeren Deiche, Dünen u. ä. der Außenküste mindern während Fluten den schnellen Wasseranstieg an Binnenküsten und verzögern ihn zeitlich. Peenestrom, Swine und Dziwna bilden relativ geringe Zuflussquerschnitte in Bodden und Haffe. Hier treten bei Sturmfluten und Hochwässern also generell geringere Wasserstandserhöhungen in Verbindung mit einer zeitlichen Verzögerung auf. Daher können Schutzanlagen an den Binnenküsten entsprechend kleiner ausfallen als an den Außenküsten. Die Schutzfunktion für Ortschaften im überflutungsgefährdeten Gebiet übernehmen ausschließlich Deiche. Die Zuständigkeit dieser Deiche, sowie der Schutz vor Sturmfluten und Hochwässern obliegt den Landesbehörden, für untergeordnete Deiche sind die Wasser- und Bodenverbände zuständig (Website des Oder IKZM 2008).

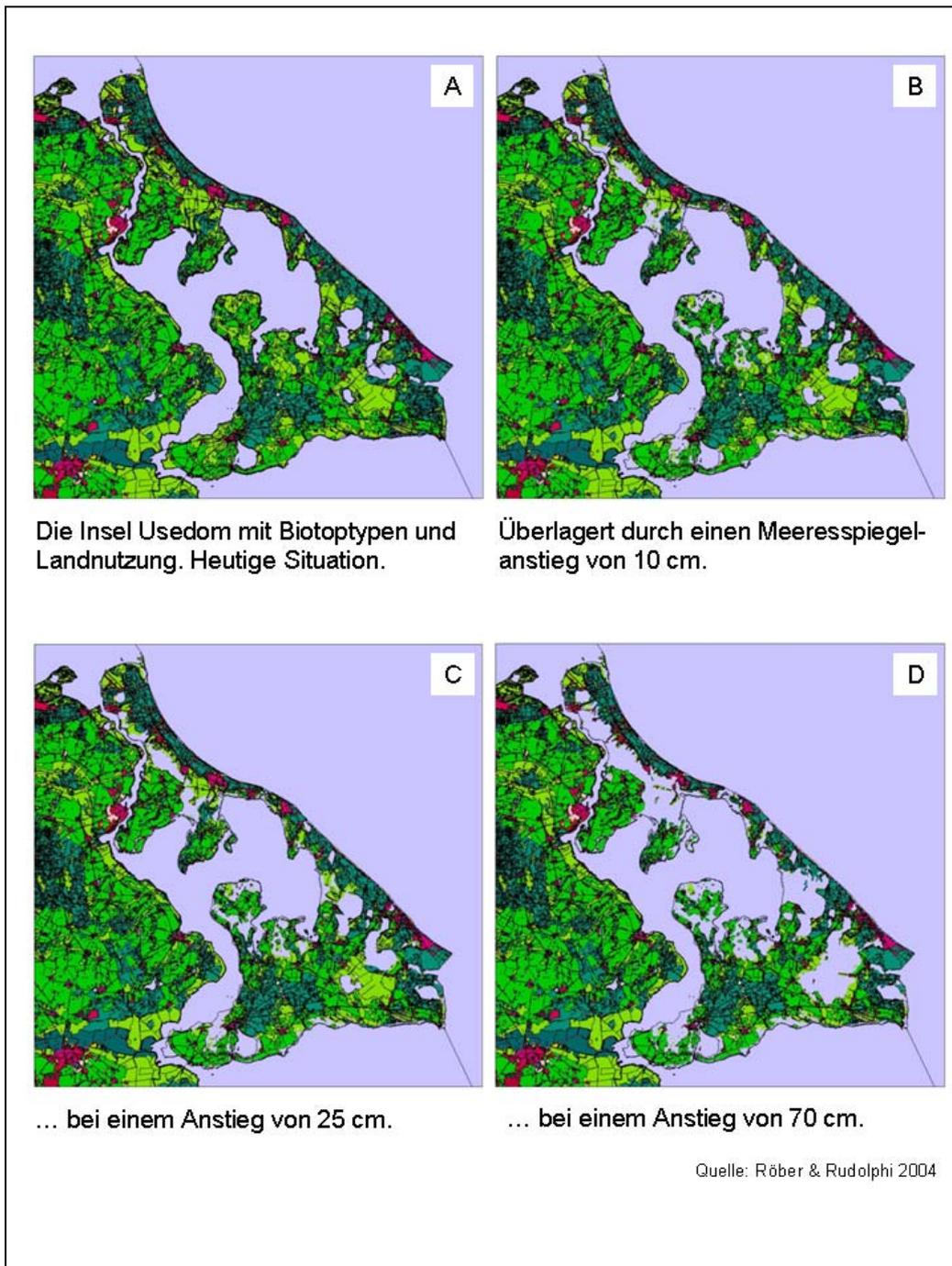


Abb. 11: Die potenziellen Auswirkungen eines Meeresspiegelanstiegs am Beispiel Usedom (ohne Küstenschutzmaßnahmen). Von A) heutige Situation über B) 10 cm Anstieg bis D) 70 cm Anstieg. Quelle: Röber & Rudolphi 2004 a, verändert

Aufgrund des globalen Klimawandels wird mit einem häufigeren Auftreten von Sturmfluten an der südlichen Ostseeküste und damit in der Pommerschen Bucht gerechnet. Der zukünftige Meeresspiegelanstieg verstärkt die Entstehung einer Sturmflut in der Höhe des Wasserstandes (Baerens & Hupfer 1999). Das häufigere Auftreten starker Westwinde (vgl. Kapitel 4.1.2, Seite 28) verursacht einen starken Einfluss auf die sensiblen mittleren Seegangseigenschaften in Form eines veränderten Energieeintrages in die ufernahen Flachküsten (Kolax & Hupfer 1999). Dies wird sich in einer veränderten Dynamik an den Küsten der Odermündungsregion zeigen. Es könnte zu einer Verstärkung und / oder Verschiebung der Ausgleichsprozesse kommen. Eine Zunahme der Sturmfluthäufigkeit und -höhe würde den Abrasionsprozess (z. B. am Streckelsberg auf Usedom)

verstärken und zum Küstenrückgang führen. Die kurzzeitig auftretenden hohen Wasserstände sowie der hohe Eintrag an Seegangenergie könnten sehr schnell Durchbrüche im Küstensaum und Überflutungen verursachen. Zusätzlich würden Schäden an den Schutzbauten entstehen.

Die Hochwassergefährdung der Odermündungsregion würde mit dem ansteigenden Meeresspiegel weiter zunehmen. Diese Ergebnisse lassen sich auf die polnische Seite des Untersuchungsgebietes übertragen, da davon auszugehen ist, dass die Bemessungshochwasserstände an der Küste der Insel Wolin und am Großen Haff ähnliche Werte annehmen (Lange 2006).

Die Zunahme der Lufttemperatur im Zusammenhang mit dem globalen Klimawandel führt zu einer Intensivierung des Wasserkreislaufs. Demnach ist mit einer Zunahme der Niederschlagsintensität zu rechnen. Weiterhin nimmt die Häufigkeit im Auftreten von Starkniederschlägen und der Vb-Wetterlage zu (vgl. Kapitel 4.1.2, Seite 28), die Sturmfluten auslösen kann und auch zum Oderhochwasser 1997 geführt hat. Der mittlere Zufluss der Oder in das Stettiner Haff beträgt 620 m³/s mit einem mittleren Maximum von 979 m³/s im April. Der Scheitelwert während des Hochwassers im Juli/August 1997 betrug 3 000 m³/s, jedoch wären es ohne die Deichbrüche im oberen Oderlauf 5 000 m³/s gewesen (Lange 2006).

Das Oderhochwasser von 1997 übte zwar nur einen geringen Einfluss auf das Stettiner Haff aus, die Zunahme der Extremereignisse hätte aber einen erhöhten Abfluss und somit einen erhöhten Wasserstand im Stettiner Haff zur Folge. Zudem könnten die geplanten Instandsetzungs- bzw. Ausbaumaßnahmen der Schutzbauten entlang der Oder die Abführung des gesamten Hochwassers in das Haff konzentrieren. Dies würde sich auf die Stabilität der Schutzbauten sowie die überflutungsgefährdeten Flächen entlang der Odermündung auswirken. Die Überflutungsgefahr der Küsten des Stettiner Haffs, der Flussufer der Swine und der Dievenow würde zunehmen. Der Meeresspiegelanstieg könnte durch die Rückstauwirkung die Folgen der Hochwasserereignisse auf die Odermündungsregion noch weiter verstärken (Lange 2006).

Das Stettiner Haff als „Puffer“ zwischen Ostsee und Oder würde im Zuge des Meeresspiegelanstiegs und der Zunahme von Sturmfluten einerseits sowie durch das veränderte Abflussregime und die häufiger auftretenden Hochwasserereignisse andererseits stärker beansprucht. Zudem könnten sich die Gegebenheiten für einen ungehinderten Abfluss im Falle eines Oderhochwassers verschlechtern. Der Zufluss der Oder könnte aufgrund erhöhter Winterniederschläge mit den ungünstigen Wind- und Wasserstandsverhältnissen an der Außenküste zusammentreffen und dort könnte dadurch die Überflutungsgefahr steigen (Lange 2006).

4.1.3 Wasserqualität

Die Wasserqualität stellt neben der bereits erwähnten ausreichenden Wasserverfügbarkeit (vgl. Kap. 4.1.1, Seite 27) und dem Schutz vor Hochwasser (Kap. 4.1.2, Seite 28) einen weiteren Anspruch der Gesellschaft an die Wasserversorgung dar.

Der intensive Einsatz von Nährstoffdüngung und Pflanzenschutzmitteln in der Landwirtschaft verursacht in Deutschland eine große Belastung der Wasserqualität im Grundwasser und bei den Vorflutern. Die durch die Landwirtschaft eingebrachten Stoffe gelangen entweder in das Grundwasser oder werden durch Erosion in die Oberflächengewässer transportiert und führen dadurch zur Eutrophierung der Oberflächengewässer und der Meere. Die Belastung des Grundwassers mit Nährstoffen wie z. B. Nitrat stellt eine erhebliche Einschränkung für die Nutzung des Aquifers als Trinkwasserressource dar und kann die Grundwasserbiologie negativ verändern. Darüber hinaus belasten zusätzlich Schwermetalle und organische Umweltchemikalien die Wasserressourcen (UBA 2005).

4.1.3.1 Mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserqualität

Auf die Wasserqualität hat der Klimawandel hauptsächlich Auswirkungen aufgrund von Temperaturschwankungen. Erhöhte Wassertemperatur beeinflusst die Selbst-Reinigungsfähigkeit von Flüssen, durch die Reduzierung der Sauerstoffmenge welche aufgelöst und für biologischen Abbau verwendet werden kann. Weiterhin könnten durch vermehrte intensive Niederschläge mehr Nähr- und Schadstoffe in Gewässer gespült werden. Auch das vermehrte Auftreten von Blaualgen könnte zu einer Verschlechterung der Wasserqualität führen. Ausgelöst von einem ansteigenden Meeresspiegel tritt zunehmend Salzwasser ins Grundwasser ein, wodurch die Wasserqualität durch Versalzung beeinträchtigt wird. Häufig wird dies ausgelöst durch zu starke Grundwasserentnahme.

4.2 Wirtschaft

4.2.1 Landwirtschaft

Der Odermündungsraum wird im Küstenbereich überwiegend touristisch genutzt. Das Hinterland ist hingegen eher ländlich geprägt. Zwar ist der Anteil der Landwirtschaft an der Bruttowertschöpfung im Odereinzugsgebiet mit 3,9 % recht gering, aber aufgrund seiner verhältnismäßig großen Flächennutzung wird der Landwirtschaft im Einzugsgebiet eine besondere Rolle zugeschrieben. Der prozentual geringe Anteil der Landwirtschaft im Odermündungsraum ist u. a. auf den geringen Anteil landwirtschaftlich hochwertiger Böden in diesem Gebiet zurückzuführen. Die Ackerzahlen liegen hier zwischen 13 und 22 (siehe auch Abb. 13, Seite 39). Lediglich im westlichen Uferbereich des Peenestroms, auf dem Usedomer Winkel und südwestlich von Szczecin finden sich ertragreiche Böden.

Tab. 7: Selbstbewirtschaftete Gesamtfläche in Hektar nach Kulturarten in OVP, UER und M-V (Jahr 2003).
Website des Statistischen Amtes Mecklenburg-Vorpommern (a), Auszug

GEBIET	Gesamtfläche	Landwirt. genutz. Fläche	Ackerland	Haus- oder Nutzgärten	Dauergrünland	Dauerkulturen
Lkr. OV.	118561	115388	86808	18	28500	63
Lkr. UER	83937	79887	55779	8	24052	49
M-V	1405780	1348593	1073200	186	272195	3012

Die Landnutzung im Odermündungsraum ist also stark von der Eignung der Böden abhängig. So werden beispielsweise in den Tal- und Niederungsbereichen der Oder überwiegend Grünlandwirtschaft betrieben. Die Lössböden, ertragreiche Sandböden des Hügellandes und ein Teil der Auenböden, z. B. im Oderbruch, werden dagegen ackerbaulich genutzt“ (Löser & Sekscinska 2005). Aufgrund der insgesamt eher schlechten Bodenverhältnisse (überwiegend sandige und feuchte Böden) machen Dauerkulturen, Haus- und Nutzgärten den geringsten Anteil aus und Laubmisch- und Nadelwälder dominieren. Forstwirtschaftliche Nutzung findet vorwiegend in den nährstoffarmen Sander- und Dünenregionen statt. Der Waldbestand in Westpommern beträgt 7 500 km², etwa 70,3 % davon sind Kiefern und Lärchen. Die Kiefer dominiert auch in den Landkreisen Ostvorpommern und Uecker-Randow, im Naturpark Insel Usedom“ mit 63 % (Löser & Sekscinska 2005).

Tab. 8: Flächen nach Art der tatsächlichen Nutzung in OVP, UER und M-V (Jahr 2005). Website des Statistischen Amtes Mecklenburg-Vorpommern (a), Auszug

GEBIET	Bodenfläche	Gebäude / Freiflächen	Verkehrsfläche	Verkehrsfläche / Straße	Erholungsfläche	Landwirt. fläche	Waldfläche	Wasserfläche
Lkr. OV.	191054	7138	5365	4456	1174	132092	32137	8141
Lkr. UER	162428	4445	3773	3328	391	82526	51650	16788
M-V	2318014	83347	66179	56520	16894	1478409	494836	131661

4.2.1.1 Mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf die Landwirtschaft

Mögliche negative Auswirkungen des Klimawandels auf die Landwirtschaft in Deutschland betreffen Ertragseinbußen durch zu hohe Temperaturen und Einschränkungen in der Wasserversorgung. Die erwartete Zunahme der Klimavariabilität kann zu stärkeren Ertragsschwankungen führen und erschwert die Anpassung durch geeignete Sortenwahl. Allerdings ist bei einem moderaten Temperaturanstieg und bei ausreichender Wasserversorgung mit einer Erhöhung des Ertragspotenzials für viele Fruchtarten zu rechnen (UBA 2005).

Problematisch ist aber die erwartete Verminderung der Wasserverfügbarkeit durch eine Abnahme der Sommerniederschläge. Dies trifft v. a. auf Gebieten zu, die schon unter heutigen Bedingungen eine ungünstige Wasserbilanz aufweisen (v. a. Brandenburg, aber auch Teile M-Vs). Auch die Zunahme der Klimavariabilität (Schwankungen von Jahr zu Jahr) wirkt sich negativ aus, da dadurch die Wahrscheinlichkeit von Ertragseinbußen erhöht wird. Ertragsmindernd kann sich auch eine Zunahme von Witterungs- und Wetterextremen auswirken (UBA 2005).

Bisher ist die Landwirtschaft in Deutschland nur in gewissem Umfang an die Folgen des Klimawandels angepasst. In den meisten Bundesländern hat sie offenbar den Klimawandel in ihren bisherigen Maßnahmen kaum berücksichtigt, und Maßnahmen, die grundsätzlich auch zur Anpassung an den Klimawandel geeignet sind, sind zumeist noch nicht vollständig umgesetzt. Allerdings kann sich die Landwirtschaft relativ kurzfristig an veränderte Klima- und Wetterbedingungen anpassen. Nur in den von Dürren bedrohten Regionen Ostdeutschlands mit ihren oft armen Böden wird die aktuelle Vulnerabilität als „hoch“ eingestuft (UBA 2005). Die meisten landwirtschaftlichen Kulturen benötigen zwischen 150 - 300 mm Niederschlag/Jahr (Doleschel 2007), wobei der Großteil dieser Niederschläge den Pflanzen natürlich in der Vegetationsperiode zur Verfügung stehen muss (siehe Abb. 12).

Die Landwirtschaft ist eng mit Klima, Witterung und Wetter verbunden. Die klimatischen Bedingungen bestimmen zum großen Teil das Artenspektrum möglicher Ackerfrüchte und das Ertragspotenzial einzelner Arten. Der Verlauf der Witterung entscheidet über Variationen im Aussaat- und Erntetermin und die Höhe der Erträge. Wetterextreme (z. B. Hagel, Starkniederschläge, Dürren und Hitzeextreme) können Ackerkulturen schädigen und die Ernte gefährden. Steigende Temperaturen führen zu einer Verfrühung phänologischer Phasen und einer Verlängerung der Vegetationsperiode. Davon profitieren mehrjährige Kulturen, die auch nach Erreichen der Reifephase weiter wachsen können (Zuckerrübe, Grünland) und Pflanzen mit langen Reifephasen (bestimmte Maissorten, Hirse). Andererseits zeigen viele Getreidearten durch das beschleunigte Durchlaufen der Wachstumsphasen eine Verkürzung der Kornfüllungsphase um bis zu 10 % bei 1 °C Temperaturanstieg (UBA 2005) und dies kann zu einer Reduzierung der Erträge führen (Weigel 2004; van Ojen & Ewert 1999). Auch für Wintergetreide, das gewisse Minimumtemperaturen im Winter für ihre Entwicklung benötigt (Vernalisation), kann eine Temperaturerhöhung negative Auswirkungen auf die Entwicklung und die Erträge haben. Zudem bringt eine frühere Entwicklung die Gefahr der Schädigung durch Spätfröste mit sich. Generell erhöhen steigende Temperaturen bis zu einem fruchtartenspezifischen Temperaturoptimum die Photosyntheseleistung und andere Stoffwechselfvorgänge. Wärmeliebende Fruchtarten, die dieses

Optimum unter herrschenden Bedingungen noch nicht erreicht haben (wie z. B. Mais), können durch eine moderate Temperaturerhöhung höhere Erträge erzielen. Wird das Optimum jedoch überschritten, gehen die Erträge bei allen Fruchtarten zurück. Bei extremen Temperaturen können Pflanzen dauerhaft geschädigt werden (UBA 2005). CO₂ ist ein wichtiges Element für die Photosynthese der Pflanzen. Für sog. C3-Pflanzen, zu denen die meisten in Deutschland angebauten Fruchtarten gehören, ist der CO₂-Gehalt der Luft unter aktuellen Bedingungen suboptimal und stellt einen limitierenden Wachstumsfaktor dar. Eine Erhöhung der CO₂-Konzentration bringt deshalb für C3-Pflanzen eine Steigerung der Photosyntheserate und damit eine Steigerung der Erträge mit sich („CO₂-Düngeeffekt“; UBA 2005).

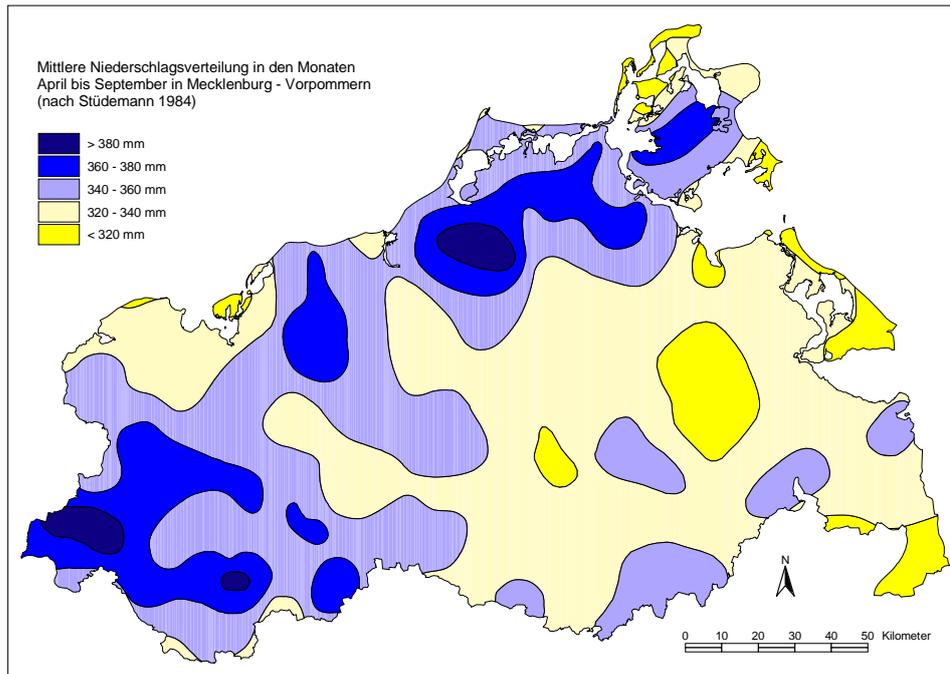


Abb. 12: Mittlere Niederschlagsmengen in M-V in den Monaten April bis September nach Stüdemann 1984 (siehe dazu auch Tab. 1 auf Seite 10)

In Feldexperimenten wurde bei einer Verdoppelung der CO₂-Konzentration eine Steigerung der Weizerträge um bis zu 28 % beobachtet (Downing et al. 2000). In Deutschland ergaben Feldexperimente für Wintergerste, Zuckerrübe und Winterweizen Ertragszunahmen um 6 - 14 % (Weigel et al. 2006). Ob dieses erhöhte Ertragspotenzial auch langfristig erreicht werden kann oder ob ein gewisser „Gewöhnungseffekt“ eintritt, ist zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht geklärt. Für C4-Pflanzen (Mais, Hirse) ergeben sich hingegen kaum Ertragsgewinne, da diese CO₂ effektiver nutzen können und deshalb schon unter heutigen Bedingungen eine optimale CO₂-Versorgung erhalten. Ein wichtiger Effekt einer erhöhten CO₂-Konzentration ist auch die Verringerung des Wasserverbrauchs pro Einheit erzeugter Biomasse (verbesserte Wassernutzungseffizienz). Weitere Effekte einer erhöhten CO₂-Konzentration sind u. a. eine Erhöhung des Kohlenhydratgehalts in Blättern und Früchten, verbunden mit einer Verringerung des Proteingehalts, sowie eine verstärkte Verlagerung von Kohlenstoff in die Wurzeln. Bei der Verwendung als Futtermittel oder Lebensmittel stellt ein verminderter Proteingehalt von landwirtschaftlichen Produkten in vielen Fällen eine Qualitätsminderung dar, die sich beispielsweise in einer verringerten Backqualität bei Weizen zeigt (UBA 2005).

Das Wasserangebot ist ebenfalls von großer Bedeutung. Wenn Pflanzen nicht ausreichend Wasser zur Verfügung steht, kommt es zu Wasserstress. Die Pflanze schließt ihre Spaltöffnungen und die Photosyntheserate wird stark reduziert. Eine länger andauernde Unterversorgung mit Wasser führt

daher zu Ertragseinbußen. Bei extremer Trockenheit kommt es zu bleibenden Trockenschäden an Feinwurzeln und anderen Pflanzenteilen. Zuviel Wasser kann andererseits zu Schäden an den Wurzeln durch Sauerstoffmangel führen (UBA 2005). Klimaschwankungen, insbesondere Klimaextreme mit langen Trockenperioden, wie z. B. in den Jahren 1964/65, 1972, 1992 oder 2003, führten immer wieder zu deutlichen Ertragseinbußen. In Deutschland war der heiße und trockene Sommer 2003 das Jahr mit den stärksten Ertragseinbußen in der Geschichte der Bundesrepublik (Sterzel 2004). Deutschlandweit lagen die Hektarerträge um ca. 12 % unter dem mehrjährigen Mittel. Regional waren die Schäden sehr unterschiedlich verteilt. Während Schleswig-Holstein mit seinem sonst eher kühlen und niederschlagsreichen Klima im warmen und trockenen Jahr 2003 sogar von einem Ertragsanstieg um 7,9 % profitierte, wurden in dem am stärksten betroffenen Bundesland Brandenburg Ertragseinbußen von 40 % gegenüber dem mehrjährigen Mittel verzeichnet (BMVEL 2003 a).

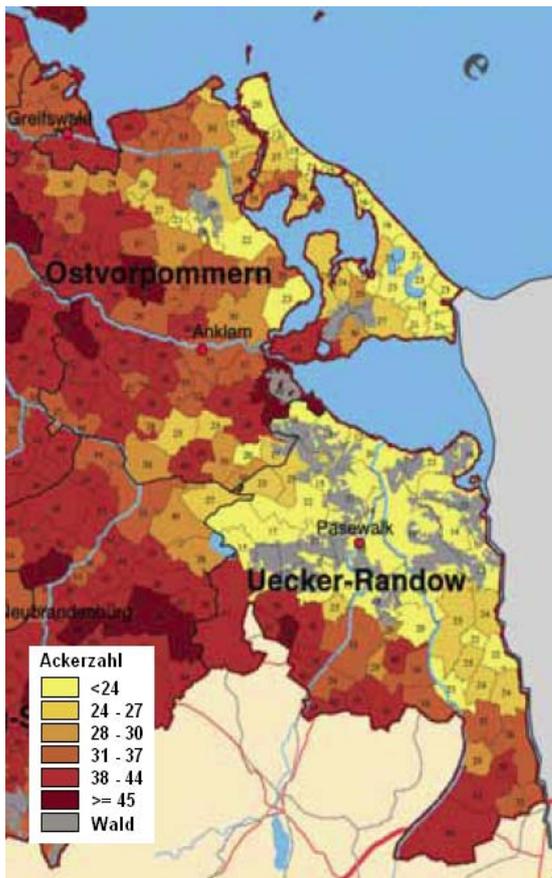


Abb. 13: Ackerzahlen in Vorpommern. Quelle Thierse et al. (2001), verändert.

Als Folge der Einbußen meldeten die Länder rund 12600 existenzgefährdete Betriebe und Schäden in Höhe von rund 600 Mio. € (Bundesregierung 2004). Die Ereignisse in 2003 sind insofern aufschlussreich für die Abschätzung der Auswirkungen des Klimawandels, als davon ausgegangen wird, dass aufgrund der globalen Erwärmung und der Verschiebung der Niederschläge vom Sommer in den Winter die Wahrscheinlichkeit von heißen trockenen Perioden bereits messbar zugenommen hat und sich in Zukunft deutlich erhöhen wird (Schönwiese 2005). Manche Autoren sehen in dem Jahr 2003 sogar einen Stellvertreter für das Klima, das uns in 50 - 100 Jahren erwartet (z. B. Beniston 2004). Das Jahr 2003 hat auch gezeigt, wie entscheidend die standörtlichen Voraussetzungen für die Anfälligkeit gegenüber Klimaextremen sind.

Besonders betroffen von Ertragseinbußen waren Gebiete, die eine geringe Eignung für landwirtschaftliche Nutzung aufweisen, z. B. aufgrund von armen Böden mit einer geringen Wasserrückhaltekapazität (sandige Böden), einer ungünstigen klimatischen Wasserbilanz und / oder hohen Sommertemperaturen (Bundesregierung 2004). Das trifft teilweise auch auf die Odermündungsregion zu (siehe Abb. 13).

Eine schon zu beobachtende Auswirkung des Klimawandels in Deutschland ist die veränderte Phänologie von Ackerkulturen aufgrund der verlängerten Vegetationszeit. So hat sich beispielsweise das Ährenschieben des Winterroggens in Deutschland seit 1960 um ca. 7 Tage verfrüht (DWD 2004 in UBA 2005).

In der Landwirtschaft werden sich die klimatischen Effekte wahrscheinlich recht frühzeitig zeigen. Landwirte dürften künftig gezwungen sein die Bewirtschaftung ihrer Anbauflächen an die sich ändernden klimatischen Bedingungen anzupassen. So werden zukünftig in südlichen Ländern bzw. in Gebieten mit kontinentalerem Klima Pflanzen mit einem hohen Wasserbedarf weniger häufig angebaut (Deutsche Bank Research 2007). In höheren Breiten könnten sich dagegen die Voraussetzungen für viele landwirtschaftliche Nutzpflanzen verbessern. Dabei muss es sich aber nicht unbedingt um die aktuell angebaute Nutzpflanzen handeln. In Deutschland könnten höhere

Erträge erzielt werden durch den Anbau von Nutzpflanzen, die wärmeresistent und vergleichsweise genügsam beim Wasserverbrauch sind (z. B. Mais oder Hirse aber auch neue Fruchtarten wie z. B. Soja). Für Roggen, Kartoffeln oder Hafer ist aber mit einer Verschlechterung der Anbaubedingungen zu rechnen. Grundsätzlich wird sich aber auch die Planungssicherheit für die Landwirte vermindern, da aus heißen und trockenen Sommern in einem Jahr nicht auf ähnliche Witterungsbedingungen im nächsten geschlossen werden kann (Deutsche Bank Research 2007). 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 und Humusverluste fördern. Starkniederschläge führen aber auch zu einer Verschlammung der Böden. Die Befahrbarkeit im Herbst kann sich verschlechtern, in trockenen Sommern kostet die Bodenbearbeitung erhöhten Energie- und Materialaufwand (Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus 2008).

Es ist abzusehen, dass die Bewässerungslandwirtschaft nicht nur in Südeuropa, sondern auch in hiesigen Breiten an Bedeutung gewinnen wird. Die dazu notwendigen Investitionen verteuern die landwirtschaftlichen Erzeugnisse. Der vermehrte Wasserverbrauch in der Landwirtschaft könnte in Dürreperioden zu einem Nutzungskonflikt um die Ressource Wasser führen. Darüber hinaus muss der Einsatz von Düngungs- und Pflanzenschutzmitteln an die sich wandelnden Bedingungen (z. B. mehr und neuartige Schädlinge) angepasst werden: Ein Mehreinsatz ist zu erwarten (Deutsche Bank Research 2007). Diese vermehrt eingesetzten Düngungs- und Pflanzenschutzmittel könnten dann verstärkt die Oberflächengewässer belasten.

Der Klimawandel macht sich bereits bemerkbar in der Landwirtschaft (Website des LWK). Die Landwirtschaftskammer Niedersachsen berichtete von deutlich früheren Getreidernten und Problemen mit Schädlingen, Unkräutern und Pilzkrankheiten. Kammereigene Untersuchungen belegten, dass in den vergangenen zehn Jahren der Weizenertrag witterungsbedingt zurückgegangen sei (Website LWK 2008).

Insgesamt wird der Unkrautdruck eher höher wegen geringerer Konkurrenzkraft der Kulturen. Die Klimaänderung führt zu einer Verschiebung des Artenspektrums bei den Unkräutern, d. h. schwer bekämpfbare Wurzelunkräuter und –ungräser nehmen zu (z. B. Ackerdistel, Quecke, Ampfer bzw. Rispengräser, Trespen), Herbstkeimer werden durch eine mildere Winterwitterung begünstigt (z. B. Ackerfuchsschwanz, Klettenlabkraut, Taubnessel, Ehrenpreis, Stiefmütterchen), wärmeliebende, schnell wachsende Samenunkräuter gewinnen die Oberhand (z. B. Gänsefuß, Melden, Wolfsmilchgewächse, Franzosenkraut).

Auch bei den tierischen Schädlingen ist mit generell einer Zunahme vor allem wärmeliebender Arten (z. B. Maiszünsler, Kartoffelkäfer, Getreidehähnchen, Blattläuse) zu rechnen, dagegen nehmen Arten, die auf längere Feuchtphasen angewiesen sind, ab (z. B. Schnecken).

Es wird auch prognostiziert, dass die Klimaänderung zu einer Verschiebung in der Bedeutung der Krankheiten führt. Pilzkrankheiten, die auf Niederschläge und längere Feuchtphasen angewiesen sind, nehmen ab (z. B. Septoria-Blattdürre, Rhynchosporium-Blattflecken, Krautfäule der Kartoffel), dagegen nehmen wärmeliebende Krankheiten, denen kurze Feuchte- oder Tauphasen zur Ausbreitung ausreichen (z. B. Getreideroste, *Setosphaeria turica* – Blattflecken an Mais, *Alternaria* – Dürreflecken der Kartoffel, evtl. Apfelschorf, Feuerbrand). Auch Viruserkrankungen, die durch wärmeliebende Insekten übertragen werden (z. B. Verzweigungsviren in Getreide, Kartoffelviren), werden an Bedeutung gewinnen.

Die Wirkung von Pflanzenschutzmitteln wird aufgrund der mit dem Klimawandel verbundenen Veränderungen zunehmend unsicherer: Die durch vermehrte Starkniederschläge verursachte stärkere Wassererosion bewirkt bei Herbiziden eine verminderte Wirkung am Ort der Applikation,

jedoch zunehmend Schäden auf Nachbarflächen. Auch nimmt die Gefahr des Eintrages von Pflanzenschutzmitteln in Oberflächengewässer zu (Doleschel 2007).

Aufgrund häufiger auftretender Trockenheitsphasen wird die Wirkung von Bodenherbiziden öfter abgeschwächt, da die Wirkstoffe bei Trockenheit nur vermindert aufgenommen werden. Blattherbizide wirken bei Trockenheit schlechter wegen Ausbildung einer starken Wachsschicht der Zielpflanzen. Auch bei Fungiziden und Insektiziden kommt es infolge von hohen Temperaturen zu verstärkter Abdampfung und schnelleren Abbaus durch UV-Licht und damit zu verminderten Wirkungen (Doleschel 2007). Daher ist mit einer häufigeren Anwendung dieser Mittel in Zukunft als wahrscheinlich einzustufen. Eine Zunahme der Niederschläge im Herbst kann Qualität und Ertrag mindern. Eventuell muss die Ernte getrocknet oder belüftet werden, um Schäden durch Feuchtigkeit zu begegnen. Dies erfordert wiederum einen höheren Energieaufwand. Außerdem sind Veränderungen beim Gehalt an Nährstoffen, Zucker, Stärke und Öl der Pflanzen zu erwarten.

Bei der Tierproduktion könnten durch die steigenden Temperaturen zusätzlicher Aufwand durch Kühlungsbedarf in geschlossenen Stall-Systemen (z. B. Schweinemast, Geflügel) nötig werden. Besonders Rinder und Geflügel würden unter zunehmenden Temperaturen leiden, da sie nur schlecht überschüssige Körperwärme abgeben können. Die dadurch erhöhte körperliche Belastung mindert den Ertrag und gefährdet außerdem die Gesundheit der Tiere. So sind zunehmende Schädigung durch Parasiten (z. B. Kriebelmücken, Dasselfliegen, Leberegel, Magen-, Darm- bzw. Lungenwürmern) und insektenübertragenen Krankheitserregern (z. B. Blauzungenkrankheit bei Wiederkäuern) sowie Probleme mit der Wasserversorgung, -qualität und -temperatur in der Teichwirtschaft zu erwarten (Doleschel 2007). 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 (Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus 2008).

4.2.1.2 Mögliche Auswirkungen politisch-ökonomischer Veränderungen auf die Landwirtschaft

Neben dem Klimawandel werden die Veränderungen in den sozioökonomischen Rahmenbedingungen entscheidend für die Zukunft der Landwirtschaft in Deutschland, wie auch seiner Nachbarländer sein. Als eine Folge der Agrarreformen, der Marktliberalisierung und des Verfalls der Weltmarktpreise für viele landwirtschaftliche Produkte wird mit einer Polarisierung von Agrarlandschaften in Gebiete mit guten Anbaubedingungen einerseits und Flächen, die sich unter veränderten Marktbedingungen nicht mehr ökonomisch rentabel bewirtschaften lassen, andererseits gerechnet. Die Folgen werden kontrovers diskutiert, doch gehen die meisten Experten von einem Rückgang der landwirtschaftlich genutzten Fläche - vor allem in Ungunstgebieten - aus. Der Anteil der Stilllegungsfläche in Deutschland könnte um bis zu 40 % zunehmen, die Anbaufläche für Getreide um 12 - 25 % abnehmen und Grünländer großflächig extensiviert werden (Kleinhanß et al. 2003). Auf der anderen Seite hat die weltweit steigende Nachfrage nach Futter- und Energiegetreide in den letzten Jahren zu steigenden Preisen und damit Produktionsanreizen für den Getreideanbau geführt. Diese Entwicklung der marktlichen Rahmenbedingungen könnte sich in den nächsten Jahren fortsetzen (Europäische Kommission 2008). Träte dieses ein, könnte es mittelfristig sogar zu einer Ausweitung der Getreideflächen - u. a. durch Nutzung von Stilllegungsflächen zur Energiepflanzenproduktion - sowohl in Polen, Tschechien als auch in Nordostdeutschland kommen.

Durch den stark ansteigenden Bedarf an nachwachsenden Rohstoffen ist eine zunehmende Intensivierung der Landwirtschaft möglich. Der wachsende Anbau von Energiepflanzen stellt ein Konfliktpotenzial mit Natur- und Artenschutzzielen dar. Der zunehmende Einsatz von Dünger, Pflanzenschutz und Beregnung zur Ertragssteigerung auch im Energiepflanzenanbau führt zu einer

Verarmung der Agrarlandschaft und zum Verlust geeigneter Brut- und Nahrungsräume für Vögel und andere Tiere. Infolge dessen sind Vögel der Agrarlandschaft bereits heute die am stärksten bedrohte Vogelgruppe (Bauer et al. 2002, Hötter 2004). Nutzpflanzen wie Raps (für Biodiesel) und Mais (Biogas) bieten heimischen Vogelarten keinen geeigneten Brut- und Nahrungsraum. Diese Kulturen verdrängen regional jedoch ertragsschwächere Nutzpflanzen wie Sommergetreide und auch Feuchtgrünland. Darüber hinaus fehlt den Vögeln das Nahrungsangebot dieser insektenreichen Flächen (Dziwiaty & Bernardy 2007).

In Polen ist generell mit einer zunehmenden Intensivierung der Landwirtschaft zu rechnen. Es wird zu einer Annäherung der polnischen Landwirtschaft an das westeuropäische Modell kommen. Dies bedeutet vor allem zunehmende Konzentration. Es werden zukünftig wahrscheinlich zwei landwirtschaftliche Betriebsarten in Polen auf dem Markt bleiben: große, international konkurrenzfähige Betriebe und kleinere, spezialisierte Betriebe (Hirschfeld et al. 2009).

Mit Zunahme der Betriebsflächengrößen wird auch mit einer Zunahme des Dünger- und Pflanzenschutzmittelsatzes zu rechnen sein. Gegenwärtig steigt in Polen der Einsatz von Düngemitteln. Es wird allgemein erwartet, dass dieser Trend in den nächsten Jahren anhält. Grund dafür ist die erwartete Intensivierung der Produktion. Es wird vermutet, dass in den nächsten Jahren der Düngemittelsatz in Polen europäisches Durchschnittsniveau erreicht (Ministerium für Landwirtschaft und ländliche Entwicklung 2006). Es gibt allerdings auch eine Reihe von Faktoren, die sich negativ auf den steigenden Verbrauch von Düngemitteln auswirken könnten.

Zu diesen zählen (Hirschfeld et al. 2009): steigende Preise von Produktionsmitteln, Anwendung von Prinzipien der „guten landwirtschaftlichen Praxis“, steigendes Umweltbewusstsein der Landwirte (mit zunehmenden Einkommen und technologischem Wissen) und in der Folge ein effizienter Einsatz von Düngemitteln sowie die Verbreitung von „Integrated Farming Systems“, „Precision Farming“ und ökologischem Landbau in Polen.

Obwohl die oben genannten Faktoren einen Anstieg des Düngemittelsatzes dämpfen können, sind Stagnation oder Rückgang des Düngemittelsatzes nicht zu erwarten.

Ein zunehmender Einsatz von Dünger- und Pflanzenschutzmitteln wird aber auch Auswirkungen auf die Gewässerqualität im Odereinzugsgebiet, der Oder, des Oderhaffs und der angrenzenden Ostsee haben. Generell lässt sich festhalten, dass die zukünftigen Veränderungen der Landwirtschaft in Polen stark mit den Entwicklungen in der gemeinsamen Agrarpolitik der EU verbunden sind.

4.2.2 Fischerei und Aquakultur

Die Küstenfischerei wird in der Region der Odermündung schon seit vielen Jahrhunderten betrieben. Sie hat in dieser strukturschwachen Region mit hoher Arbeitslosigkeit nicht nur eine wirtschaftliche, sondern auch eine kulturelle und touristische Bedeutung.

Der Fischfang wurde in den Boddengewässern und der Ostsee vermutlich schon von den ersten Besiedlern der Boddenlandschaft genutzt. Die Fischerei, besonders der Heringsfang, spielte für die Wirtschaft der kleinen Orte von jeher eine große Rolle. Nach der Gründung der DDR kam es zur Gründung von Fischwirtschafts- und Fischproduktionsgenossenschaften. Diese unternahm mehrere Versuche die Erträge durch Jungfischzucht und Besatz zu steigern. Die Versuche mit Hechtbrutbesatz wurden bis in die 70er Jahre durchgeführt. Zur Steigerung der Produktion wurden jährlich bis zu 100 000 Karpfen ausgesetzt. Nach der politischen und wirtschaftlichen Wende 1990 änderten sich die Bedingungen für die Küstenfischerei radikal. Wie in der Landwirtschaft war ein dramatischer Rückgang der Beschäftigtenzahl zu verzeichnen. Für die verbliebenen Fischereibetriebe lag die größte Schwierigkeit in der Vermarktung des Fanges. In der kleinen Hochsee- und Küstenfischerei dominieren mittlerweile Einzelbetriebe, Familienunternehmen und GbR. Die im Stettiner Haff aktiven Fischer sind in der Fischereigenossenschaft (FG) „Haffküste“

organisiert. Diese wiederum ist im Landesverband der Kutter- und Küstenfischer eingegliedert. Die Aktivitäten der Fischereigenossenschaft „Haffküste“ beschränken sich auf das Stettiner Haff, wobei die Fischer jedoch im Frühjahr im Greifswalder Bodden dem Heringsfang nachgehen. Die Fischereigenossenschaft hat 49 Mitglieder, wovon 29 aktive Fischer und die anderen Freizeit- und Nebenerwerbsfischer sind. Durch den fehlenden Nachwuchs hat sich auch hier, analog zum landesweiten Trend, die Anzahl der Fischer verringert. Früher waren mehr als 100 Fischer im Stettiner Haff aktiv. Diese Abnahme liegt zum einen daran, dass die Fischerei nicht sehr rentabel ist (geringer Ertrag bei hohen Anschaffungskosten) und zum anderen, dass alle Reusenplätze im Haff belegt sind. Früher hatte der einzelne Fischer weniger Netzmeter, so dass heute für eine größere Anzahl von Fischern kein Platz mehr im Haff vorhanden ist (Michaelsen 2005).

Im Rahmen der Untersuchungen der Fischlaichgebiete des Kleinen Haffs (Gosselck et al. 1999) wurde dort Laich von Flussbarsch, Plötz, Blei und Dreistachligem Stichling erfasst. Fischlarven von folgenden neun Arten wurden in den Laichschongebieten des Kleinen Haffs vorgefunden: Flussbarsch, Zander, Plötz, Blei, Güster, Hering, Stint, Dreistachliger Stichling und Kaulbarsch. Anhand der fischereilichen Anlandungen im Haff können auch entsprechende Vorkommen für Aal und Hecht konstatiert werden. Das aufgeführte Fischartenspektrum zeigt, dass im Oderhaff limnische Fischarten dominieren. Der Ertrag des gesamten Haffs liegt bei ca. 3 000 t im Jahr (Löser & Sekscinska 2005). Neben dem Hering werden ansonsten Zander, Barsch, Plötze, Blei und Aal gefangen. Für die Existenz der Fischereiunternehmen sind vor allem die Erlöse aus dem Fangaufkommen der fünf Fischarten Hering, Dorsch, Zander, Barsch und Aal wichtig. Mengenmäßig dominiert in den inneren Küstengewässern seit jeher der Heringsfang. Der Zander ist die vom Erlös her wichtigste Fischart in der Darß-Zingster Boddenkette. Gefangen wird überwiegend mit Reusen, Kettenreusen, Stellnetzen und Aalschnüren. Die Fänge werden von der Fischereigenossenschaft selbst vermarktet. Durch Direktvermarktung u. a. an Touristen bestehen für die kleinen Fischereibetriebe zusätzliche Verdienstmöglichkeiten.

Der Fischfang sieht sich in der jüngsten Zeit vor neue Probleme gestellt (Jansen & Jennerich 2002). Hierbei handelt es sich um die zunehmende Konkurrenzsituation zu anderen Nutzungen, die sich vermehrt auf das Meeresgebiet erstrecken. Zusätzlich zu der Konkurrenz durch Verklappung, Rohstoffgewinnung und der Kabelverlegung sind in den letzten Jahren auch der verstärkte Meeresnaturschutz und die Offshore-Windkraft hinzugekommen. Diese Nutzungen stellen verschiedene Ansprüche an den Raum und konkurrieren um die begrenzte Fläche. Aus diesem Grund muss sich die Küstenfischerei auf eine geringere Fläche einschränken. Ein weiteres Problem der Küstenfischer ist, dass sich seit dem Einbruch der Subventionierung der Fischerei in der ehemaligen DDR nur wenige junge Menschen der Fischerei zugewendet haben. Die ungünstige Altersstruktur der in der Fischerei Beschäftigten weist darauf hin, dass zukünftig noch mehr Fischer ihren Beruf aufgeben werden. Durch den geringen Nachwuchs weist die Statistik der Anzahl der in der Fischerei Beschäftigten über die letzten Jahre eine langsame aber konstante Abnahme auf. Anzumerken ist hier, dass die hohe Arbeitslosigkeit und das niedrige Rentenniveau die Betriebsaufgaben hemmen (Michaelsen 2005).

Die Verbandsstruktur auf der polnischen Seite sieht etwas anders aus als in Deutschland. Hier gibt es einen Verband im Bereich des Haffs und mehrere entlang der Außenküste. Im polnischen Teil des Haffs, mit den dazu gehörenden Gewässern Kamieński See, Wicko See und Dąbie See, waren nach Angaben aus dem Jahr 1997 insgesamt 260 bis 270 Fischer mit 148 Motorbooten aktiv. Es wurden vor allem Plötze, Blei und Flussbarsch gefangen. Die Fangmenge von Plötze und Blei wurde dabei durch die jeweilige Nachfrage bestimmt. Die seit 1997 gestiegenen anderen Fänge sind auf gesteigerte Heringsfänge, bessere Absatzmöglichkeiten und zugewanderte Fischarten in überschwemmte Gebiete zurückzuführen (Michaelsen 2005).

4.2.2.1 Mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf die Fischwirtschaft

Die genauen Auswirkungen des Klimawandels auf die Fischpopulation der Ostsee werden in Kapitel 4.5.2.2.5 auf Seite 74 ff. geschildert. Im Oderhaffgebiet ist vor allem die Zunahme der Erwärmung der Oder und damit auch des Oderhaffs von Bedeutung. Dieses kann verstärktes Algenwachstum und schließlich Sauerstoffmangel hervorrufen, was negative Auswirkungen auf die Fischpopulationen haben kann. Weitere Gefahren gehen durch toxische Algenblüten aus, deren Toxine bei höherer Konzentration Fisch und Mensch gefährlich werden können. Auch können Quallen, deren Ausbreitung in der Ostsee durch den Klimawandel gefördert wird, die Fischpopulation sowohl als Fraßfeinde des Fischlaichs wie auch als Nahrungskonkurrenten beeinträchtigen und somit die Erträge der Fischerei schmälern.

4.2.2.2 Mögliche Auswirkungen sozialer oder politischer Veränderungen auf die Fischwirtschaft

4.2.2.2.1 Fangquoten und Schutzgebietsausweisungen

Die Fangquoten werden in Zukunft wahrscheinlich weiter drastisch gesenkt werden, sollen die Bestände nicht vollständig leergefischt werden. Eine solche Maßnahme würde aber in direkter Zukunft die Küstenfischerei an der deutschen Ostseeküste insgesamt stark bedrohen. Gleichzeitig ist aber nicht abschätzbar, ob durch Maßnahmen wie Fangquoten, Besatzmaßnahmen oder erweiterte Schutzgebiete, in denen der Fischfang untersagt ist, die Fischbestände in Zukunft zu erhalten sind.

4.2.2.2.2 Energiekosten

Inwieweit steigende Energie- bzw. Treibstoffkosten die Wirtschaftlichkeit des Fischfangs an der deutschen Ostseeküste einschränken, ist nicht abzusehen. Wegen der gestiegenen Dieselpreise haben die Fischereiminister der Europäischen Union ein Hilfspaket für die Fischer beschlossen. So soll ein Unterstützungsfonds mit bis zu 2 Mrd. EUR bereitgestellt werden. 1,4 Mrd. EUR davon sollen aus bereits bestehenden EU-Töpfen für die Fischerei stammen, die übrigen 600 Mio. EUR will die Europäische Kommission zusätzlich beisteuern. Nach Angaben der Kommission sind die Treibstoffpreise für die EU-Fischfangflotte seit 2002 um 240 % gestiegen. Gegen die gestiegenen Dieselpreise hatte es in den vergangenen Monaten vor allem in mehreren südeuropäischen Ländern Streiks und Proteste von Fischern gegeben (Website Finanzen.net 2008).

4.2.2.2.3 Fischerei und Tourismus

Freizeitfischer fangen nach Erkenntnissen des Instituts für Ostseefischerei Rostock (IOR) Dorsch in so großen Mengen, dass dies Auswirkungen auf die Bewirtschaftung des Bestandes hat. In den vergangenen drei Jahren bewegten sich ihre Fangmengen jeweils zwischen 20 und 50 Prozent der kommerziellen Dorschfänge.

Im Jahr 2004 landeten die deutschen Berufsfischer 5 750 Tonnen Dorsch an, 2005 waren es 7 000 und im Jahr 2006 waren es 7 500. Diese Mengen lagen ungefähr im Bereich der Fangquoten für Deutschland. Freizeitfischer fingen im gleichen Zeitraum jährlich zwischen 2 000 und 3 500 t Dorsch. Für die von der EU in Auftrag gegebene IOR-Studie wurden in diesen Jahren Daten von rund 67 000 Freizeit Fischern ausgewertet. Der größte Teil der privaten Fangmengen sei von Bootsfischern an Land gebracht worden. Es ist höchstwahrscheinlich, dass in Zukunft auch die Freizeitfischerei verstärkt Einschränkungen hinnehmen muss. Bei den möglichen Konsequenzen aus der Studie müsse aber bedacht werden, dass Kutterangeln für den Tourismus in Küstenländern von großer Bedeutung ist (Website der Welt-Online (b) 2007)

4.2.3 Forstwirtschaft

Noch vor wenigen Jahren war das Forst/Holz-Cluster in Deutschland ein vergleichsweise stabiler, schwer beweglicher Wirtschaftssektor. So wurde damals in Strategiepapieren der Europäischen Kommission mit einem Zeithorizont bis 2030 die Verbesserung der immer prekärer werdenden Ertragssituation forstwirtschaftlicher Betriebe in den Mittelpunkt gestellt. Im Jahr 2007 sah die Ertragslage eines Großteils forstwirtschaftlicher Betriebe in der EU bereits wieder exzellent aus. Grund dafür sind zum einen die deutlich gestiegene Auslandsnachfrage nach Holz und Holzprodukten u. a. aus den USA und aus China, zum anderen die drastisch gestiegene Nachfrage nach Holz für die energetische Nutzung. Die traditionell langfristig und rohstoffseitig orientierte Forstwirtschaft ist also durch die Globalisierung und die energetische Verwertbarkeit von Holz nachfrageseitig mit äußerst dynamischen Märkten gekoppelt. Somit wird das Forst/Holz-Cluster insgesamt selbst zum dynamischen Wirtschaftssektor, dessen gezielte Entwicklung vor dem Hintergrund zukünftig wechselnder Engpassfaktoren stattfinden muss (Erdmann et al. 2008).

Tab. 9: Waldfläche im deutschen Teil des Odermündungsgebietes. Statistisches Jahrbuch Mecklenburg-Vorpommern 2004

Gebietseinheit	Waldfläche 2003 (ha)
Kreis Ostvorpommern	32.803
Uecker-Randow-Kreis	51.599
Mecklenburg-Vorpommern	495.700

Der Wald nutzt dem Menschen in vielfältiger Weise: Er ist zum einen Arbeitsplatz, Einkommensquelle, Refugium für Tiere und Pflanzen sowie Erholungsraum für den Menschen. Zum anderen leistet der Wald einen wichtigen Beitrag zum Wasserhaushalt, zur sauberen Luft und zum Klimaschutz (Website des MLUV 2008).

4.2.3.1 Mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf die Forstwirtschaft

Der Klimawandel beinhaltet für die deutschen Wälder sowohl Chancen als auch Risiken. Chancen entstehen durch das erhöhte Ertragspotenzial und durch die Möglichkeit, neue Baumarten einzubringen. Die Risiken entstehen zum einen durch die z. T. erheblichen potenziellen Auswirkungen des Klimawandels, zum anderen aufgrund der Langwierigkeit und Schwierigkeiten bei der Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen im Forstbereich.

Gefährdungen im Forstbereich lassen sich auf verschiedenen Ebenen benennen, die im Folgenden erläutert werden: Unter den Hauptbaumarten ist die Fichte vom Klimawandel besonders betroffen. Sie bevorzugt feuchte, kühle Standorte und ist daher wenig trockenheits- und hitzetolerant. Da die Fichte aufgrund ihrer guten Wuchsleistung vielerorts auch außerhalb ihrer natürlichen Standorte angebaut wird, ist sie oft schon heute an der Grenze ihres Toleranzbereichs angelangt. Denn der Klimawandel setzt der Fichte besonders zu. Als flach wurzelnde Baumart leidet sie stärker als andere Arten unter der vermehrten sommerlichen Trockenheit, die weiten Teilen Deutschlands droht. Die geschwächten Bäume bieten eine leichte Beute für Insekten wie den Borkenkäfer, der von trockenen Sommern profitiert (UBA 2005). Maßnahmen zur Bekämpfung von Baumschädlingen dürften künftig eine größere Rolle spielen (Deutsche Bank Research 2007).

Mit dem Klimawandel nimmt auch die Gefahr durch starke Stürme zu. Die Fichte hält hohen Windgeschwindigkeiten kaum stand (UBA 2005). So waren reine Fichtenbestände vom Orkan Kyrill Anfang 2007 besonders stark betroffen. Häufen sich in Zukunft solche extremen Wetterereignisse, dürften vor allem Fichtenmonokulturen zu den Verlierern zählen (Deutsche Bank Research 2007). Die Anfälligkeit der Fichte gegenüber dem Klimawandel ist ökonomisch besonders bedeutsam, weil sie die am häufigsten angebaute Baumart in Deutschland ist (UBA

2005). Erhebliche wirtschaftliche Einbußen wären die Folge. Auch verursacht die Beseitigung von Sturmschäden Kosten, die durch den Verkauf des in vielen Fällen minderwertigen Sturmholzes oft nicht gedeckt werden können. Nicht zuletzt zählen die notwendigen Aufräumarbeiten zu den gefährlichsten in der gesamten Forstwirtschaft (Deutsche Bank Research 2007). Ebenfalls als anfällig einzustufen - wenn auch nicht in dem Maße wie die Fichte - ist die ebenfalls eher feuchtigkeitsliebende Buche. Da die Buche in der Regel standortangepasst angebaut wird, besteht eine Gefährdung nur für solche Standorte, an denen die Buche ihre Trockenheitsgrenze erreicht. Eher wenig anfällig zeigen sich Eiche, Kiefer und die nicht-einheimische Douglasie (UBA 2005). M-V mit seiner Waldfläche von 516 Tausend Hektar gehört zu den waldbrandgefährdeten Gebieten in Deutschland. Insbesondere in großflächigen Kieferbeständen wird sich allerdings im Zuge des Klimawandels die Waldbrandgefahr erheblich erhöhen. Dieses gilt besonders für die Landkreise Mecklenburg-Strelitz, Müritz, Uecker-Randow, Parchim und Ludwigslust (weniger Niederschläge und hoher Anteil von Kiefernwäldern). Hier muss in Zukunft mit einer Zunahme der Waldbrandgefahr gerechnet werden (Abb. 14).

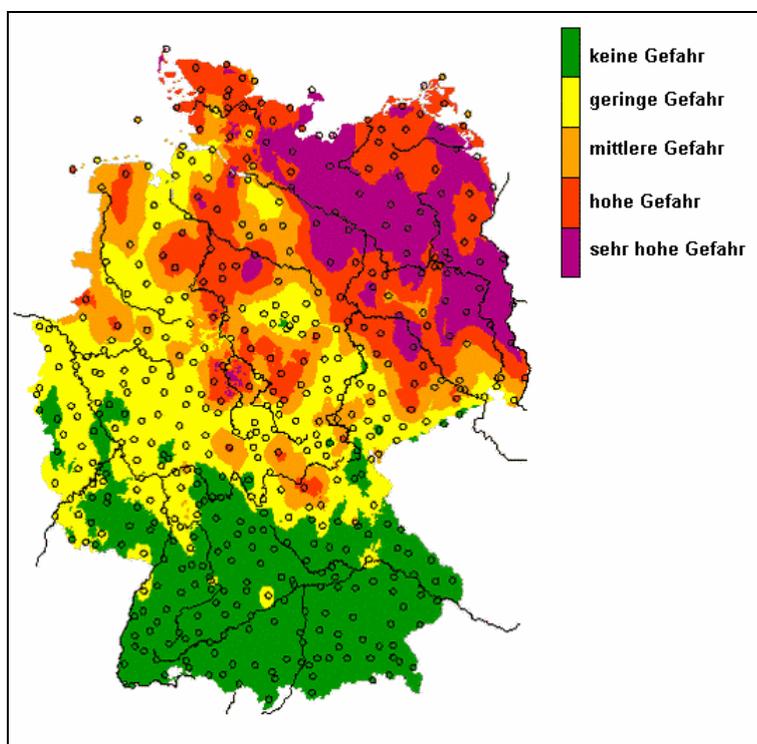


Abb. 14: Beispielhafte Darstellung der Waldbrandgefareinschätzung (vom 10.06.2008). Quelle Website wetter.com 2008, verändert

Die sich wandelnden klimatischen Bedingungen erfordern eine veränderte Bewirtschaftung der Wälder. Der Anbau von Baumarten dürfte verstärkt an die jeweiligen Standortbedingungen (Niederschläge, Bodenbeschaffenheit, Temperatur, Höhe) angepasst werden. Dies erfolgt aufgrund längerer Wachstumszyklen in der Forstwirtschaft jedoch nur allmählich (Deutsche Bank Research 2007). Generell zeigen sich Mischwälder gegenüber den genannten Risiken weniger anfällig als Nadelwälder, da sie sich besser an den Klimawandel anpassen können. Eine hohe genetische Vielfalt verringert ebenfalls die Anfälligkeit. Allerdings sind die Erntekosten bei Mischwäldern höher als bei Monokulturen.

In Bezug auf den Klimawandel müssen in Deutschland v. a. solche Regionen als besonders betroffen eingeschätzt werden, die schon heute mit geringer Wasserverfügbarkeit zu kämpfen haben (z. B. Teile Ostdeutschlands), die besonders starke Temperaturveränderungen zu erwarten haben oder in denen die Fichte auf nicht-natürlichen Standorten vorkommt.

Die Forstwirtschaft sollte jedoch über eine hohe Fähigkeit verfügen, sich in Zukunft weit stärker als heute an die Auswirkungen des Klimawandels anzupassen, v. a. durch den Umbau zu Mischwäldern und der Sicherung genetischer Vielfalt wird eine breite Wirksamkeit zugeschrieben. Entscheidend für die Anpassungsfähigkeit der Forstwirtschaft wird aber auch der ökonomische Druck auf den einzelnen Waldbesitzer sein (UBA 2005).

Prinzipiell ist als Folge des Klimawandels, ähnlich wie in der Landwirtschaft, mit einer Erhöhung des Ertragspotenzials zu rechnen. Dies liegt zum einen an dem „düngenden“ Effekt des erhöhten CO₂-Gehalts der Luft. Zum anderen erhöhen steigende Temperaturen die Photosyntheserate und andere Stoffwechselfvorgänge bis zu einem Temperaturoptimum. Zudem führt die mit der Temperaturerhöhung einhergehende Verlängerung der Vegetationszeit zu einer längeren Wachstumsphase. In Experimenten wurde bei einer Verdoppelung des CO₂-Gehalts im Mittel eine Wachstumssteigerung bei Bäumen um 20 % beobachtet (Norby et al. 1999). Bei einem Temperaturanstieg von deutlich mehr als ca. 2 °C überwiegen allerdings bei vielen einheimischen Baumarten die negativen Effekte (Hirschberg et al. 2003).

Experten sehen in der Gefahr des Trockenstresses die bedeutendste Auswirkung des Klimawandels auf das Waldwachstum (Spiecker et al. 2000): Unter der Annahme eines Rückgangs der Niederschläge im Zuge der Klimaveränderung würde sich das Wasserangebot verringern (UBA 2005). Zusätzlich kann es auch durch sinkende Grundwasserstände in Folge von Meliorationsmaßnahmen und verstärkter Wasserentnahme weiter geschmälert werden. Die Konsequenzen eines verringerten Wasserangebots sind Trockenstress, vermindertes Wachstum und Dürreschäden. Gefährdet durch Trockenstress sind die Wälder in Deutschland v. a. in den warmen und trockenen Gebieten im Nordosten und im Südwesten. Die Anfälligkeit gegenüber Trockenstress variiert stark von Baumart zu Baumart. Während z. B. die Fichte und die Buche wenig trockenresistent sind, zeigt sich die Kiefer relativ robust gegenüber Trockenstress.

Wie stark das Ertragspotenzial durch Trockenstress gefährdet sein kann, zeigen insbesondere die Auswirkungen des Hitzesommers 2003. Trockenheit und hohe Temperaturen führten dazu, dass die pflanzenverfügbaren Wasserreserven in vielen Waldböden nahezu vollständig aufgebraucht wurden. Im August/September wurde die Wasseraufnahme der Bäume daher auf vielen Standorten stark beeinträchtigt. Der damit verbundene Wassermangel hatte in vielen Waldgebieten erhebliche Auswirkungen. Zu beobachten waren vorzeitiger Blatt- bzw. Nadelabwurf, Sonnenbrand und ein allgemeiner Verlust an Vitalität der Waldbäume. Dies äußerte sich im schlechten Kronenzustand im Jahr 2004, aber auch in anderen Bereichen, z. B. beim Holzzuwachs und der Widerstandskraft gegen Schaderreger (BMVEL 2004).

Im Jahr 2003 zeigte sich auch der Zusammenhang zwischen Trockenheit, Hitze und der Gefahr von Schädlingsbefall. Als Folge der hohen Temperaturen und der geringen Vitalität der Wälder kam es zu einer explosionsartigen Massenausbreitung von Schädlingen, wie der Nonne (blattfressende Schmetterlingsart) und insbesondere des Borkenkäfers (BMVEL 2003 b). Auch lag die Waldbrandfläche im Jahr 2003 in Deutschland mit 1 315 ha um 25 % über dem Durchschnitt der Jahre 1991 - 2002. Die größte Waldbrandfläche seit 1990 wurde mit 4 908 ha und einer Schadenssumme von 12,8 Mio. € im Jahre 1992 registriert. Im damaligen Rekordsommer mit absoluten Maxima der Lufttemperatur bis zu 39,1 °C lag das Maximum des Niederschlagsdefizits im Nordosten Deutschlands, wo aufgrund der Standort- und Bestockungsverhältnisse (sandige Böden, Kiefer) grundsätzlich von der höchsten Waldbrandgefährdung ausgegangen werden muss (Anders et al. 2004).

Die bereits laufenden Programme zum Waldumbau in Richtung standortangepasster Baumarten und Mischwald gehen prinzipiell bereits in die richtige Richtung, denn nicht standortangepasste Baumarten und Monokulturen weisen oft einen geringeren Toleranzbereich gegenüber langfristigen Änderungen auf und sind anfälliger gegenüber Störungen (Schädlinge, Windbruch). Allerdings sollten bei der Auswahl der Zielbaumarten mögliche Auswirkungen des Klimawandels beachtet

werden. In kritischen Bereichen (sandige Böden, aktuell schon ungünstige Wasserversorgung) sollte der verstärkte Anbau von trockenbeständigen bzw. genügsamen Arten gefördert werden. So sollte z. B. der Waldumbau von Nadelbaum-Reinbeständen durch Einbringen von Buche nicht an Standorte geschehen, die feuchtebedingt bereits heute Grenzbedingungen für Buchenwälder aufweisen (BMVEL 2004). Dort könnte z. B. auf Eiche oder Hainbuche ausgewichen werden. Von besonderer Bedeutung ist der Umbau von Fichtenreinbeständen auf nicht angepassten Standorten. Nach Feemers et al. (2003) erweist sich die Fichte auf diesen Standorten als besonders sensibel gegenüber den direkten (Wassermangel) und indirekten (Schadinsekten) Auswirkungen des Klimawandels (UBA 2005). Als Alternative für die Fichte, der am häufigsten angebauten Baumart in Deutschland, gilt die ursprünglich nicht-einheimische Douglasie. Eiche und Buche – letztere mit Abstrichen hinsichtlich des Wasserbedarfs – gelten als relativ unempfindlich gegenüber Änderungen des Klimas (Deutsche Bank Research 2007).

Auch in der Forstwirtschaft werden sich in den nächsten Jahren die klimatischen Änderungen bemerkbar machen. So dürfte die Fichte, die aufgrund ihres geraden Wuchses und schnellen Wachstums sowohl in der Forstwirtschaft als auch in der Holz verarbeitenden Industrie sehr beliebt ist, in Deutschland an Bedeutung verlieren, da sie ein feuchtes und relativ kühles Klima bevorzugt. Die Forstwirtschaft könnte in Zukunft vom staatlich begünstigten Bedeutungsgewinn der Bioenergien profitieren. Steigende Preise sind in den nächsten Jahren wahrscheinlich, da die Nachfrage nach Holz als Energieträger steigen wird und das Angebot (z. B. über Aufforstung brachliegender Flächen) nur langsam angepasst werden kann. Auch bei minderen Holzqualitäten (z. B. Sturmholz) ist ein dramatischer Preisverfall wie in früheren Jahren weniger wahrscheinlich. Schon in den letzten Jahren zogen in Deutschland aufgrund der gestiegenen Nachfrage die Preise für Brennholz an. Auch gegenüber der Holz verarbeitenden Industrie dürfte die Forstwirtschaft höhere Preise durchsetzen können. Kurzfristig ist bei hohen Holzpreisen mit einem steigenden jährlichen Einschlag, längerfristig mit einer Ausdehnung der Anbaufläche zu rechnen. In den letzten Jahren ist in Europa mehr Wald nachgewachsen als abgeholzt wurde. Den höheren Preisen auf der Verkaufsseite stehen steigende Kosten z. B. für die oben genannten Anpassungsmaßnahmen im Forstbetrieb sowie die höhere Gefahr von Sturmschäden oder Waldbränden – inklusive steigender Versicherungskosten –, sowie steigenden Kosten bei der Bekämpfung von Baumschädlingen gegenüber. Wie für die Landwirtschaft ist auch für die Forstwirtschaft denkbar, dass der Staat, der in Deutschland Eigentümer von etwa 30 % der Waldfläche ist, die Branche bei den anstehenden Aufgaben oder großen Schadensfällen unterstützt (Deutsche Bank Research 2007).

4.2.4 Tourismus

Der Tourismus und die Auswahl touristischer Reiseziele sind aufgrund der heutigen vielzähligen, diversen Reisemöglichkeiten sehr sensibel gegenüber Veränderungen in ihren Rahmenbedingungen, zu denen auch Klima und Wetter zählen. Der Tourismus hängt von Klima- und Wetterbedingungen nicht nur direkt, sondern auch indirekt ab, denn Klima und Wetter beeinflussen verschiedene für den Tourismus bedeutsame Ökosystemfunktionen. Hier spielt z. B. die Landschaftsstruktur (z. B. Vorhandensein und die Qualität von Badegewässern) aber auch der allgemeine Eindruck einer intakten Natur eine große Rolle. Der Tourismus selbst übt wiederum einen erheblichen Druck auf verschiedenen Ökosystemfunktionen aus. In Deutschland sind v. a. die Konflikte mit Naturschutzinteressen von Bedeutung, die durch Flächenverbrauch und durch intensive Nutzung sensibler Ökosysteme (z. B. Gewässer) hervorgerufen werden. Geeignete Klima- und Wetterbedingungen stellen vor allem für Urlaubsreisen wichtige Rahmenbedingungen dar. Bei den Urlaubsaktivitäten sind u. a. bestimmte Formen des Sommerurlaubs, z. B. der Badeurlaub, Urlaub auf dem Lande und der Aktivurlaub von geeigneten Klima- und Wetterbedingungen abhängig. Weniger betroffen sind Städtereisen, Rundreisen und Eventreisen. Bezogen auf alle Urlaubsreisen der Deutschen beträgt der Anteil von Reisen aus klima- bzw.

wetterbezogenen Motiven rund 22 %. Bei Tagesausflügen beträgt er sogar 56 % (Feige et al. 1999). Tourismus hat eine starke internationale Dimension und reagiert auf jede Veränderung, die den Wettbewerb zwischen verschiedenen Reisezielen verschiebt. So können neben dem Klimawandel auch noch andere Faktoren den Tourismus beeinflussen: Politische Krisen, Terrorismus, Krankheiten (z. B. SARS) und Naturkatastrophen (Tsunami in Südostasien im Dezember 2004) können negative Auswirkungen auf den Tourismus in einer Region haben und im Gegenzug andere Destinationen begünstigen. Zu den Gewinnern muss aber nicht automatisch das deutsche Inland gehören. Der bei stärkerem finanziellen Druck sowie verkürzter Reisedauer steigende empfundene emotionale Wert jedes Reisetages vermindert die Bereitschaft, Schlechtwettertage in Kauf zu nehmen. Das betrifft vor allem die Altersgruppe unter 65 Jahren (BBR 2006).

Darüber hinaus spielen wirtschaftliche Entwicklungen (Dollarkurs, Ölpreis, Wirtschaftskraft, Einkommen) und demografische Veränderungen (Bevölkerungsrückgang, Überalterung) für den Tourismus eine wichtige Rolle.

4.2.4.1 Wirtschaftliche Bedeutung des Tourismus in M-V und in der Odermündungsregion

Der Tourismus ist für ganz M-V - wie auch für die Odermündungsregion - ein bedeutender Wirtschaftszweig. Der Anteil des Gastgewerbes an der Gesamtbeschäftigung ist in keinem anderen deutschen Bundesland höher als in M-V. Der Tourismus trägt in M-V mit 8,5 % zum Volkseinkommen bei, das ist mehr als doppelt so viel als im bundesweiten Durchschnitt mit 3,8 %. Rund 130 000 Beschäftigte arbeiten direkt oder indirekt für touristische Einrichtungen und im Servicebereich, über 8 000 Jugendliche werden ausgebildet. Mit fast 15 000 Übernachtungen je 1 000 Einwohner hat das Land die mit Abstand höchste Tourismusintensität bundesweit. Steigende Gästezahlen beeinflussen nicht nur die Entwicklung des Gastgewerbes (Unterkunft, Verpflegung) positiv, sondern auch den Einzelhandel und die Bereiche Dienstleistung / Kultur (Website des Ministeriums für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus 2008).

In Ostvorpommern stellt dieser Gewerbezweig allein rund 14 % der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten. Im Landkreis Uecker-Randow, mit der südlichen Haffküste und dem Küstenhinterland, dagegen nur ca. 2,6 %. Insgesamt entwickelt sich das Gastgewerbe - trotz der allgemeinen schlechten Wirtschaftslage - verhältnismäßig positiv: Im Jahr 2004 notierten Ostvorpommern und Uecker-Randow 162 bzw. 50 Gewerbeanmeldungen, dagegen nur 116 bzw. 43 Gewerbeabmeldungen. Auch die Zahl der Insolvenzen ging leicht zurück (Jahn 2007).

Besondere touristische Anreize gehen im Wesentlichen von den Seebädern bzw. Seeheilbädern und Stränden entlang der Ostseeküste aus. Das Küstenhinterland kann dagegen - trotz der landschaftlichen Vielfalt - nur in geringem Maße vom Fremdenverkehr als Einnahmequelle profitieren. In der Odermündungsregion sind die Inseln Usedom und Wolin die Hauptzielgebiete touristischer Nutzung, gefolgt von der südlichen Haffküste um Ueckermünde. Dabei werden die höchsten Besucherzahlen in den Sommermonaten, vor allem in den Sommerferien und an Sonn- und Feiertagen registriert. Seit der Wiedervereinigung ist in der Region ein beinahe stetiger Anstieg der Gästezahlen als auch der Übernachtungen zu verzeichnen (Jahn 2007).

Allerdings hat dieses touristische Wirtschaftswachstum auch negative Folgen: Stark frequentiert werden häufig die naturräumlich besonders attraktiven Gebiete, die ihrerseits in aller Regel die ökologisch besonders wertvollen sind. Zudem ist Tourismus gekennzeichnet durch einen extrem hohen Wasserverbrauch, was lokal - insbesondere auf Inseln - zu ernsthaften Schwierigkeiten in der Trinkwasserversorgung führen kann. Dieses ist nicht etwa nur ein infrastrukturelles, ökonomisches oder versorgungstechnisches Problem, sondern unter Umständen auch der absoluten Bedarfsmenge und damit wieder ein ökologisches Problem: So kann übermäßige Wasserentnahme zur Absenkung des Grundwasserspiegels führen, wodurch nachfließendes salziges Meerwasser das gesamte Grundwasservorkommen ungenießbar machen kann. Darüber hinaus kann (schlecht

geplante) touristische Erschließung auch dazu führen, dass das alte wirtschaftliche und soziale Gefüge vor Ort stark überformt bzw. zerstört wird. Auch kann ein Anstieg des Tourismus zu einer Verdichtung des Verkehrsnetzes führen, da zur Inwertsetzung der Regionen als Tourismusdestination eine hochwertige Verkehrsanbindung zwingend erforderlich ist. Andererseits aber kann ein zu umfangreiches (bzw. schlecht geplantes) Verkehrsnetz zu Verschmutzung und Überbesiedlung beitragen und auch zur Zerstörung von Habitaten führen (Steingrube 2005).

Darüber hinaus kann die wachsende touristische Nutzung auch zur fortschreitenden Zersiedlung der Regionen durch die Errichtung touristischer Infrastrukturen aber auch durch die Zunahme des Baus von Ferienhäusern führen. Auch die Umwandlung der Nutzung bisheriger Wohnhäuser zu Ferienhäusern bzw. Zweitwohnsitzen kann zu einer Verdrängung der ursprünglichen Bevölkerung und der Zerstörung bisheriger sozialer Strukturen führen. Daneben hat eine steigende touristische Nutzung in der Regel auch steigende Preise zur Folge, was bei einkommensschwachen Regionen die lokale Bevölkerung vor wirtschaftliche Probleme stellen kann.

Die Naturlandschaft rund um das Oderhaff ist eine der klassischen Tourismuszielorte der südlichen Ostseeküste. Die Schwerpunkte des Tourismus liegen hier vor allem in den Bereichen maritimer Tourismus, Landtourismus und Gesundheitstourismus (Steingrube et al. 2006). Über zehn Millionen Gäste besuchen - vorwiegend im Sommer - die Odermündungsregion (Schernewski et al. 2005). Der Tourismus ist der ökonomische Hoffnungsträger der wenig entwickelten Gebiete an der polnischen Grenze. Hier liegt die Arbeitslosigkeit in einigen Gebieten teilweise über 20 %. Während Seebäder an der Außenküste wie Heringsdorf, Ahlbeck und Bansin bereits eine lange Tradition als Badeorte haben, bauen Ueckermünde, Mönkebude und andere haffseitig gelegene Orte ihre touristische Attraktivität erst aus. Insbesondere diese Orte sind auf eine gute Gewässer- und Strandqualität im Haff angewiesen (Schernewski 2001).

Hinsichtlich der Urlaubsaktivitäten nehmen Baden, Schwimmen und Sonnen den höchsten Stellenwert bei den Touristen ein. Wenn die meisten Touristen auch die Gewässerqualität nicht im Detail beurteilen können, so reagieren sie doch auf sichtbare Eutrophierungsfolgen, indem sie den belasteten Ort zukünftig meiden. Darüber hinaus spielen negative Pressemeldungen eine große Rolle bei der Wahl des Urlaubsortes, so dass besonders die Blüten blau-grüner Algen eine Bedrohung für den Tourismus darstellen. (Schernewski 2008)

4.2.4.2 Mögliche Folgen des Klimawandels für den Tourismus

Der Wirtschaftszweig Tourismus in der Odermündungsregion wird sowohl von den Auswirkungen des globalen Klimawandels als auch von den notwendigen Maßnahmen des Küsten- und Hochwasserschutzes betroffen sein. Dabei ist eine absolute Trennung aus heutiger Sicht nicht möglich. Demnach folgt eine Betrachtung des Tourismus bezüglich der Folgen global klimatischer Veränderungen sowie der Wechselwirkungen mit dem Küsten- und Hochwasserschutz. Je nach Grad und Ausmaß des Klimawandels kann es aus touristischer Sicht zur Verbesserung oder Verschlechterung der durchschnittlichen Wetterbedingungen kommen. Beispielsweise hätte eine Zunahme der Lufttemperatur und eine damit einhergehende Verlängerung der Saison einen positiven Effekt. Dagegen würde sich die Zunahme von Extremereignissen wie Sturmfluten und Hochwasser negativ auf die Branche auswirken.

Urlaubsregionen in nördlichen Breiten (z. B. Nord- und Ostsee) könnten möglicherweise als Urlaubsziel von höheren Temperaturen und weniger Niederschlägen in den Sommermonaten profitieren. Eine Verlängerung der Saison würde u. a. höhere Einnahmen und Arbeitsplätze bedeuten. Dies trüge wiederum zu einer positiven (wirtschaftlichen) Entwicklung der Region bei.

Demgegenüber stehen die negativen Auswirkungen des globalen Klimawandels. Neben den bestehenden Hauptferienorten sollen im Gebiet des Oderhaffs weitere Gebiete touristisch erschlossen oder gefördert und deren Beherbergungskapazitäten deutlich erweitert werden, auch mit dem Ziel als Entlastungs- und Ergänzungsgebiete zu den Hauptferienorten zu dienen.

Weiterhin wird angestrebt die vorhandenen natürlichen und kulturhistorischen Potenziale stärker zu nutzen und mit weiteren touristischen Angeboten zu ergänzen. In den Tourismusschwerpunkträumen dagegen besteht Vorrang für alle touristischen Vorhaben. Hier geht es vor allem um die Sicherung, Verbesserung und sorgsame Weiterentwicklung des Wirtschaftszweiges. An der Südküste des Stettiner Haffs soll die Qualität des Fremdenverkehrs verbessert sowie weitere Beherbergungskapazitäten und Erlebnisbereiche geschaffen werden.

Dabei gilt zu bedenken, dass bereits ein Meeresspiegelanstieg von 25 cm weit reichende Folgen für die Entwicklung des Tourismus hätte (vgl. Abb. 11 auf Seite 34). Die „Zerschneidung“ der Landschaft würde Einschränkungen in der Nutzung und Erreichbarkeit touristischer Angebote nach sich ziehen. Überflutungen großer Flächen des Oderhaffs – auch wenn diese nur temporär wären – könnten diese für touristische Nutzung bzw. Entwicklung stark einschränken. Ein Meeresspiegelanstieg würde in den Tourismusschwerpunktraum eingreifen, insbesondere die Strandbereiche an der Außen- und an der Innenküste verändern. Die Zunahme der Häufigkeit und Intensitäten von Sturmfluten und Hochwasser würde zusätzlich die Schutzbauten und die dahinter liegenden Flächen, insbesondere die Ostseebäder entlang der Außenküste gefährden. Diese im Zusammenhang bebauten Gebiete müssen laut §83 (LWaG) vom Land M-V gesichert werden. Um Hochwasser, Strandverluste und andere negative Folgen des Meeresspiegelanstiegs einzudämmen, wären daher zusätzliche Küsten- und Hochwasserschutzmaßnahmen zu ergreifen, welche über die Maße der heute vorhandenen Schutzbauten gehen würden (Lange 2006). Eine kontroverse Diskussion in Warnemünde wies aber auf, dass Schutzbauten und Tourismus nicht immer leicht vereinbar sind: Hier kam es zu Konflikten zwischen den Interessen der Tourismuswirtschaft einerseits und denen des Küstenschutz bzw. des Naturschutzes andererseits. Lokale Wirtschaftsvertreter und Tourismusverantwortliche forderten die Abtragung der Küstendünen, um den Touristen den ungetrübten Blick auf den Strand zu ermöglichen. Die Gegner dieses Vorhabens verwiesen auf die wichtige Bedeutung der Dünen für den Küstenschutz und deren ökologische Bedeutung.

Die Förderung des Tourismusschwerpunktraumes setzt vorhandene Flächen, die Infrastruktur und den Schutz vor Extremereignissen voraus. Gleichzeitig nehmen die Anforderungen durch die global klimatischen Veränderungen an die Küsten- und Hochwasserschutzbauten zu, die daher angepasst werden müssen. In den Jahren 1991 bis 2004 fielen beispielsweise 40 % der Aufwendungen für Küstenschutzmaßnahmen in M-V auf die Sandaufspülungen. Diese Maßnahmen dienen vorrangig der Stabilität der Schutzbauten. Gleichzeitig gelten breite Sandstrände als touristisch attraktiv. Mit dem ansteigenden Meeresspiegel würde die Abrasionsrate zunehmen, so dass die Kosten für Sandaufspülungen weiter steigen und nicht mehr durchgeführt werden könnten. Dies würde den Rückgang der Sandflächen an den Stränden forcieren und die Stabilität der Schutzbauten sowie die touristische Attraktivität beeinträchtigen. Daher müssen bereits heute Alternativen gefunden werden. Es bestehen Vorschläge, welche die Aufgabe der Deiche II. Ordnung um Ueckermünde und die Abriegelung des Nordbereichs der Insel Usedom beinhalten. Das Umland der Stadt Ueckermünde ist jedoch als Tourismusedwicklungsraum vorgesehen, der bei Durchführung dieser Maßnahmen aufgrund der zunehmenden Gefährdung durch Hochwasserereignisse seine Attraktivität verlieren würde. Demnach wäre eine weiterführende Entwicklung des Tourismus in diesem Gebiet nicht möglich (Lange 2006).

Der Nordbereich der Insel Usedom ist ebenfalls als Tourismusedwicklungsraum beschrieben und beinhaltet einen Schwerpunkt des Kultur- und Städtetourismus. Im Falle einer großen Sturmflut könnte dieser Bereich - abhängig vom jeweiligen Szenario - komplett überschwemmt werden. Neben möglichen Personen- oder Sachschäden wäre auch die Denkmallandschaft als Sehenswürdigkeit gefährdet. Die potenziell gefährdeten Flächen betreffen ebenfalls die Naturschutzgebiete der Region. Als Träger wichtiger Erholungsfunktionen sind sie auch für die Erhaltung und die Entwicklung des Tourismus überaus bedeutend. Vor allem die Feuchtbiopte, wie beispielsweise der Gothensee auf Usedom und das Peenetal-Moor, wären vom

Meeresspiegelanstieg betroffene bzw. überflutungsgefährdete Flächen. Demzufolge müsste mit Veränderungen dieser Biotope und ihrer Biodiversität gerechnet werden. So gehen ökologisch wertvolle Moore bei Überflutung verloren und stehen somit als Lebens- und Erholungsraum nicht mehr zur Verfügung. Gleichzeitig würden zahlreiche Arten, wie z. B. bestimmte Vögel, als Bestandteil des Ökosystems, aber auch als touristische Attraktion (Naturschauspiel Vogelzug) verschwinden. Andererseits könnten sich durch den Wandel und in Abhängigkeit der Schutzmaßnahmen parallel neue Biotope mit anderer Charakteristik und Biodiversität entwickeln. Diese Möglichkeit und deren Auswirkung auf den Tourismus lassen sich aber nicht einschätzen. Anzunehmen ist, dass sich die Küsten- und Hochwasserschutzmaßnahmen aus Kostengründen zukünftig auf die im Zusammenhang bebauten Gebiete konzentrieren werden. Die touristische Infrastruktur in den Ortschaften wäre somit nicht gefährdet. Jedoch könnte die zukünftige Entwicklung des Tourismus (z. B. Bau von Beherbergungsstätten) im Umland eingeschränkt sein. Zusätzlich würden sich das naturräumliche Potenzial der Landschaft und die Zugänglichkeit bei dauerhaft überfluteten Flächen verändern. Der eventuelle Verlust an Stränden, Aktivitätenräumen, Grund und Boden und sonstigen Eigentumswerten würde sich auf die touristischen Umsätze, die Arbeitsplätze und letztlich auf das Steueraufkommen der Region auswirken (Lange 2006).

Neben diesen oben genannten möglichen Folgen des Klimawandels könnten auch direkte negative Auswirkungen auf den menschlichen Organismus als unmittelbare Folge von Klima- und Wetteränderungen auftreten. Sowohl Hitzewellen wie extreme Kälte können zu einer erhöhten Sterblichkeit wie zu vermehrten Krankheiten führen, aber auch allmähliche Veränderungen von Durchschnittstemperaturen wirken sich auf das körperliche Wohlbefinden aus. Wetterextreme und deren Folgen wie Dürren, Stürme, Sturmfluten oder Überschwemmungen können das Leben und die Gesundheit vieler Menschen bedrohen. Die wichtigste direkte Auswirkung ist die Belastung des menschlichen Organismus durch Hitze, die bis zum Tode führen kann. Betroffen ist v. a. das Herz- und Kreislaufsystem. Ein Beispiel hierfür ist die Hitzewelle 2003, die in Deutschland vermutlich zu ca. 7 000 Todesfällen führte. In anderen europäischen Ländern lag die Zahl der Todesfälle erheblich höher. Auf indirektem Wege üben Klimaänderungen durch Krankheitsüberträger wie Stechmücken, Zecken oder Nagetiere, deren Verbreitungsgebiete, Population oder Infektionspotenzial von klimatischen Bedingungen abhängig ist, einen Einfluss auf den Menschen aus. Es wird erwartet, dass eine Erhöhung von Temperatur und Feuchtigkeit die Lebensbedingungen der meisten Krankheitsüberträger verbessert und damit die regionale Verbreitung und das saisonale Vorkommen vieler vektorbedingten Krankheiten begünstigt. In Mittel- und Nordeuropa spielen als klimaabhängige Vektor-Krankheit vor allem die durch Zecken übertragene Meningoenzephalitis (FSME = Frühsommer-Meningo-Enzephalitis) und die Lyme-Borreliose eine wichtige Rolle. Außerdem können eine verstärkte klimabedingte Luftbelastung, die Zunahme von Allergenen, die Verfügbarkeit von sauberem Wasser und von Nahrungsmitteln die menschliche Gesundheit beeinflussen (McMichael et al. 2003).

Eine weitere mögliche indirekte Folge stellt die vermehrte Blüte von Blaualgen (Cyanobakterien) in den Flüssen, Seen und der Nord- und Ostsee dar. Die Blüte von einigen Blaualgen ist mit der Bildung von toxischen Stoffen verbunden, die sich negativ auf die Gesundheit auswirken könnten. Auch die Qualität von Nahrungsmitteln kann gefährdet sein, z. B. durch vermehrten Befall mit Salmonellen als Folge steigender Temperaturen. Fachgerechte Lagerung und Vertrieb der Nahrungsmittel können dem allerdings entgegenwirken. Von den Auswirkungen des Klimawandels auf die Gesundheit sind besonders Personen betroffen, die bereits gesundheitlich vorbelastet sind. Das betrifft insbesondere alte und geschwächte Personen. Auch Kinder können eine besondere Anfälligkeit zeigen. Weiterhin verstärken soziale Faktoren wie ein mangelnder Zugang zu Informationen und materiellen Gütern oder eine fehlende soziale Eingebundenheit die Vulnerabilität von Personen gegenüber den negativen Auswirkungen des Klimawandels auf die Gesundheit (UBA 2005).

4.2.4.3 Mögliche Folgen politischer, sozialer und ökonomischer Veränderungen für den Tourismus

4.2.4.3.1 Demografischer Wandel

Hinsichtlich der touristischen Nachfrage in den neuen Bundesländern ist die Bevölkerungsentwicklung innerhalb dieser Gebiete von besonderer Bedeutung, da viele Gäste aus der Region kommen. Es wird in den neuen Bundesländern ein starker Bevölkerungsrückgang erwartet. Parallel dazu wird sich die Alterstruktur der Bevölkerung deutlich verändern (vgl. Kapitel 3.2.1). Sollte die aktuelle Entwicklung anhalten, wird erwartet, dass in den neuen Bundesländern 2020 etwa 2,3 Millionen Menschen weniger im erwerbsfähigen Alter leben werden als 2004. Im Gegensatz dazu wird sich die Zahl der über 65jährigen um fast eine Million erhöhen. In der Gruppe der Personen zwischen 15 und 65 Jahren nimmt die Zahl der 50 bis 60jährigen zu, während die Anzahl der Menschen unter 40 Jahren abnimmt. Diese Veränderungen wirken sich auf die touristische Nachfrage aus, da die ältere Bevölkerung im Allgemeinen eine geringere Reiseintensität sowohl bei Übernachtungen als auch bei Tagesausflügen aufweist (BBR 2006).

Aufgrund des demografischen Wandels ist mit folgenden Konsequenzen für die Nachfrageentwicklung zu rechnen: Die wachsende Gruppe der über 65jährigen reist insgesamt weniger als die jüngere Bevölkerung, allerdings reist diese Bevölkerungsgruppe im Vergleich zu den Jüngeren häufiger innerhalb Deutschlands. Im Jahr 2004 betrug dieser prozentuelle Anteil der Inlandreisen bei über 65-jährigen etwa 40-50 % aller getätigten Reisen, bei den unter 65jährigen lag dieser Anteil dagegen nur bei 30-35 % (BBR 2006).

Tab. 10: Entwicklung der Reiseintensität mit zunehmenden Alter. Quelle BBR 2006

	Entwicklung der Reiseintensität (Inland und Ausland)								
	2000			2002			2004		
	15-65 Jahre	>65 Jahre	zusammen	15-65 Jahre	>65 Jahre	zusammen	15-65 Jahre	>65 Jahre	zusammen
Bevölkerung (Mio.)	55,79	13,69	69,48	55,68	14,44	70,12	55,43	14,20	69,62
Zahl der Urlaubsreisenden* (Mio.)	45,70	7,8	53,5	39,0	7,6	46,4	38,7	6,1	44,8
Reiseintensität (%)	81,9	57,0	77,0	70,0	52,6	66,2	69,8	43,0	54,3
* über 15 Jahre; Übernachtungsreisen ab 4 Übernachtungen									
Angaben nach Altersgruppen teilweise mit Standardabweichungen zwischen 10 und 20 %!									

Bei der Annahme einer rückläufigen Bevölkerungsentwicklung und konstantem Reiseverhalten prognostiziert das BBR (2006) für 2020 eine Abnahme der Übernachtungen von Inlandsgästen in M-V um 5,1 % (im Vergleich zu 2004). Auch die Zahl der Reisetage wird sich um 9,2 % verringern. Da Tagesausflüge zu über 90 % aus der Region selbst generiert werden ist die prognostizierte Abnahme hier mit 11,2 % sogar noch größer (siehe Tab. 10).

Tab. 11: Reisevolumen in M-V 2004 bis 2020 unter Einfluss der demografischen Entwicklung bei konstantem Reiseverhalten. Quelle BBR 2006

Gäste	2004			2020			Veränderungen 2020 zu 2004		
	Inlands-gäste Übernachtungen (x1000)	Inlands Tagesausflüge (x1000)	Inlands Reisetage (x1000)	Inlands-gäste Übernachtungen (x1000)	Inlands Tagesausflüge (x1000)	Inlands Reisetage (x1000)	Inlands-gäste Übernachtungen (%)	Inlands Tagesausflüge (%)	Inlands Reisetage (%)
M-V	30336	61800	92136	28791	54862	83653	-5,1	-11,2	-9,2

Die negative Bevölkerungsentwicklung ist der größte Nachteil für die Entwicklung des ländlichen Tourismus. Nicht nur die allgemeine Abnahme der Bevölkerung allein wirkt sich negativ aus, vor allem die jungen, gut ausgebildeten Menschen wandern ab. Für den Tourismus hat das weit reichende Folgen: Mit dem Rückgang der Einwohnerzahl in einer Tourismusregion verringert sich auch bei gleich bleibender verkehrsinfrastruktureller Erreichbarkeit das Tagesgästepotenzial, da sich diese zu über 90 % aus Bewohnern der Region zusammensetzt.

Aber gerade die Gäste aus der eigenen Region tragen in nachfrageschwachen Zeiten (Nebensaison) maßgeblich zur Grundaustlastung der touristischen Infrastruktur bei. Durch die Abwanderung von jungen, gut qualifizierten Bevölkerungsteilen verringert sich das Angebot an qualifizierten Tourismusbeschäftigten aus der Region. Verbunden mit der Abnahme der Bevölkerung ziehen sich häufig Dienstleistungsbetriebe aus der Fläche zurück. Dadurch wird das Dienstleistungsspektrum geringer und das Angebot eines qualitativ hochwertigen Tourismus ist schwerer umzusetzen. In den ländlichen schwach strukturierten Gebieten sinkt die Kaufkraft der Bevölkerung. Das kann dazu führen, dass Waren und Dienstleistungen (u. a. auch Gastronomie) des höheren und hochwertigen Bedarfs aufgrund allgemein sinkender Nachfrage auch in zentralen Orten nicht mehr im üblichen Maß angeboten werden. Aber gerade dieses Angebot wird sowohl von Touristen als auch von höher qualifizierten Beschäftigten im Tourismusgewerbe nachgefragt. Eine Region, die durch Abwanderung und Überalterung gekennzeichnet ist, beeinträchtigt zudem ihr touristisches Image. Starke Ungleichgewichte in der Altersstruktur einer Region können bewirken, dass sich das kulturelle Angebot zu stark an einer Altersstruktur ausrichtet. Aber gerade in den durch Naturtourismus geprägten Gebieten hat das kulturelle Angebot als Alternative bei schlechtem Wetter einen hohen Stellenwert. Einseitig auf Menschen einer bestimmten Altersgruppe ausgerichtete kulturelle Angebote werden allerdings nur wenigen touristischen Zielgruppen gerecht. Hinzu kommt, dass die Tourismusunternehmen auch in hochattraktiven ostdeutschen Tourismusregionen deutlich schlechter als in westdeutschen Gebieten sowie in Städten zahlen. Das bewirkt eine hohe Fluktuation der im Tourismus Beschäftigten, mit negativen Folgen für die Servicequalität (BBR 2006).

4.2.4.3.2 Entwicklung des Einkommen und der Einkommensverwendung

Betrachtet man die touristische Nachfrage ohne den Tagestourismus zu berücksichtigen, so ist die Übernachtungsintensität ein geeigneter Indikator. In der Entwicklung der Übernachtungsintensität lassen sich Veränderungen der Reiseintensität (Reisende/Einwohner), des Inlandanteils an den Reisen (Inlandsreisen/Reisender) und der mittleren Reisedauer (Inlandsübernachtungen/Inlandsreisen) erkennen. Für die Wahl des Urlaubsortes ist die Reisedauer wesentlich. Während Urlaubsreisen (ab vier Übernachtungen) nur zu 27 % im Inland stattfinden, beträgt der Inlandsanteil bei Kurzreisen 83 % und bei Tagesausflügen sogar 95 % (BBR 2006).

Ob eine Reise angetreten wird und wie lange diese dann ist, hängt stark von dem zur Verfügung stehenden Kapital ab. Abb. 15 weist den Zusammenhang zwischen der Entwicklung des zur Verfügung stehenden Einkommens und der Übernachtungsintensität auf. Ein gleiches Ergebnis zeigte die Studie „Tourismusanalyse 2005“ des BAT. Freizeitforschungsinstitutes. Dabei gaben knapp 60 % aller Befragten mit einem Haushaltsnettoeinkommen über 2 500 Euro an, eine Urlaubsreise zu planen, dagegen taten dies nur 26,5 % der Haushalte mit einem Haushaltsnettoeinkommen unter 1 500 Euro. Auch die Häufigkeit der getätigten Tagesausflüge ist abhängig vom Einkommen. Eine Studie des DWIF (Maschke 2005) zu Tagesreisen ergab eine kontinuierliche Erhöhung der Tagesreiseintensität mit dem Einkommen.

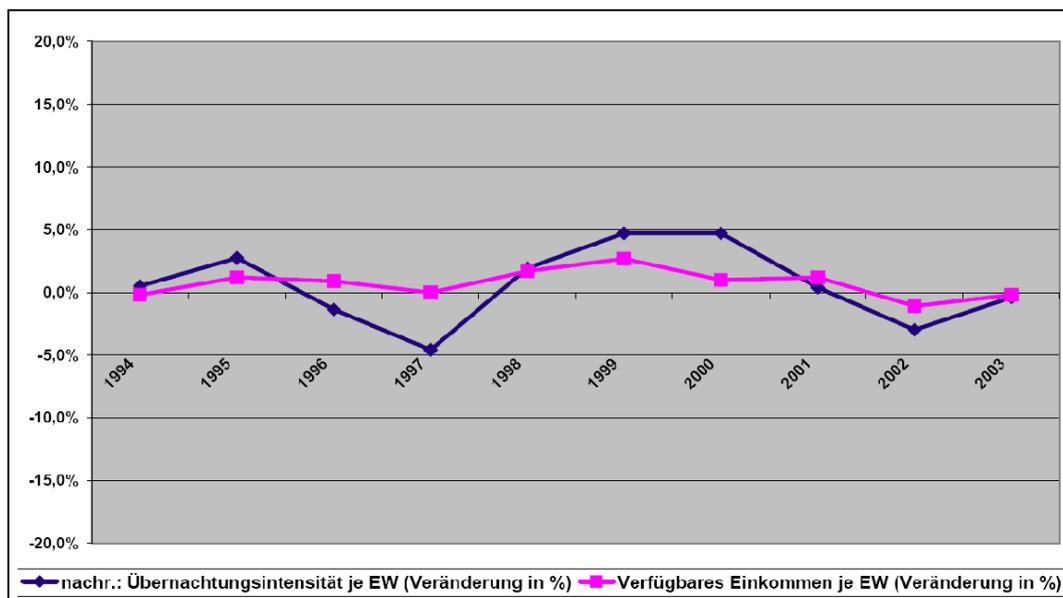


Abb. 15: Veränderung der Übernachtungsintensität und des verfügbaren Einkommens in Deutschland 1994 bis 2003. Quelle BBR 2006

Stagnierende oder sogar sinkende Einkommen führen zu einer Verkürzung der Reisedauer, Wahl von preiswerteren Urlaubszielen, Anbietern und Urlaubsformen, weniger Reisen und kürzeren Reisewegen. Dieses haben Reiseverhaltensbefragungen bestätigt (BBR 2006).

Die Armut nahm in den neuen Bundesländern seit 1996 zu. Neben der hohen Altersarbeitslosigkeit ist auch eine geringe Verfügbarkeit von angesparten Vermögen zu berücksichtigen. Der hohe Anteil von Einkommensarmut in den neuen Bundesländern bei der Bevölkerungsgruppe im Alter zwischen 40 und 50 Jahren weist auf einen Trend anhaltender Altersarmut hin. In den neuen Bundesländern entstehen größere Bevölkerungsgruppen, für die eine jährliche Urlaubsreise eine Ausnahme darstellt. Es ist damit zu rechnen, dass sich das Verhältnis der Alterseinkommen zum durchschnittlichen Einkommen langfristig verschlechtert (BBR 2006). Dieses wird auch Auswirkungen auf die Häufigkeit von Kurz- und Tagesreisen haben.

In manchen Publikationen wird die Zunahme der Älteren an der Gesamtbevölkerung als Chance für den Tourismus bewertet. Als Argument wird das angesparte verfügbare Kapital dieser Altersgruppe genannt. Dabei ist aber zu berücksichtigen, dass dieses verfügbare Kapital der Älteren in den neuen Bundesländern bei weitem noch nicht das Niveau Westdeutschlands erreicht hat, so dass hier der Ausgabenspielraum begrenzt ist. Auch konzentrieren sich die höheren Vermögenswerte auf einen geringen Bevölkerungsanteil, der auch derzeit schon eine hohe Reisetätigkeit aufweist. Des Weiteren wird eine höhere Konsumquote der über 65jährigen als eine zu erwartende touristische Marktchance genannt. Jedoch muss man berücksichtigen, dass bei verringertem Einkommen die Aufrechterhaltung des bisherigen Lebensstils einen höheren Anteil der Konsumausgaben am Gesamteinkommen nach sich zieht. Eine Steigerung der Konsumfreudigkeit ist aber damit nicht verbunden (BBR 2006).

Allgemein lässt sich festhalten, dass in Deutschland in Zukunft eher mit einem geringen (vielleicht sogar negativen) Wachstum der verfügbaren Einkommen zu rechnen ist. Daneben werden aber die Anteile der Ausgaben für Gesundheit, Bildung und Energie an den privaten Konsumausgaben steigen. Darüber hinaus wird sich der Trend der Privatisierung sozialer Risiken fortsetzen, was sich heute schon an den wachsenden Ausgaben für private Altersvorsorgen zeigt (BBR 2006). Der Kostendruck begünstigt im Prinzip Inlandsreisen führt aber auch zu einer allgemeinen Verringerung der Reisetätigkeit und der Übernachtungsdauer. Übernachtungsreisen werden wesentlich weniger getätigt und nur teilweise durch Tagesausflüge ersetzt. In den neuen

Bundesländern wird die Zahl der Erwerbstätigen weiter sinken. Bevölkerungsrückgang, Arbeitslosigkeit und Überalterung in Verbindung mit abnehmendem finanziellem Spielraum bewirken eine sinkende Reisetätigkeit in allen Altersgruppen. Sollte die Einkommensentwicklung bzw. der Anteil des zur Verfügung stehenden Kapitals den aktuellen Trend beibehalten, so ist insgesamt nicht davon auszugehen, dass die (inländische) touristische Nachfrage in den neuen Bundesländern ihr Niveau halten wird (BBR 2006).

4.2.4.3.3 Kürze der Saison

Die relative Kürze der Saison ist als ein erschwerender Faktor hinsichtlich der Entwicklung des ländlichen Tourismus zu nennen. Wie die meisten anderen wassertouristisch ausgerichteten Räume Ostdeutschland ist auch die Odermündung stark auf die Hauptsaison ausgerichtet. Aufgrund der für eine ganzjährig wirtschaftlich lohnende Tätigkeit fehlenden Nachfrage durch die ansässige Bevölkerung stellen viele Unternehmen ihr Personal nur während der Hauptsaison ein. Dadurch wird die Fluktuation der Beschäftigten erhöht, was wiederum qualitative Einbußen nach sich ziehen kann.

Aufgrund der geringeren Bevölkerungsdichte (und der prognostizierten demografischen Entwicklung) besteht nur wenig Möglichkeit den Tagestourismus auszubauen. Der Ballungsraum Berlin liegt etwa drei Autostunden und etwa drei bis vier Zugstunden entfernt – eine zu große Entfernung für Tagestouristen. Ob sich ein Markt in Polen für Tagestourismus in Deutschland entwickeln kann, hängt – neben anderen Faktoren – sehr stark von den wirtschaftlichen Entwicklungen in beiden Ländern (Einkommens- und Preisentwicklung) ab und kann daher nicht abgeschätzt werden.

4.3 Verkehr

Im Raum der Odermündung besteht ein unterschiedlich dichtes Netz von Straßen. Wichtige überregionale Verbindung im Straßennetz der Odermündungsregion sind die Autobahnen A 20, die den Odermündungsraum mit dem Westen (in Richtung Lübeck) verbindet und die A 11 in Richtung Berlin. Endpunkt der Autobahnen ist jeweils Szczecin. Das Fernstraßennetz, d. h. Bundesstraßen und Europastraßen ist auf deutschem Gebiet dichter als auf der polnischen Seite. Die Bundesstraße B 109 verbindet die Städte Greifswald und Anklam, die B 110 Świnoujście und Anklam und die B 111 Świnoujście und Ahlbeck. Das Netz der übrigen Straßen ist hingegen auf deutscher und polnischer Seite ähnlich dicht, wenn auch auf polnischem Gebiet in weitaus schlechterem Zustand.

Aufgrund der Grenzbeziehung zwischen Polen und Deutschland in der Odermündungsregion und der ständigen Verkehrszunahme stehen die bereits angeführten Straßenverkehrswege unter einem verstärkten Belastungsdruck. Besonders die Bundesstraße B 111 zwischen Wolgast und Ahlbeck und die B 110 zwischen Anklam, der Stadt Usedom und Ahlbeck werden stark frequentiert. Vor allem in der Haupturlaubszeit ist das Straßennetz schnell überlastet und kann den Ansprüchen nicht genügen.

Um diesen Belastungsdruck ein wenig umzuverteilen und ein verbessertes Verkehrsnetz anbieten zu können, wird seit einigen Jahren der Bau einer ständigen, festen Querung des Swine-Flusses in Świnoujście diskutiert. Möglich wäre entweder der Bau eines Tunnels oder einer Hochbrücke zwischen den Inseln Usedom und Wolin. Auch eine Verbreiterung und der Umbau der Straße Nr. 3 durch den Woliner Nationalpark wurde 2005 geplant, um eine verbesserte Verkehrsverbindung zwischen Świnoujście und Szczecin zu erzielen (Löser & Sekscinska 2005).

Auf den Schienen ist die Odermündungsregion gut in das europäische Eisenbahnnetz eingebunden. Es besteht u. a. ein Schienennetz zwischen Berlin - Pasewalk, Anklam - Greifswald - Stralsund und

Hamburg - Neubrandenburg - Pasewalk - Szczecin. Durch die Usedomer Bäderbahn sind auf der Insel Usedom alle wichtigen Ferienorte bis zur polnischen Grenze, sowie um das große Haff herum miteinander verbunden.

Der Luftverkehr in der Grenzregion beschränkt sich bislang größtenteils auf regionale Flugverbindungen. „Internationale Flugverbindungen bestehen nur über die Flughäfen Szczecin/Goleniow (bietet ganzjährig und fast täglich Verbindungen in andere Städte Europas wie z.B. London, Oslo, Warschau, Dublin, Bristo, Liverpool) und der Flugplatz Heringsdorf (Garz), dieser bietet Flüge aber nur im Zeitraum von Ende April bis Anfang Oktober an (Flüge nur am Wochenende nach Bremen, Dortmund, München, Zürich etc.). Im direkten Umfeld der Region befinden sich jedoch weitere größere Flughäfen mit internationalen Verbindungen wie Berlin und Poznan (Löser & Sekscinska 2005).

Im Grenzgebiet der Odermündungsregion kommt auf der polnischen Seite der Stadt Szczecin eine bedeutende Rolle als Verkehrsknotenpunkt zu. Zum einen ist Szczecin ein wichtiger Knotenpunkt des Eisenbahn-, Straßen- und Flugverkehrs; zum anderen zusammen mit den Städten Świnoujście und Police wichtig für die Hochsee-, Küsten- und Binnenschifffahrt. Darüber hinaus stellt Szczecin aufgrund der Verkehrsachse Berlin - Szczecin ein Zentrum der internationalen und grenzüberschreitenden Zusammenarbeit dar.

In der Odermündungsregion kommt dem Tourismus, der Fischerei, Land- und Forstwirtschaft eine bedeutende wirtschaftliche Rolle zu. Daneben zählt aber auch die Schifffahrt zu den wichtigen Nutzungen in der Region. Der Transport von Gütern und Personen auf dem Wasser spielt in der Region der Odermündung bereits seit dem 18. Jahrhundert eine wichtige Rolle.

Das Wasserstraßennetz der Odermündungsregion wird durch den Fluss Oder, das Stettiner Haff und die Nebengewässer und die Ostsee bestimmt. Auf dem Stettiner Haff mit seinen angrenzenden Fahrwässern kam es im Jahr 2005 nach Löser & Sekscinska (2005) zu folgenden Schifffahrtsaufkommen: 3 872 Passagierschiffe, 1 107 Frachtschiffe, 180 Werftschiffe, 6 000 Fischereifahrzeuge und ca. 3 500 Freizeitboote.

Der Hafen Szczecin stellt einen der bedeutendsten Umschlagplätze zwischen der Ostsee (Baltische Staaten) und den Binnengewässern Deutschlands, Polens, Osteuropas und Russlands dar. Der Schiffsverkehr zwischen dem Stettiner Haff und der Pommerschen Bucht führt durch den Piastowski-Kanal. Der Piastowski-Kanal ist eine 12,5 m tiefe Schifffahrtsrinne, die durch den schmalen Mündungsarm Swine führt. Um die Schiffbarkeit in diesem Kanal gewährleisten zu können, werden regelmäßig Ausbaggerungen durchgeführt.

Aufgrund der Wechselwirkung zwischen Schifffahrt und dem Gewässersystem Odermündung übt die Nutzung der Odermündung als Schifffahrtsstraße einen starken Druck auf das ökologische Gleichgewicht des Oderästuars aus. Besonders technische Baumaßnahmen, die die Schiffbarkeit der Odermündung gewährleisten sollen, belasten das Gewässersystem.

Die Schifffahrt an sich und die Baggerarbeiten im Fahrwasser und im Schifffahrtskanal wirken sich auf die hydrodynamischen Gegebenheiten aus, d. h. sie beeinflussen die Strömung, die Sauerstoffverhältnisse und die Lebensräume des Zoobenthos - sowohl in der Pommerschen Bucht, als auch im Oderhaff und in der Oder selbst. Daneben begünstigt die Schifffahrt die Einwanderung neuer Arten (Neozoen) in das Odermündungsgebiet und verursacht damit zum Teil erhebliche ökologische Gleichgewichtsstörungen.

4.3.1 Auswirkungen des Klimawandels auf den Bereich Verkehr

Der Straßenverkehr wird im Winter durch Schneefall, Eis, Nebel oder Hagel behindert. Die Folgen sind ein geringeres Fahrtempo, Stau und eine Erhöhung der Unfallzahlen. Darüber hinaus trägt Frost zu Schäden an Straßen und Brücken bei. Diese negativen Folgen könnten sich aufgrund der durch den Klimawandel bedingten Temperatursteigerungen abschwächen. Starke Niederschläge

können jedoch zu Überschwemmungen, Unterspülungen und Rutschungen führen, die kurzfristige Blockierungen im Verkehr bewirken und die Verkehrsinfrastruktur dauerhaft schädigen können. Auch andere Extremereignisse wie Stürme und Hagel können große Schäden v. a. an Fahrzeugen anrichten. Diese Ereignisse könnten sich im Falle der Zunahme von Starkregenwetterlagen und Stürmen häufen. Hitzewellen in den Sommermonaten beeinträchtigen die Konzentration der Fahrzeuglenker und können so ebenfalls zu einer Erhöhung der Unfallzahlen führen. Laut einer Studie der Bundesanstalt für Straßenwesen (Arminger et al. 1995) steigen die Unfallzahlen bei Fahrzeuginnenraumtemperaturen von über 32 °C um 13 % im Außerortverkehr und um 22 % im Stadtverkehr. Bei extremen Temperaturen von über 37 °C wurde sogar eine Zunahme der Unfälle um 33 % festgestellt. Zudem führen hohe Temperaturen zu Schäden (z. B. Spurrillen, Buckel) am Straßenbelag (UBA 2005). Aufgrund der steigenden Temperaturen muss in Zukunft vermehrt mit solchen Folgen gerechnet werden.

Der Bahnverkehr ist weniger als der Straßenverkehr vom Wetter abhängig und damit auch weniger den klimatischen Folgen des Klimawandels ausgesetzt. Im Winter ist der Bahnverkehr v. a. durch Vereisungen der Stromversorgung beeinträchtigt. Die Wahrscheinlichkeit für diese Beeinträchtigung wird durch den Klimawandel in Zukunft eher geringer. Im Sommer spielen hinsichtlich des Bahnverkehrs insbesondere Wetterextreme eine Rolle. Dazu gehören Schäden an Oberleitungen durch Stürme bzw. durch von Stürmen umgeknickte Bäume, Unterspülungen von Gleisen durch starke Niederschläge und Hochwasserereignisse sowie Schäden an Schienen bei extremer Hitze (UBA 2005). Durch den Orkan Kyrill 2007 kam der Schienenverkehr in Deutschland zeitweise vollständig zum Erliegen (Deutsche Bank Research 2007).

Sowohl die Sicherheit als auch die Effizienz des Luftverkehrs wird durch das Wetter beeinflusst. Sensitivitäten bestehen v. a. für Gewitter, Starkwinde, Dunst, Nebel, Regen, Schnee und Eis am Boden und in der Luft. Winterliche Wetterverhältnisse auf Flughäfen sind häufig die Ursache von Verspätungen oder potenziellen Gefahrensituationen (Hauf et al., 2004). Diesen Gefahren wird auf allen größeren Verkehrsflughäfen in Deutschland über ein komplexes System an Winterdienstprozeduren begegnet (UBA 2005). Während durch den Klimawandel die Gefährdung durch winterliche Wetterverhältnisse abnehmen dürfte, könnten die Auswirkungen v. a. durch Gewitter, Starkwinde und -regen zunehmen. So sorgte der Orkan Kyrill Anfang 2007 für eine Vielzahl von Flugausfällen in Europa (Deutsche Bank Research 2007).

Mit durchschnittlich etwa 5 % pro Jahr wächst der globale Luftverkehr auch in Zukunft besonders dynamisch. Die Emissionen aus diesem Sektor weisen zudem eine höhere Klimaschädlichkeit auf, da sie in großer Höhe ausgestoßen werden. Daher mehrten sich in der EU die Stimmen, den Luftverkehr ab 2011 in den EU-Emissionshandel einzubeziehen. Zwar können heute noch keine Aussagen über konkrete Belastungen des Luftverkehrs getroffen werden, es scheint jedoch sicher zu sein, dass der Verkehrsträger von politischer Seite verteuert werden soll (Deutsche Bank Research 2007).

Auch die Schifffahrt wird im Winter durch Frost und Eis negativ beeinflusst. Vereisungen behindern den Schiffsverkehr und machen z. T. den Einsatz von Eisbrechern notwendig. In strengen Wintern kann der Schiffsverkehr auch völlig zum Erliegen kommen. Da die meisten Klimamodelle jedoch von einer Erhöhung der Temperaturen v. a. in den Wintermonaten und damit von einer Abnahme der Vereisung ausgehen, werden sich diesbezüglich die Voraussetzungen für die Schifffahrt eher verbessern. Auf der anderen Seite jedoch steigt das Risiko von Schäden infolge der Zunahme der Häufigkeit und Intensität von Extremwetterlagen. Weiterhin können Seehäfen und die Schifffahrt in Küstengewässern vom Meeresspiegelanstieg betroffen sein. Von Bedeutung ist darüber hinaus der Einfluss des Klimas auf die Wasserstände der Flüsse. Bei Hochwasser muss die Binnenschifffahrt oft beschränkt oder eingestellt werden, da die hohe Strömungsgeschwindigkeit die Sicherheit der Schiffe gefährdet oder weil der durch die Schiffe verursachte Wellenschlag für die überschwemmten Flächen nicht zumutbar wäre. Während trockener Perioden können die Pegelstände unter ein kritisches Niveau sinken, so dass die

Abladetiefen der Frachtschiffe nicht mehr gewährleistet werden können (UBA 2005). So führte der Jahrhundertssommer 2003 zu niedrigen Wasserpegeln auf wichtigen Schifffahrtswegen wie dem Rhein. Dadurch sank die Verkehrsleistung der Binnenschifffahrt in Deutschland im Gesamtjahr 2003 um über 9 %. Bei niedrigen Wasserständen muss die Zuladung reduziert werden, was höhere Kosten pro Ladungseinheit verursacht (Deutsche Bank Research 2007). Von klimabedingten Pegelschwankungen sind vor allem die frei fließenden Flüsse betroffen. In regulierten Flüssen können Pegelschwankungen durch Stauhaltung in gewissem Rahmen abgepuffert werden (UBA 2005).

4.3.2 Mögliche Folgen politisch-ökonomischer Veränderungen für den Bereich Verkehr

Die politischen Maßnahmen sind häufig eine Folge von internationalen Abkommen und Vereinbarungen, die getroffen wurden um die Folgen des Klimawandels abzuschwächen.

Der Straßenverkehr, der mit Abstand wichtigste Verkehrsträger, legt stetig zu. Dies gilt insbesondere für den grenzüberschreitenden Güterverkehr. Der Verkehrssektor zählt zu den Branchen, in denen in den nächsten Jahren mit den stärksten regulatorischen Maßnahmen zu rechnen ist. Die stetige Expansion des Verkehrssektors begründet den Handlungsbedarf für die Politik. Die politischen Maßnahmen werden darauf abzielen die Mobilität zu verteuern und so das Wachstum der Verkehrsnachfrage zu bremsen. Als wahrscheinlich ist die Erhöhung der Steuern auf Kraftstoffe und die Einführung von (höheren) Straßennutzungsgebühren (Maut) für Lkw und Pkw einzustufen (Deutsche Bank Research 2007). Ziel dieser Politik wird sein, die straßengebundene Mobilität durch Kostendruck stark zu minimieren.

Der Schienenverkehr könnte zu den großen Profiteuren etwaiger umweltpolitischer Maßnahmen im Verkehrssektor zählen. Derzeit wird z. B. über einen verminderten Mehrwertsteuersatz für Schienenverkehre nachgedacht. Ausnahmen von der Ökosteuer sind mittelfristig ebenfalls denkbar. Der gesamte Verkehrsträger würde in Europa einen Schub erfahren, wenn der Wettbewerb auf der Schiene rasch intensiviert würde und mehr neue Unternehmen in den Markt eindringen könnten. Auch Maßnahmen zur Verbesserung der Interoperabilität im europäischen Schienenverkehr würden die Attraktivität der Schiene erheblich steigern (Deutsche Bank Research 2007).

Die internationale Seeschifffahrt wickelt den mit Abstand größten Teil von Gütertransporten auf sehr langen Distanzen ab. Sie stand bislang – im Gegensatz zum globalen Luftverkehr – kaum im Fokus der Klimadebatte, obwohl die Treibhausgasemissionen in beiden Bereichen in etwa gleich hoch sind. Zudem kommen in der Seeschifffahrt oftmals minderwertige Kraftstoffe zum Einsatz (Schweröle mit hohem Schwefelgehalt), die noch dazu grundsätzlich weitgehend von Steuern befreit sind. Einzelne Sparten der Seeschifffahrt haben sehr hohe Wachstumsraten. So dürfte die Containerschifffahrt weltweit bis zur Mitte des nächsten Jahrzehnts um knapp 10 % pro Jahr expandieren. Konsequenterweise müssten also auch hier politische Maßnahmen ansetzen. In Europa gibt es erste Überlegungen, auch die Seeschifffahrt in den Emissionshandel einzubeziehen. Schärfere Auflagen hinsichtlich der Effizienz der Schiffsmotoren sind ebenfalls denkbar (Deutsche Bank Research 2007).

Die verkehrsträgerübergreifende Planung findet in Deutschland ihren Ausdruck in Bundesverkehrswegeplänen (BVWP). Die werden jeweils für einen überschaubaren Zeitraum von 10 bis 15 Jahren von der Bundesregierung aufgestellt. Der aktuelle BVWP 2003 umfasst den Zeitraum 2001 bis 2015. Die Prognose des BVWP 2003 geht für den Zeitraum 1997 bis 2015 von massiven Steigerungen der Verkehrsleistungen im Güterverkehr um 64 % und im Personenverkehr um 20 % aus (Website der Bundesregierung (a) 2008).

Auch für den Zeithorizont bis 2050 zeichnet sich ähnliches ab: Die Güterverkehrsleistung insgesamt wird sich bis dahin mehr als verdoppeln. Der Anteil der Güterverkehrsleistung wird auf

der Straße gegenüber heute um zwei Prozentpunkte auf 72 % zunehmen. Die Straße wird also auch in der langfristigen Perspektive die Hauptlast des Güterverkehrs tragen.

Auch beim Personenverkehr wird deutschlandweit der Anteil des Straßenverkehrs am gesamten Personenverkehr bis 2050 weiter zunehmen. Die Abnahme der Bevölkerung führt nicht zu einer Verringerung des Pkw-Bestandes. Auch die älter werdende Gesellschaft nutzt künftig mehr als bisher das Auto. Damit wird sich auch die Personenverkehrsleistung auf der Straße erhöhen.

Der Zuwachs der Fahrleistungen wird sich zwar abschwächen. Aber im Durchschnitt werden trotz des demografischen Wandels bis 2050 deutliche Zunahmen der Fahrleistungen im Straßenverkehr erwartet. Hier sind allerdings regional differenzierte Betrachtungen geboten. Denn in einigen Gebieten könnte der Straßenpersonenverkehr aufgrund der Bevölkerungsentwicklung leicht zurückgehen. Gerade in diesen überwiegend ländlich geprägten Räumen mit unterdurchschnittlicher wirtschaftlicher Entwicklung ist eine angemessene Straßeninfrastruktur für eine positive Regionalentwicklung wichtig.

Die Entwicklung einer leistungsfähigen Straßeninfrastruktur hat hohe Bedeutung für den Aufbau Ost. Deshalb bilden auch die Verkehrsprojekte Deutsche Einheit (VDE) den Schwerpunkt der Investitionen, um die innerdeutschen Ost-West-Relationen wieder herzustellen beziehungsweise leistungsgerecht auszubauen. Auch der Europäische Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE) wird in Deutschland für die Förderung von Straßenbauvorhaben des Bundes genutzt.

Im Bereich der Bundesfernstraßen tragen vor allem die Hinterlandanbindungen wichtiger deutscher Seehäfen zur Verknüpfung der verschiedenen Verkehrsträger bei. Mit einer Reihe von Aus- und Neubaumaßnahmen von Autobahnen sollen die für die Exportwirtschaft wichtigen deutschen Nord- und Ostseehäfen bestmöglich an das Bundesfernstraßennetz angebunden werden (Website der Bundesregierung (a) 2008).

4.4 Energie

4.4.1 Mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf den Energiesektor

Im Sommer 2003 wie auch im Sommer 2006 mussten einige Atomkraftwerke ihre Stromproduktion drosseln bzw. zeitweilig vollständig einstellen, da die Flüsse für die Kühlung zu warmes Wasser führten. Als Folge dessen stiegen die Strompreise in diesen heißen Tagen extrem an, und konventionelle Großkraftwerke erwiesen sich als nicht vorbereitet auf diese Situation (Germanwatch 2007). Der Energiesektor (Kraftwerke) befindet sich darüber hinaus aufgrund seiner Bedeutung als Quelle für Treibhausgasemissionen besonders stark im Fokus der Politik; weltweit entfällt gut ein Viertel aller Treibhausgasemissionen auf die Energiewirtschaft. Regulatorische Maßnahmen treffen natürlich fossile Energien anders als erneuerbare Energien. Letztere werden auch in Zukunft von klimapolitisch motivierten staatlichen Förderprogrammen profitieren und ihren Marktanteil weltweit ausbauen. Die erneuerbaren Energien sind ein klarer Gewinner der regulatorischen Komponente des Klimawandels. Schon der durch staatliche Förderprogramme begünstigte Ausbau in den letzten Jahren war größtenteils ökologisch motiviert. Der Anteil der erneuerbaren Energien soll in der EU bis zum Jahr 2020 auf 20 % am Primärenergieverbrauch steigen und sich damit gegenüber heute in etwa verdreifachen.

Global gesehen stehen in den nächsten Jahren also Investitionen in erneuerbare Energien in Milliardenhöhe an, die zumindest teilweise klimapolitisch begründet sind. Von diesen Trends können deutsche Anbieter profitieren, da sie - begünstigt durch großzügige Subventionen - technologisch in vielen Gebieten zu den führenden Nationen zählen und ihre Produkte exportieren können (Deutsche Bank Research 2007).

Stark diskutiert werden z. Zt. „Biotreibstoffe der zweiten Generation“. Diese sind laut Definition der Europäischen Union (EU) vom Februar 2006 „*Kraftstoffe aus Nebenprodukten der Land- und*

Forstwirtschaft, z. B. aus Stroh oder Holzabfällen“. Ihnen gehört nach Expertenmeinung die Zukunft, da hier die gesamte Pflanze und auch pflanzliche Abfälle in Energie bzw. Kraftstoffe umgewandelt werden. Dagegen findet bei Biokraftstoffen der ersten Generation grundsätzlich nur die Pflanzenfrucht Verwendung (z. B. Bioethanol aus Mais oder Biodiesel aus Raps). Bei Biokraftstoffen der zweiten Generation liegen die Vorteile in der besseren CO₂-Gesamtbilanz und der geringeren Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion; allerdings steht auch hier die Technik erst am Anfang. Angesichts der zunehmenden Nachfrage nach Bioenergien, den genannten konkurrierenden Einsatzmöglichkeiten (inklusive Nahrungsmittelproduktion) sowie der begrenzten Anbaufläche sind steigende Preise für den Rohstoff Biomasse sowie eine Verschiebung der relativen Preise – in Abhängigkeit vom Verwendungszweck – wahrscheinlich. Dies beeinflusst die preisliche Wettbewerbsfähigkeit gegenüber anderen, auch fossilen Energieträgern. So sind die Preise für Holzpellets als Folge der expansiven Nachfrage im Jahr 2006 stark gestiegen und erreichten zwischenzeitlich das Preisniveau von Heizöl. Zuletzt sind die Preise aber wieder gesunken. Dagegen existiert bei Wind oder solarer Strahlung kein Preisrisiko beim Einsatzfaktor, sondern „nur“ ein Mengenrisiko (Deutsche Bank Research 2007). So ist Deutschland z. B. für Windenergie oder Solarkraftwerke allgemein gesehen nicht der ideale Standort. Vorteile diesbezüglich dürften bei der Windkraft vor allem die Küstenregionen haben. Offshore-Anlagen gehört sicherlich die Zukunft, wenngleich auch sie anfangs auf Subventionen angewiesen sein werden und hinsichtlich des Raumes mit anderen Nutzungen in Konkurrenz stehen (Deutsche Bank Research 2007).

Der Klimawandel könnte zu einem sinkenden Energieverbrauch beim Beheizen von Wohnräumen führen. Bei steigenden Temperaturen entsteht auf der anderen Seite aber vermehrt sommerlicher Kühlbedarf (Klimatisierung). Dieser sorgt u. U. dafür, dass der Minderverbrauch für Heizung durch den erhöhten Stromverbrauch der Kühlanlagen mehr als kompensiert wird, so dass der Energieverbrauch sogar ansteigen kann. 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). Risiken stellen hingegen das wahrscheinlich verminderte Wasserangebot bzw. die erhöhte Temperatur des Eingangswassers für die Kühlung von Kraftwerken dar. Die mögliche Zunahme von Extremereignissen (Stürme, Hagel, Blitzschlag) stellt ein Risiko für Verkehr und Energieinfrastruktur dar (Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus 2008).

Energie und Mobilität sind zentrale Zukunftsthemen der Gesellschaft. Mecklenburg-Vorpommern hat sich zum Ziel gesetzt, eine Gesamtstrategie „Energiewelt 2020“ zu entwickeln. Zu einer modernen Wirtschaftsstruktur gehört eine vorausschauende Energiepolitik, die den Bürgern und der Wirtschaft unseres Landes langfristig stabile und günstige Energiepreise sichert und die wirtschaftlichen Chancen moderner Energieerzeugung nutzt. Die erneuerbaren Energien bilden dabei einen politischen Schwerpunkt. Den größten Anteil innerhalb der erneuerbaren Energien hat die Bioenergie. Grundlage zur Erzeugung von Bioenergie ist die Bereitstellung von Biomasse. Grundsätzlich gilt, dass die Nutzung der landwirtschaftlichen Böden für die Ernährung Vorrang hat. Schätzungen zufolge kann aber etwa ein Drittel der Ackerfläche im Land für die Erzeugung von Biomasse zur energetischen Verwertung genutzt werden, ohne die Nahrungs- und Futtermittelproduktion zu gefährden. Die auf dieser Fläche produzierte Biomasse hat einen energetischen Wert in der Größenordnung von 61 PJ (1 PJ = Petajoule \approx 10¹⁵ Joule). Hinzu kommen 8 PJ an forstwirtschaftlicher Biomasse in Form von Altholz, Waldrestholz und Sägenebenprodukten. Somit könnten potenziell 69 PJ pro Jahr in Form des Energieträgers Biomasse für eine energetische Verwertung bereitstehen. Das ist die Ausgangslage. Mecklenburg-Vorpommern hat gegenwärtig einen Primärenergieverbrauch von 170 PJ pro Jahr. Aufgrund der Rahmenbedingungen und der zur Verfügung stehenden Technologien können im Jahr 2020 über die Produktlinien Biogas, Biokraftstoffe und Biofestbrennstoffe 24 % des Primärenergiebedarfes im Land bereitgestellt werden. Heute sind bereits 10 % erreicht. Die tatsächlich bereitgestellte

Menge Bioenergie ist abhängig von der zur Verfügung stehenden Biomasse (Flächengröße, Mengen), vom Wirkungsgrad der verwendeten Technologien, von den energie-, umwelt- und agrarpolitischen Rahmenbedingungen und natürlich von den Marktverhältnissen (Rohstoff- und Lieferströme, Preisentwicklung). Es kommt in Zukunft darauf an, bei der Nutzung von Biomasse eine Doppel- bzw. Mehrfachnutzung – erst stofflich, dann energetisch – zu realisieren. Bei der Bereitstellung von Bioenergie sollen vorrangig jene Produktlinien umgesetzt werden, die den höchsten Nettoenergieertrag je Hektar erbringen, deren Energie- und Ökobilanz positiv ist und die in absehbarer Zeit wirtschaftlich sein können. Besonderes Augenmerk ist auf die Infrastrukturentwicklung im Energiebereich zu legen. Energieanlagen im dezentralen und kommunalen Bereich sind essentiell auf Energieverteilnetze im Bereich Strom, Wärme und Gas angewiesen. Die Errichtung und der Ausbau entsprechender Netze soll im Rahmen der Entwicklung der ländlichen Räume vorangetrieben werden (MLUV 2007).

4.5 Naturschutz und Biodiversität

4.5.1 Biodiversität

Veränderungen in der Artenzusammensetzung, die im Zusammenhang mit dem Klimawandel stehen, wurden bereits für Deutschland und Mitteleuropa beobachtet. Wärmeliebende Tier- und Pflanzenarten, in der Regel submediterrane, mediterrane und atlantische, aber auch subtropische und sogar tropische Arten, wandern ein bzw. dehnen ihre Verbreitungsgrenze nach Norden und Osten aus. Im Mittel wurde bei Untersuchungen an 99 Arten (Vögel, Schmetterlinge, alpine Pflanzen) eine durchschnittliche Arealverschiebung pro Jahrzehnt von 6,1 km Richtung Norden bzw. um 6,1 Höhenmeter bergan belegt (BFN 2004). Höhere Frühlingstemperaturen und längere Sommer haben seit den 1950er Jahren eine Verlängerung der Vegetationszeit für viele Baumarten Mitteleuropas um durchschnittlich 10 Tage bewirkt (Menzel 1997). Insbesondere die milderen Winter sind dafür verantwortlich, dass viele Vogelarten ihr Zugverhalten teilweise aufgegeben (Hausrotschwanz, Sommergoldhähnchen, Stieglitz) oder verändert haben (früheres Eintreffen, späteres Ziehen, BFN 2004).

Verschiedenen Szenarien gehen von einer weiteren Verschiebung der Klimazonen bis zum Jahr 2100 um 200 - 1 200 km nach Norden (BFN 2004) und um mehrere hundert Meter in die Höhe aus. Dies übersteigt die maximale Wanderungsgeschwindigkeit vieler Arten (ca. 20 bis 200 km pro Jahrhundert). Hinzu kommt, dass viele anthropogene Barrieren die natürliche Ausbreitung verhindern oder einschränken können. Es fehlen geeignete Habitate, die als Trittsteine für eine Wanderungsbewegung dienen könnten (UBA 2005).

Auch eine weitere Veränderung der Phänologie in Form längerer Vegetationszeiten wird erwartet (SCBD 2003). Das kann zu einer Ertragsteigerung bei Pflanzen führen, erhöht aber auch die Anfälligkeit gegenüber spätem Frost und Schädlingsbefall. Insgesamt wird damit gerechnet, dass es in Süd- und Mitteleuropa im Zuge des Klimawandels zu weiteren Artengefährdungen und -verlusten kommen wird. Dabei gehen Modellrechnungen für Mitteleuropa von einem Aussterben von 10 – 30 % des derzeitigen Artenbestandes durch Klimaänderungen aus (UBA 2005). Bei dem „worst-case“-Szenario des Projektes ATEAM berechneten Schröter et al. (2004) für Deutschland bis zum Jahr 2080 Artenverlusten von 25 % (Nordwestdeutschland) bis über 50 % (Süd- und Ostdeutschland). Bei diesen Zahlen wurden aber die potenziellen neuen Arten, die aus anderen Gebieten einwandern, nicht mit berücksichtigt.

Arten und Ökosysteme, die eine geringe Temperatortoleranz und strenge Habitatanforderungen aufweisen, sind besonders gefährdet (SCBD 2003). So werden besonders Ökosysteme betroffen sein, die eine hohe Anzahl an Rote-Liste-Arten aufweisen, welche häufig auf kleinklimatischen Sonderstandorten vorkommen (Leuschner & Schipka 2004). Auch Ökosysteme mit langlebigen Pflanzen (z. B. Wälder) sind aufgrund ihrer verhältnismäßig langen „Reaktionszeit“ auf

Veränderungen als besonders gefährdet einzustufen. Zahlreiche Untersuchungen in der Klimawirkungsforschung zeigen, dass sich eine Klimaveränderung auf Arten innerhalb einer Lebensgemeinschaft sehr unterschiedlich auswirken kann (UBA 2005). Dadurch kann es u. a. zur Entkopplung von Nahrungsnetzen und zur Auflösung von symbiotischen Beziehungen zwischen Arten kommen (siehe auch Kapitel 4.5.2.2.5 auf Seite 74 ff.). Für die Lebensgemeinschaften ist deshalb zu erwarten, dass alte Lebensgemeinschaften aufgelöst werden und möglicherweise neue Artenverbindungen entstehen werden. Standorte mit mikroklimatisch-hydrologischen Sonderbedingungen, wie z. B. Feuchtgebiete, können kurzfristig einen gewissen Puffer gegenüber veränderten Klimabedingungen bieten (Leuschner & Schipka 2004). Gleichzeitig sind diese Ökosysteme aber mittel- bis langfristig besonders bedroht, da Arten dieser Ökosysteme in der Regel eng an die mikroklimatisch-hydrologischen Sonderbedingungen gebunden sind und bei fehlender Vernetzung solcher Standorte nicht auf andere Gebiete ausweichen können (UBA 2005). Insbesondere Feuchtgebiete und Moore sind mittel- bis langfristig durch abnehmende Sommerniederschläge und die Veränderung von Überschwemmungsmustern gefährdet. Dadurch wird nicht nur die feuchtigkeitsabhängige Pflanzenwelt der Feuchtgebiete bedroht, sondern auch die artenreiche Vogelwelt gefährdet, wie sie z. B. in vielen großräumigen Flussauen Ostdeutschlands zu finden ist. An den Küsten könnten die Süßwasserfeuchtgebiete durch veränderte Meeresspiegelstände und verstärkte Sturmaktivität gefährdet werden (SCBD 2003). Darüber hinaus können sich die vermehrte Ausbreitung von Schädlingen durch mildere Winter, häufigere Brände (aufgrund steigender Temperaturen und Trockenheit im Sommer) sowie Auswirkungen von Extremereignissen wie Starkregen, Hochwasser oder Dürren negativ auf Ökosysteme und die biologische Vielfalt auswirken (UBA 2005).

Davon sind auch Schutzbemühungen um Arten und Lebensräume betroffen. Die Ergebnisse von Stock (2005) zeigen, dass aufgrund der zu erwartenden Veränderungen ein "konservierender" Naturschutz in Zukunft kaum noch möglich sein wird. Dieses wird den Naturschutz vor neue Probleme stellen. Vorhandene Schutzgebiete könnten in einigen Jahren „fehlplatziert“ sein, weil die bis dato darin vorkommenden, seltenen Tier- und Pflanzenarten als Folge des Klimawandels abwandern oder verschwinden. Sollten sie einen neuen Lebensraum finden, wären sie möglicherweise an ihrem neuen Standort schlechter geschützt. Laut Schätzungen könnten auf diese Weise 5 bis 30 Prozent der Arten in Deutschland dem Klimawandel zum Opfer fallen. Damit hätte der Klimawandel einen weitaus dramatischeren Einfluss als der direkte Verlust an Lebensraum zum Beispiel durch Bauprojekte, der heute als wichtigster Faktor für den Rückgang der Artenvielfalt gilt (Stock 2005).

Durch den Klimawandel werden in Lebensgemeinschaften veränderte Konkurrenzbedingungen geschaffen, da die vorhandenen Arten in einer Lebensgemeinschaft unterschiedlich auf veränderte Klimabedingungen reagieren, also ihre Fitness auf unterschiedliche Weise beeinflusst wird. Hieraus können Verschiebungen der Dominanzverhältnisse resultieren und infolgedessen das Extinktionsrisiko einer Art steigen.

Der Klimawandel kann in einem Ökosystem also nicht nur zu einer veränderten Artzusammensetzung führen, sondern auch die Biodiversität verringern. Neben den Konkurrenzbeziehungen können auch trophische Beziehungen und Symbiosen durch unterschiedliche Wirkung des Klimawandels auf die beteiligten Arten verändert oder aufgelöst werden, mit wiederum potenziell gravierenden Folgen für die Fitness der beteiligten Arten. Das kann zu Änderungen der Abundanz einzelner Tier- oder Pflanzenarten in deren Verbreitungsgebiet bzw. zum Erlöschen einer Population oder sogar der gesamten Art führen. Basierend auf dem bereits vorliegenden autökologischen und populationsökologischen Wissen über das Verhalten von mitteleuropäischen Pflanzen- und Tierarten gegenüber Temperaturerhöhung, Zunahme der Sommertrockenheit und CO₂-Erhöhung lässt sich vor dem Hintergrund der wahrscheinlichsten Prognosen zu Temperaturerhöhung und sommerlicher Niederschlagsabnahme mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit schlussfolgern, dass ein bedeutender Anteil der heimischen Flora

und Fauna - einschließlich der heute für den Naturschutz besonders bedeutsamen Arten - starke Veränderungen in Häufigkeit und Verbreitungsareal in Deutschland erfahren wird. Diese Veränderungen können je nach physiologischem Konstitutionstyp sowohl Abnahme und regionales Aussterben oder Zunahme bzw. Neueinwanderung bedeuten. Begründete Modellrechnungen prognostizieren für Europa Artenverluste im Bereich von 5 bis 30 %. Vor der Prämisse, dass sich die Klimawandelprognosen bewahrheiten werden, ist konservierender Naturschutz - der auf überwiegend kleinflächige Schutzgebiete konzentriert ist - mehr oder weniger aussichtslos (Leuschner & Schipka 2004).

4.5.2 Auswirkungen des Klimawandels auf Natur und biologische Vielfalt in M-V

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 und 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. Im Folgenden werden die o. g. möglichen Risiken am Beispiel von für Mecklenburg- Vorpommern charakteristischen und bedeutsamen Ökosystemen konkretisiert (Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus 2008).

4.5.2.1 Auswirkungen auf landseitige Ökosysteme

4.5.2.1.1 Wald / Buchenwälder

Bei der zusammenfassenden Betrachtung der möglichen Reaktion der Rotbuche (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 weiterhin konkurrenzfähig bleiben, obwohl die Wechsel zwischen Dürren und Staunässe, die bei Starkregen entstehend, die Bäume unter Stress setzen würde. Auf 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 gefördert wird, zusätzlich verschlechtern. Der trockenheitsbedingte Anstieg der Waldbrandgefahr sowie eine Zunahme von Sturmereignissen stellen ebenso ein Risiko für die Bäume dar (siehe auch Kapitel 4.2.3.1 auf Seite 45).

4.5.2.1.2 Salzgrasland

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. 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 aus den bisher organogenen Salzgrasländern könnten minerogene Salzgraslandschaften entstehen, wie in der Wismar-Bucht anzutreffen sind (Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus 2008).

4.5.2.1.3 Auswirkungen des Klimawandels auf die Süßwasserökosysteme

In den Seen im Ostseeraum sind in den letzten Jahrzehnten höhere Wassertemperaturen, geringere winterliche Eisbedeckung und früheres Aufbrechen des Eises im Frühjahr beobachtet worden. Darüber hinaus wurden niedrigere Wasserstände und ein Ansteigen des Eintrages gelöster organischer Stoffe festgestellt. Diese klimawandelbedingten Veränderungen haben Konsequenzen für das Ökosystem See, und führen beispielsweise zu Änderungen der Artzusammensetzung (in Richtung wärmetoleranter Arten, wie z. B. Cyanobakterien) und Dominanzen im Phytoplankton, höhere sommerliche Algenbiomasse und eine Veränderung des Trophiestatus (BACC 2008). Bei der touristischen Nutzung der Süßgewässer könnten Einbußen aufgrund von (toxischen) Algenblüten, Quallen und / oder Fischsterbens auftreten.

Flache Seen bzw. das Litoral von Seen sind besonders empfindlich gegenüber der Klimaerwärmung. Eine durch den Klimawandel verlängerte Vegetationszeit könnte aufgrund der veränderten Niederschlagsbedingungen und der durch die höheren Temperaturen bedingten erhöhten Evaporation zu negativen Wasserbilanzen in den Einzugsgebieten der Seen, Sölle, Kleingewässern und Flüsse führen. Die Gefahr der Austrocknung steigt, auch sind die höheren Temperaturen für viele Arten direkt schädlich (BACC 2008). 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 dieser Gewässer als Trittsteinbiotop für aquatische Arten vielfach verloren gehen.

In tiefen Seen steigt das Risiko von anoxischen Verhältnissen in tieferen Schichten, wenn die Durchmischung des Wasserkörpers aufgrund der zu geringen Abkühlung der oberen Wasserschicht nicht mehr gegeben ist. Dies kann eintreten, wenn die obere Wasserschicht nicht mehr bis auf 4 °C Celsius abkühlt und entsprechend nicht mehr als schwerere Phase nach unten sinkt und damit die vorhandenen Schichten durchmischt (BACC 2008).

Steigende Einträge von Humusverbindungen (u. a. durch steigende Wasser- oder Winderosion) durch den (Oberflächen-)Abfluss verringert die Lichteindringtiefe in den Seen mit negativen Auswirkungen auf das Periphyton und die Benthosgemeinschaften. Wahrscheinlich kommt es auch in den Seen und Flüssen zu einem Wechsel des Artenspektrums, d. h. Kaltwasserarten werden durch wärmetolerante Arten verdrängt. Verluste von Habitaten und Arten sind zu erwarten. Ebenso ist davon auszugehen, dass opportunistische Arten langlebige Arten verdrängen werden. Auf der anderen Seite ist eine Zunahme von bisher bereits weit verbreiteten Habitatgeneralisten zu erwarten, unter denen auch Neobiota eine Rolle spielen könnten.

Die durch den Klimawandel zu erwartenden Veränderungen betreffen auch die Moore. Ein möglicher Rückgang der jährlichen Grundwasserneubildung mit Absenkung der Grundwasserspiegel und erhöhtem Risiko von Niedrigwasserereignissen kann unter Umständen zur stärkeren Mineralisierung von Torf und damit zum Moorschwind führen. Damit verbunden wäre

ein erhöhtes Risiko der Freisetzung von gespeichertem Kohlenstoff in Form von Kohlendioxid sowie weiterer klimarelevanter Gase infolge der Mineralisierungsprozesse (Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus 2008).

In Fließgewässern spielt zusätzlich die Veränderung des jahreszeitlichen Rhythmus eine Rolle. Aufgrund der zu erwartenden Veränderung der Niederschlagsmenge und -verteilung und einem geringeren Anteil von Niederschlägen, der als Schnee fällt, kommen die Frühjahrshochwasser vieler Flüsse immer früher im Jahr, werden aber in der Höhe und Schwere geringer ausfallen. Der Niedrigwasserstand der Flüsse, der bis dato typischerweise im Sommer auftritt, wird in Zukunft früher eintreten und kann sich bis in den Herbst erstrecken (HELCOM 2007). Insbesondere Niedrigwasserstände verbunden mit höheren Temperaturen sind für viele Organismen, aber auch für die anthropogene Nutzung der Gewässer wie z. B. die Fischerei, Energiewirtschaft oder Schifffahrt, nachteilig.

Hinsichtlich der Gesundheit der Bevölkerung wäre es möglich, dass sich aufgrund steigender Wassertemperaturen krankheitsübertragende Tiere und Pflanzen in den Oberflächengewässern von Gebieten ausbreiten, in denen sie bis dato nicht vorkamen (z. B. toxische Blaualgen, Vibrionen, vielleicht auch Malaria).

4.5.2.2 Auswirkungen auf den Lebensraum Ostsee

Nährstoffe und Licht sind die limitierenden Faktoren für das Wachstum von marinen Pflanzen, die ihrerseits die Basis der Nahrungskette darstellen. Durch den Menschen wird ein bedeutender zusätzlicher Eintrag von Nährstoffen über den Oberflächenabfluss der Flüsse (Land- und Forstwirtschaft und Punktquellen), durch direkte Einträge (Siedlungsabwässer, Industrie und Fischfarmen) sowie über die Atmosphäre (Landwirtschaft, Verbrennungsprozesse einschließlich Verkehr) in die Ostsee eingebracht. Diese zusätzlichen Nährstoffeinträge führten zu einer Eutrophierung der Ostsee.

Erste Anzeichen für die Eutrophierung sind ein vermehrtes Algenwachstum und eine Verschiebung des natürlichen Gleichgewichts, d. h. zugunsten von Arten die bei einem höherem Nährstoffgehalt wachsen können, sowie die Verminderung der Lichtdurchlässigkeit des Wasserkörpers. Wird das Phytoplankton nicht durch das Zooplankton konsumiert - sei es aufgrund des Zeitpunkts oder des Umfangs der Algenblüte oder auch aufgrund der Veränderung des Artenspektrums im Phytoplankton - so sinkt es zu Boden, wo das organische Material von Mikroorganismen zersetzt wird und dadurch Stickstoff und Phosphor freigesetzt werden. Bei diesem Zersetzungsprozess wird Sauerstoff benötigt. Der resultierende Sauerstoffmangel in Bodennähe bedroht dann die hier lebenden Organismen. Hinzu kommt, dass Sedimentbakterien den in organischer Masse gebundenen Schwefel in Schwefelwasserstoff umwandeln. Häufig kommt es aufgrund der stabilen Schichtung der Ostsee nicht zu einem Wasseraustausch in diesen Gebieten und somit herrschen weiterhin anoxische Bedingungen vor (HELCOM 2007).

Ein wichtiger Effekt des Klimawandels wird in der Änderung des Zeitpunktes von saisonalen und jährlichen Abflussereignissen (Frühlingsabfluss, Herbstniedrigwasserstände, Eis- und Schneebedeckung etc.) und in der Häufigkeit und Intensität von Extremereignissen (Hochwasserereignisse, Dürren, Erosion) sowie deren Zeitspanne bestehen.

Der Wandel des Klimas im Wassereinzugsgebiet wirkt sich nicht nur auf die Gesamtmenge des Süßwassers aus das in die Ostsee gelangt, sondern auch auf die Verteilung der Quellgebiete und die Nährstofffrachten dieser Wasser. Es ist zu erwarten, dass es zu einer moderaten Zunahme des Süßwasserzuflusses in die Ostsee kommen wird. Dabei wird ein allgemeiner Trend zu geringeren Zuflussmengen aus den landwirtschaftlich geprägten südlichen und kontinentalen Bereichen und zunehmenden Zuflüssen aus den nördlichen, von Wald geprägten Einflussgebieten angenommen. Schätzungen ergaben, dass der Oberflächenabfluss des gesamten Wassereinzugsgebietes der Ostsee

um durchschnittlich 15 % ansteigen wird (HELCOM 2007). Dies könnte ein Aussüßen der Ostsee zur Folge haben.

Berechnungen haben gezeigt, dass sich zwischen 71 und 97 % der Variabilitäten der landseitigen Nährstoff- und Kohlenstoffeinträge in die Ostsee durch Oberflächenabflüsse erklären lassen. Daher ist mit einem signifikanten Ansteigen des Anteils gelöster Stoffe wie Nährstoffe (Stickstoff, Phosphor, Silikate), aber auch organischer und anorganischer Kohlenstoffverbindungen aus den Einzugsgebieten zu rechnen, in denen sich die Niederschlagsmenge erhöht (HELCOM 2007).

Im südlichen Teil des Ostseegebietes könnte es vermehrt zu Starkregenereignissen und Stürmen kommen, die in früheren Überschwemmungsgebieten schwerwiegende Auswirkungen auf die Landwirtschaft sowie Nährstoffauswaschungen zur Folge haben würden. In den zentralen und nördlichen Einzugsgebieten die in die Ostsee entwässern zeigt sich in den landwirtschaftlichen Gebieten ein klarer jährlicher Verlauf der Nährstoffbelastung im Oberflächenabfluss mit einem hohen Rückgang der Belastungen im Herbst, einem weiteren gemäßigten Rückgang in den Wintermonaten, einem Höchstwert zu Beginn des Frühjahrs und den niedrigsten Nährstoffgehalten im Oberflächenabfluss im Sommer (HELCOM 2007).

Die höchsten Variabilitäten dieser Nährstoffbelastungen zwischen verschiedenen Jahren treten im Herbst auf, aber auch die Variabilitäten im späten Winter und Frühjahr sind noch hoch. Im Zuge des Klimawandels ist jedoch damit zu rechnen, dass die Variabilität der Nährstoffbelastung im Oberflächenabfluss in Zukunft im Winter und Frühjahr ansteigen werden, wenn sich der Zeitraum des Bodenfrostes, die Schneemenge, die Häufigkeit von starken Nachtfrost und die Wechselhäufigkeiten von Bodenfrost und Tauwetter ändern sollten. Kürzere Bodenfrostperioden und eine steigende Häufigkeit des Wechsels von Bodenfrost und Tauwetter werden im Winter vor allem in nördlichen Gebieten zu stärkeren (Nährstoff-)Auswaschungen der landwirtschaftlich genutzten Fläche führen (HELCOM 2007).

Eine Einschätzung der Auswirkungen dieser erwähnten und z. T. entgegengesetzt wirkenden Faktoren hinsichtlich der Gesamtbelastung und/oder regionaler Nährstoffbelastungen der in die Ostsee mündenden Oberflächenabflüsse sind schwer einzuschätzen. Es besteht z. Zt. kein wissenschaftlicher Konsens hinsichtlich des Einflusses des Klimawandels auf die Nährstoffeinträge in die Ostsee. Auch ist zu erwarten, dass der Klimawandel zu Veränderungen bei Vermengung und Verteilung von Nährstoffen in der Ostsee führen wird. Würde ein Klimawandel bewirken, dass infolge erhöhter Luft- und Wassertemperaturen die winterlichen Wassertemperaturen oberhalb der Temperatur der maximalen Wasserdichte blieben, könnte sich die heute im Spätwinter im Brackwasser auftretende normale Tiefenkonvektion nicht mehr einstellen. Infolge dessen würde eine geringere Menge von Nährstoffen aus tieferen Wasserzonen in die euphotische Zone gelangen (HELCOM 2007).

Eine klimawandelbedingte Veränderung der Ostsee hin zu höherer Wassertemperatur und verringerter Salinität wird direkte Auswirkungen auf Verteilung und Anpassungsfähigkeit der heimischen Biota, wie auch auf die Verfügbarkeit und Effekte von Fremdstoffen haben. Darüber hinaus werden auch Veränderungen bei Transport, Umwandlung und Ablagerungen von Fremdstoffen zu erwarten sein. Die Ostsee ist im Allgemeinen als besonders empfindlich gegenüber persistenten toxischen Substanzen einzustufen, u. a. weil viele der hier anzutreffenden Arten ursprünglich nicht an Brackwasser angepasst sind und daher hinsichtlich der Salinität schon am Rande ihres ökologischen Toleranzbereiches leben. Viele von ihnen sind boreale Arten. Die unterschiedliche Fähigkeit der verschiedenen Arten Temperaturerhöhungen zu tolerieren wird bestimmen, wie stark die Populationen vom Klimawandel betroffen sein werden. Allgemein ist aber festzustellen, dass eine Temperaturerhöhung in Verbindung mit einer abnehmenden Salinität die allgemeine Fitness und damit die Konkurrenzfähigkeit der aktuellen marinen Fauna und Flora herabsetzt, und eventuell die Verbreitung von Süßwasserarten bzw. die Einwanderung von Neophyten begünstigt. Die genannten Veränderungen der Temperatur und der Salinität werden sich

aber auch auf Resuspensionsprozesse im Sediment gebundener Stoffe auswirken und könnten so die Eutrophierungsprozesse verstärken (BACC 2008).

4.5.2.2.1 *Marine Bakterien*

Ein Ansteigen der Temperaturen bewirkt eine Steigerung des Stoffwechsels bei Bakterien, solange dieser nicht durch andere Faktoren limitiert wird (BACC 2008). Heterotrophe Bakterien sind ein natürlicher Bestandteil aller aquatischen Ökosysteme und sind von großer Bedeutung für die biogeochemischen Prozesse der pelagischen als auch der benthischen Lebensräume. Sie haben eine Schlüsselstellung innerhalb des Kohlenstoff- und des Nitratkreislaufs inne. Die Variabilitäten hinsichtlich des Wachstums der heterotrophen Bakterien in der Ostsee in verschiedenen Jahren sind durch kombinierte Effekte der Temperatur, der Qualität des organischen Substrates und der Konkurrenz bedingt (HELCOM 2007). Unter anoxischen Bedingungen produzieren einige der heterotrophen Bakterien giftigen Schwefelwasserstoff (H_2S), der in weiten Gebieten der Ostsee in anaeroben Sedimenten anzutreffen ist.

Veränderungen in der primären pelagischen Produktion aufgrund von veränderter Licht- oder Nährstoffverfügbarkeit werden Änderungen der Sedimentationsrate und des Sauerstoffbedarfs unterhalb der Pyknokline bewirken. Studien haben gezeigt, dass steigende Temperaturen die primäre Produktion des Phytoplanktons weniger stark steigern als die Aktivität von pelagischen Bakterien. Gesteigerte bakterielle Aktivität würde das Recycling und die Mineralisation in Oberflächengewässern steigern, so dass die Sedimentation organischen Materials verringert würde (HELCOM 2007).

Ein durch den Klimawandel bedingtes Aussüßen der Ostsee könnte auch bei den Bakterien zu Veränderungen der Artzusammensetzung und -verteilung führen.

4.5.2.2.2 *Phytoplankton*

Das Phytoplankton stellt die Grundlage des pelagischen Nahrungsnetzes dar und dient gleichermaßen als Nahrungsquelle für benthische Organismen. Veränderungen in der Artenzusammensetzung und der Biomasse des Phytoplanktons sind somit von entscheidender Bedeutung für das gesamte Ökosystem Ostsee. Solche Veränderungen festzustellen ist aber nicht leicht, da das Phytoplankton selbst hohe natürliche Variabilitäten hinsichtlich Zeit und Raum aufweist. Veränderungen im Artenspektrum und in der Biomasse des Phytoplanktons können dabei sowohl Folge von Eutrophierung als auch Folge des Klimawandels sein (HELCOM 2007). Die Auswirkungen lassen sich dabei nicht einfach auf diesen oder jenen Faktor zurückführen, da auch eine Veränderung der Eutrophierung selbst eine Folge des Klimawandels sein kann.

Eine ausreichende Nährstoffversorgung ist einer der wichtigsten Faktoren für das Wachstum des Phytoplanktons. Dieses Nährstoffangebot hängt dabei nicht nur von anthropogenen Einträgen, sondern auch von klimatischen Faktoren wie Niederschlägen und Abflussmengen der einleitenden Oberflächengewässer ab. Auch „innere Prozesse“ der Ostsee - wie die Remineralisation - beeinflussen das Nährstoffangebot des Phytoplanktons. Unter den typischen anoxischen Bedingungen in dem Bodenwasser der tiefen Bereiche der Ostsee wird Phosphor aus dem Sediment freigesetzt. Kieselsäureverbindungen werden ebenfalls freigegeben, während Nitrate weitgehend in den Sedimenten denitriert werden. Durch konvektive und diffusive Prozesse gelangen diese Nährstoffe in obere Wasserschichten, wo sie das Wachstum des Phytoplanktons fördern (HELCOM 2007).

Die Phytoplankton-Biomasse der Ostsee wird nahe der Küste sowie in den nördlichen und östlichen Bereichen der Ostsee durch Phosphor limitiert. In der zentralen Ostsee stellt Stickstoff das limitierende Element dar. Die Reduktion der Nährstoffeinträge führt zu einem Rückgang der Phytoplankton-Biomasse (Diatomeen und Dinoflagellaten) im Frühjahr. Trotz Reduktion der

Nährstoffeinträge verstärken sich aber die Blaualgenblüten im Sommer in der zentralen Ostsee. Durch die Eintragsreduktion von Stickstoff kann der N-Mangel in der zentralen Ostsee erhöht werden. Dies kann einen wesentlichen Vorteil für Blaualgen (Cyanobakterien) bedeuten, da diese alternativ Stickstoff aus der Luft binden können und gleichzeitig einer geringeren Konkurrenz anderer Algenarten ausgesetzt sind. Dieser Effekt der unausgeglichene Nährstoffbelastung stellt sich ein, da sich die Stickstoffverhältnisse in der Ostsee schnell den abnehmenden Einträgen anpassen, während sich die Phosphorkonzentrationen nur langsam angleichen, da das Sediment über lange Zeit als Quelle fungieren kann (Resuspension). Dieser Ungleichgewichtszustand kann über Jahrzehnte anhalten und Blaualgenblüten zu einem zentralen Problem der Ostsee werden lassen (Schernewski et al. 2003).

Licht ist entscheidend für die Photosynthese. Niedrige Lichtintensitäten verringern das Algenwachstum (BACC 2008). Allerdings stellen verschiedene Arten auch verschiedene Ansprüche hinsichtlich der Temperaturen. So bilden sich starke Cyanobakterienblüten nur bei Temperaturen über 16 °C aus. Die durch den Klimawandel hervorgerufene Temperaturzunahme könnte so zu einer Veränderung der Artenzusammensetzung und der Abundanzen beim Phytoplankton führen. Indirekt können sich die Temperaturveränderungen auf das Phytoplankton durch veränderte Wasserschichtungen auswirken. Einige Arten wachsen besser bei einer stabilen Wasserschichtung, andere in einer vermischten Wassersäule. Die Tiefenwasserkonvektion im Herbst und Frühjahr ist von entscheidender Bedeutung für den Nährstoffkreislauf. Diese Konvektion ist allerdings nur möglich, wenn die Wassertemperatur unter die der größten Dichte fällt, was in kalten Wintern der Fall ist. In milden Wintern dagegen geschieht keine vollständige Konvektion und die anschließende Erwärmung im Frühjahr führt sehr schnell zu einer Schichtung des Wasserkörpers, ohne dass eine Frühjahrs-Konvektion stattfindet. Das ist von Nachteil für Arten, die besser in durchmischten Wassersäulen gedeihen.

Es zeigte sich der Trend, dass die großen Frühjahrsalgenblüten der Diatomeen, die bis 1988/1989 regelmäßig beobachtet wurden, nicht mehr auftraten (mit Ausnahme des Jahres 1996, in dem der Winter sehr kalt war). Dies könnte an der fehlenden Durchmischung des Wasserkörpers nach milden Wintern liegen, was eine Resuspension der Diatomeensporen verhindert. Im Gegensatz dazu ist seit 1989 der Anteil der Dinoflagellaten, welche stabile Wasserschichtungen bevorzugen, angestiegen. Die eindrucksvollsten Algenblüten der Ostsee sind jene der an der Oberfläche treibenden stickstoffbindenden Cyanobakterien (*Nodularia spumigena*, *Aphanizomenon* sp., *Anabaena* spp.). Sie sind von besonderer Bedeutung, da einige von ihnen als potenziell toxisch einzustufen sind. Darüber hinaus verfügen sie über die Fähigkeit Stickstoff zu binden, und somit den Gesamteintag von Stickstoff zu steigern und eine Eutrophierung eher noch begünstigen.

Klimatische Faktoren haben einen größeren Einfluss auf diese Cyanobakterienblüten als die Eutrophierung. Starke Blüten treten nur auf, sofern die Wassertemperatur oberhalb von 16 °C liegt und starker Sonnenschein sowie geringe Windgeschwindigkeiten vorherrschen. Die Windbedingungen können darüber hinaus noch Auswirkungen auf das Verhältnis zwischen *Nodularia* (giftig) und *Aphanizomenon* (ungiftig) bei der Algenblüte haben, da Sturm die Blüten von *Nodularia* beenden kann, *Aphanizomenon* von solchen Ereignissen weniger stark betroffen ist.

Die prognostizierten klimawandelbedingten Veränderungen werden einen bedeutenden Einfluss auf die Biomasse und die Artenzusammensetzung des Phytoplanktons in der Ostsee haben. Kaltwasserarten, wie die im Frühjahr blühenden Diatomeen, werden verschlechterte Bedingungen antreffen, während andere Arten, wie die teilweise toxisch blühenden Cyanobakterien begünstigt werden. Neophyten, die ursprünglich in wärmeren Meeresgebieten beheimatet sind, könnten sich in der Ostsee etablieren und heimische Arten verdrängen. Geringere Eisbedeckungen und eine frühere Schichtung des Wasserkörpers zu Beginn des Jahres können eine frühere Algenblüte im Frühjahr bewirken und damit das Nahrungsangebot für das Zooplankton und als Folge dessen für das gesamte Nahrungsnetz der Ostsee verändern. Ein verringerter Salzgehalt der Ostsee, wie er in vielen Modellen prognostiziert wird, würde ebenfalls einen direkten Einfluss auf die

Artzusammensetzung haben. Sowohl Frischwasser- wie auch Salzwasserarten würden ihre Areale den veränderten Bedingungen anpassen (HELCOM 2007).

Niederschlag und Verdunstung gehören zu den Faktoren, die indirekt Einfluss auf die Algen haben. Niederschlag kann aufgrund seiner verdünnenden Wirkung in kleineren Gewässern den Salzgehalt stark beeinflussen. Der Salzgehalt im Kleinen Haff und der Oderbucht wird vor allem durch die Ostsee und die Niederschlagsmengen im Einzugsgebiet der Oder und somit durch die Einflussmenge des Frischwassers der Oder in das Oderhaff geregelt. Die Verdunstung kann bei höheren Lufttemperaturen und Sonneneinstrahlung, wie sie in warmen Sommern vorherrschen, eine große Bedeutung haben. So kann bei einer starken Verdunstung der Salzgehalt in den Gewässern steigen. Eine durch Verdunstung hervorgerufene Salinitätssteigerung konnte im Kleinen Haff unter anderem im Sommer 1982 festgestellt werden. In der Oderbucht konnte beobachtet werden, dass sich bei Westwindlage der Salzgehalt erhöht. Die Sonnenscheindauer ist ein weiterer wichtiger abiotischer Faktor der für die Erwärmung der Luft und Gewässer sowie für die Photosynthese durch die Pflanzen von Bedeutung ist. Das Wasser des Kleinen Haffs wird aufgrund der geringeren Tiefe schneller durch die Sonne erwärmt als das Wasser der Oderbucht.

Die Wassertemperatur ist einer der wichtigsten Parameter, da sie viele Prozesse, wie z. B. das Wachstum der Algen beeinflusst. So ist die Temperatur ein übergeordneter Faktor, der grundsätzlich das Vorkommen einer Art determiniert und die saisonale Dynamik reguliert. Die Jahre 1988, 1989 und 1990 waren überdurchschnittlich warme Jahre. Beobachtungen in diesen Jahren bestätigten die Annahme, dass das Biovolumen der Cyanobakterien mit steigender Temperatur zunimmt.

Aufgrund der milden Temperaturen könnte es in den Wintermonaten zu weniger bis gar keinem Eisgang mehr auf dem Oderhaff kommen. Dies würde eine bessere Entwicklung des Phytoplanktons ermöglichen. Außerdem würden hauptsächlich kaltwasserliebende Cryptophyceae und Bacillariophyceae, die heutzutage hauptsächlich im Frühjahr vorkommen, auftreten. Es werden Arten mit einer breiteren Salztoleranz begünstigt sein, denn es kann aufgrund von vermehrten Hochwassern zu größeren Frischwasserzuflüssen in das Brackwassergebiet kommen. Zudem wird das Vorkommen jener Algen begünstigt, die sich gut an die winterlich bedingten geringen Lichtintensitäten anpassen können. Hierbei sind vor allem die Algen *Teleaulax acuta*, *Diatoma elongatum* und *Skeletonema subsalsum* zu nennen. Das Algenwachstum wäre in diesen Monaten lediglich aufgrund der geringen Lichtintensität limitiert.

In den Frühjahrsmonaten nimmt die Temperatur und Lichtintensität zu. In dieser Jahreszeit traten im Untersuchungszeitraum Bacillario-, Dino- und Chlorophyceae auf. Bei den prognostizierten erwarteten wärmeren Temperaturen, würden hier bereits vermehrt Cyanobakterien auftreten können, die zu einer Minderung anderer Algenklassen beitragen könnten.

Die sehr hohen Temperaturen der Sommermonate und die daraus resultierende hohe Verdunstung und die verringerten Frischwasserzuflüsse im Jahr, verursacht durch geringere Sommerniederschläge, haben einen Anstieg des Salzgehaltes im Oderhaff zur Folge. Zudem würde es im Haff zu einer verstärkten Sedimentaufwirbelung aufgrund der verringerten Tiefe kommen, die durch den reduzierten Zufluss verursacht wird. In Folge dessen wird eine Eutrophierung aufgrund von Nährstoffzufuhr aus dem Sediment erfolgen. Das Biovolumen der Algen nimmt dadurch zu. Da die Cyanobakterien laut Wasmund (1997) Temperaturen ab 16 °C bevorzugen, würde ihre Blüte aufgrund der allgemein höheren Temperaturen zu einem früheren Zeitpunkt auftreten. Limitierung würde nur durch unzureichende Lichtintensität stattfinden. Eine weitere Folge des Klimawandels wäre eine Artenverschiebung, denn mit einem zunehmenden Salzgehalt könnten sich oligo- bis mesoeuryhaline Süßwasserarten im Kleinen Haff nicht etablieren.

Für die Herbstmonate wäre zu erwarten, dass im Oderhaff Cyanobakterien länger als bisher auftreten könnten. Eine weitere Auswirkung wäre - aufgrund des erhöhten Salzgehaltes durch die hohe Verdunstung im Sommer - das Auftreten salzwasserangepasster Algenarten, wie

Bacillariophyceae und Dinophyceae. Diese Algen treten, wie auch schon im Frühjahr, aufgrund der tieferen Temperaturen in Erscheinung. Zusammenfassend ist festzustellen, dass die mit dem Klimawandel einhergehenden Veränderungen größere Auswirkungen auf das Kleine Haff als auf die Oderbucht haben werden, da letztere eine größere Wassermenge aufweist und durch die offene Lage stets Wasser aus anderen Gebieten der Ostsee erhält. Jedoch würde die prognostizierte hohe Verdunstung in den Sommermonaten auch hier eine Erhöhung des Salzgehaltes mit sich bringen.

Laut Schernewski et al. (2003) wird die Phytoplankton-Produktion im Oderhaff vor allem durch die Verfügbarkeit von Licht gesteuert. Diese ist aber durch die Resuspension von Nährstoffen aus dem Sediment sowie die intensive Primärproduktion (Selbstbeschattung) gering. Durch die insgesamt verringerten Nährstoffeinträge über die Oder gewinnen die Nährstoffe an Bedeutung, und Phasen von Phosphormangel im Frühjahr und Stickstoffmangel im Sommer verlängern sich. Allerdings wechselt das System nie in einen nährstoff-limitierten Zustand. Die Nährstoffsituation im Oderhaff kann nur durch Maßnahmen im Einzugsgebiet der Oder langfristig und nachhaltig beeinflusst werden. Allerdings können warme und trockene Sommer zu thermischen Schichtungen des Wasserkörpers und zu Anoxien der unteren Wassersäule führen. Die Phosphatfreisetzung unter Anoxie der an Eisenphosphat gebundenen Phosphate aus dem Sediment macht das Sediment selbst zu einer starken Phosphatquelle. Dies kann - verglichen mit den monatlichen Einträgen der Oder - die drei- bis vierfache Menge einer normalen Monatsbelastung betragen und so die Verringerung der Nährstoffbelastung aus der Oder kompensieren. Dennoch sind die sommerlichen Phytoplanktonkonzentrationen im Haff in den letzten Jahren gesunken. Auch hier zeigen - wie auch in der zentralen Ostsee - Diatomeen und Blaualgen eine stärkere Dominanz. Verringerte Nährstofffrachten durch trockenere Sommer könnten die Stickstofflimitierung im Haff verstärkt haben und so die Blaualgen begünstigen. Im Zuge des Klimawandels könnte sich diese Entwicklung verstärken (Schernewski 2008)

Auch die massive Beeinträchtigung durch Blaualgen ist bei den Ostseerainern kein unbekanntes Phänomen mehr. In Schweden werden wegen der toxischen Belastung schon regelmäßig Strände geschlossen (Schernewski in Gundlach 2008). Der steigende Meeresspiegel beschleunigt die sowieso schon gravierenden Landverluste an den Küsten von durchschnittlich 35 Zentimetern im Jahr. Außerdem gehen die Wissenschaftler von höheren Sturmfluten aus. Den bisherigen Anforderungen seien die Küstenschutzanlagen gewachsen, so Knut Sommermeier (in Gundlach 2008) vom Staatlichen Amt für Umwelt und Natur (StAUN) Rostock. Den absehbaren Veränderungen aber nicht: „Bei einer Erhöhung der Sturmwasserstände um 25 Zentimeter müsste die Kronenbreite der Dünen um 20 Prozent erhöht werden.“ Ohne Anpassung der Schutzvorrichtungen seien ca. 100 000 Menschen durch Sturmfluten bedroht. „Im Wesentlichen ihr Hab und Gut. Eine Evakuierung ist durch unser Vorwarnsystem sicher gestellt.“ So bedrohlich die direkten Auswirkungen des Klimawandels klingen – „von größerer Bedeutung sind die indirekten“, warnt Schernewski (in Gundlach 2008). Die Landwirte begegnen sinkenden Erträgen in heißen Sommern mit noch mehr Düngung – ein verstärkter Eintrag von Nitraten und Phosphaten in die Ostsee scheint vorprogrammiert. Und natürlich betrifft der Klimawandel nicht nur die Küste: Pflanzenproduktion und Bodenwasserhaushalt müssen überdacht, Kanalisation und Beregnungsanlagen angepasst werden.

4.5.2.2.3 Zooplankton

Die maßgeblichen Faktoren für langfristige Veränderungen der Abundanzen des Zooplanktons in der Ostsee sind Salzgehalt, Eutrophierung, Temperatur und Fraßdruck durch pelagische Fische (BACC 2008).

Das Klima hat indirekt - über den Faktor Salzgehalt - eine Auswirkung auf das Zooplankton. In der Ostsee bestimmt dieser Faktor die Biodiversität und die Artzusammensetzung. So besteht zwischen der Verbreitung von marinen Copepoden-Arten und dem Salzgehalt ein klarer Zusammenhang. Ein

Rückzug mariner Arten in südliche Gebiete der Ostsee ist daher eine zu erwartende Folge der aufgrund des Klimawandels prognostizierten Abnahme des Salzgehaltes der Ostsee. Darüber hinaus wird nicht nur eine horizontale Veränderung der Areale erwartet, sondern auch Umgestaltungen in der vertikalen Artenverbreitung, da die marinen Arten sich aus den brackigen oberen Schichten zurückziehen und in tiefere Zonen mit höheren Salzgehalten ausweichen werden. Durch den Klimawandel wird es zu Temperaturveränderungen in der Ostsee kommen, die sowohl das Wachstum als auch die Reproduktion von Zooplankton verändern, wobei steigende Temperaturen zusätzlich auch eine steigende Überlebensrate im Winter bewirken kann. Der Faktor Temperatur ist für oberflächennah lebende Arten von größerer Bedeutung als für die Bewohner tieferer Schichten, die stärker von der Salinität beeinflusst werden. Es ist also zu erwarten, dass zunehmende Wärmeperioden im Sommer mit stabiler Wasserschichtung und geringer Salinität in den oberen Wasserschichten die Bedeutung von kleineren Arten des Mesozooplanktons steigern werden. Im Winter werden die höheren Temperaturen einen Einfluss auf die Überlebensrate von im Sediment überwinterten Copepoden und Rotifera haben.

Studien haben einen Einfluss von klimatischen Faktoren auf das Zooplankton in der Ostsee gezeigt. So haben beispielsweise Zeitreihenanalysen des Zooplanktons im Finnischen Meerbusen eine enge Verbindung zwischen der Abundanz des Zooplanktons sowie dem Wachstum von Heringen in Relation zu Veränderungen der Salinität und Süßwasserzufluss gezeigt (HELCOM 2007).

Marine Copepoden sind nicht nur die bevorzugte Nahrung des Ostseeherings und der Sprotte, sie enthalten auch die meiste Energie. Veränderungen in der Abundanz der Copepoden aufgrund veränderter Salzgehalte können als ein bedeutender Faktor bezüglich des Wachstums und der Fitness der meisten kommerziell genutzten Fischbestände im Ostseeraum angesehen werden (HELCOM 2007; BACC 2008). Im Umkehrschluss haben natürlich auch Bestandsveränderungen bei den Prädatoren, wie z. B. Hering oder Sprotte, Auswirkungen auf das Zooplankton (BACC 2008).

Die durch den Klimawandel veränderten Umweltbedingungen könnten darüber hinaus Neophyten befähigen sich in der Ostsee zu etablieren und heimische Arten zu verdrängen.

4.5.2.2.4 Benthos

In der Ostsee hat die Salinität einen großen Einfluss auf die Artenverteilung und Zusammensetzung der benthischen Gemeinschaft. Viele marine Arten haben in der Ostsee hinsichtlich der Salinität ihre maximale ökologische Toleranzgrenze erreicht.

In der Ostsee ist eine ausgeprägte vertikale Zonierung des Benthos zu beobachten, die auf die starke Schichtung der Wassersäule, den in verschiedenen Tiefen bedeutenden unterschiedlichen Sauerstoffgehalten und anderen Umweltfaktoren begründet ist.

Der flache Teil der Ostsee oberhalb der Halokline mit ausreichender Sauerstoffversorgung ist vergleichsweise reich an Makrobenthos, während tiefere anoxische Gebiete unterhalb der Halokline quasi benthosfreie Gebiete darstellen (BACC 2008).

In der oberen gut durchmischten Wasserschicht oberhalb der Halokline wurde im ersten Viertel des 20. Jahrhunderts ein starkes Ansteigen der Biomasse der Makrofauna beobachtet, auf der anderen Seite sind die tieferen Bereiche der Ostsee häufig hypoxischen oder anoxischen Bedingungen unterworfen, die ein temporäres Auslöschen der Bodenfauna bewirken. Eine Veränderung in der Zusammensetzung und der Abundanz des Benthos wirkt sich auch auf die Fischbestände aus.

Das Oderhaff ist als ein eutrophes Gewässer einzustufen. In Grundnähe treten örtlich begrenzte Sauerstoffdefizite von minimal 20 % Sauerstoffsättigung auf. Es handelt sich mit Salzgehalten von 0,1 bis 4,2 PSU um ein oligohalines Gewässer. Aufgrund der niedrigen Salzgehalte wird das Benthos des Haffs überwiegend von limnischen Organismen besiedelt. Es wurden insgesamt 63 Taxa nachgewiesen. Die artenreichsten Gruppen waren hierbei die Mollusken (20 Taxa) und die

Dipteren (10 Taxa). Die Ufergebiete des Oderhaffs werden überwiegend von Dipteren (Chironomidae) sowie Oligochaeten und Mollusken besiedelt, wobei die letztgenannte Gruppe die meisten Arten stellt. Die Artenzusammensetzung der Strandabschnitte und kleinen Badestellen unterscheidet sich deutlich von den naturnahen Stellen mit weitgehend intaktem Schilfgürtel. Insbesondere die hafftypischen Stillwasserarten kommen nur in geschützten Bereichen vor. Entscheidend ist hierbei die Schutzfunktion des Schilfgürtels, der die Wasserbewegung minimiert. Die Artenzusammensetzung ändert sich mit zunehmender Wassertiefe und Entfernung vom Ufer; außerdem ist der Schlickanteil am Sediment von Bedeutung für die Besiedlung. Insgesamt ist die Besiedlung auf robuste euryöke Arten beschränkt, die die Schwankungen abiotischer Parameter im Haff dauerhaft ertragen können. Der Vergleich der aktuellen Besiedlung mit historischen Arbeiten ergab deutliche Veränderungen in der Artenzusammensetzung. Die Molluskenfauna ist innerhalb der letzten 100 Jahre verarmt. Einige Arten, die in historischen Untersuchungen als häufig beschrieben wurden, konnten nicht oder nur als Einzelfunde nachgewiesen werden. Auffällig ist, dass es sich hierbei vor allem um ausgeprägte Phytalbewohner handelt, die unter Umständen durch die eutrophierungsbedingte Dezimierung der Makrophytenvegetation beeinträchtigt sind. Die Fauna des Haffs zeichnet sich durch eine zunehmende Einwanderung gebietsfremder Arten aus. Vor allem in den 1980er und 90er Jahren kam es zur Einwanderung euryhaliner Crustaceen (*Gammarus tigrinus*, *Pontogammarus robustoides*), die sich im Oderhaff etablieren konnten. Heimische Gammariden wurde nicht mehr gefunden (Rödiger 2004).

Welche genauen Auswirkungen die durch den Klimawandel prognostizierten Veränderungen (Meeresspiegelanstieg, Anstieg der Wassertemperaturen, zunehmender Oberflächenzufluss und damit weitere Aussüßung etc.) auf das Oderhaff haben werden ist nicht leicht vorherzusagen. Ein Meeresspiegelanstieg könnte die gesamte hydrographische Situation des Haffs verändern: Denkbar wären verstärkte Meerwassereinbrüche – wobei das Meerwasser dann allerdings eine geringere Salinität aufweisen würde als aktuell. Auch könnte sich ein eventuell höherer Salzgehalt im Sommer durch erhöhte Verdunstung bei gleichzeitig niedrigerem Zufluss aus der Oder einstellen, dagegen wäre ein niedrigerer Salzgehalt in Winter und Frühjahr durch verstärkte Niederschläge und Zunahme des Oderzuflusses in das Haff in diesen Jahreszeiten möglich.

4.5.2.2.5 Fische

Die Zusammensetzung und Verteilung der marinen Fischfauna ist in der Ostsee überwiegend von den hydrographischen Bedingungen, der Verbindung zur Nordsee, den Süßwasser- und Meerwassereinträgen und dem jahreszeitlichen Gang in den Temperatur- und Windbedingungen geprägt (Schnack 2003). Die Ostsee weist daher erheblich weniger Fischarten als andere Meeresgebiete auf. Dieses ist auf den niedrigen Salzgehalt der Ostsee zurückzuführen, der einen erheblichen physiologischen Stressfaktor sowohl für marine Fischarten, wie auch für Süßwasserfische - die die Küstenbereiche besiedeln - bedeutet.

Das geringe Artenspektrum der Ostsee zeigt sich auch beim kommerziellen Fischfang, der vor allem aus Sprotte, Hering und Kabeljau, kleineren Fängen von Flunder, Scholle, Lachs und Aal, sowie aus den küstennahen Arten wie Weißfische, Zander und Stint besteht (HELCOM 2007). Die Tätigkeit des Fischens ist der direkteste anthropogene Eingriff in das Ökosystem der Ostsee. Das Fischen ist bei den vorherrschenden Arten die Haupttodesursache bei adulten Individuen und hat eine ganze Reihe von direkten oder indirekten Auswirkungen auf die Populationen, wie auch auf deren Beute und Prädatoren. Viele Arten der Ostsee sind bereits überfischt und stehen womöglich am Rande der Auslöschung. Sollten die östlichen Dorschpopulationen kollabieren, könnte eine Regeneration dieser Bestände nur sehr langsam oder womöglich gar nicht möglich sein, da sich diese Dorschpopulationen genetisch von anderen Dorschbeständen im Atlantik unterscheiden und physiologisch an die Reproduktion im brackigen Wasser der Ostsee angepasst sind. Dorsche, die aus salzreicheren Gebieten (z. B. dem Kattegat) in die östlichen Gebiete der Ostsee einwandern,

sind nur ungenügend an die dort herrschenden Bedingungen angepasst und können sich in dem brackigen Wasser nicht reproduzieren (HELCOM 2007).

Obwohl die Auswirkungen des Klimawandels auch andere Ostseefischarten betreffen (einschließlich der Platt- und Küstenfischarten, sowie glazialen Reliktarten), konzentrieren sich die meisten Untersuchungen auf die Effekte, die der Klimawandel auf die Reproduktion von Dorsch und Sprotte und auf das Wachstum von Hering und Sprotte haben könnten.

Sowohl die Salinität als auch der Sauerstoffgehalt in der Wassersäule der Ostsee sind abhängig vom Wasseraustausch mit der Nordsee, der von meteorologischen Prozessen gesteuert wird. Während der Salzwassereinbrüche bewirken starke vertikale Durchmischungen die Anreicherung der oberflächennahen Wasserschichten mit Nährstoffen und damit die Intensität der biologischen Produktion (Ojaveer & Kalejs 2005). Nach den Einbruchereignissen steigen in den betroffenen Gebieten die Salinität und der Sauerstoffgehalt der tieferen Wasserschichten an. Diese Einbrüche verbessern auch die Bedingungen mariner Arten in der Ostsee. Abnehmende Salinität verursacht dagegen einen Rückzug der marinen Arten aus den nördlichen in die südlichen Gebiete der Ostsee und begünstigt Süßwasserarten. Marine Fischarten (v. a. Dorsch, Plattfische, Hering und andere Arten, die von dem Einströmen salzhaltigen, sauerstoffreichen Wassers aus der Nordsee und der damit verbundenen Steigerung der biologischen Produktivität abhängig sind) sind sowohl von der Verschlechterung der Laichbedingungen, als auch von Veränderungen der Zusammensetzung und der Abundanz der Beuteorganismen betroffen (Ojaveer & Kalejs 2005).

Es besteht ein Zusammenhang zwischen dem Klima und der Verjüngung der Ostseefischbestände. So wies die Periode mit hohen NAO-Indizes in den Neunzigern des letzten Jahrhunderts einen negativen Zusammenhang mit der Verjüngung des Dorschbestandes, aber einen positiven mit der Verjüngung des Sprottenbestandes auf (HELCOM 2007). Die ungewöhnlichen Perioden lang anhaltender hoher NAO-Indizes seit den späten 1980er, mit dominierenden westlich geprägten Wetterlagen führte zu einem Ansteigen der Wassertemperaturen und einem Absinken des Sauerstoffgehaltes in der Ostsee aufgrund steigendem Oberflächenzuflusses bei gleichzeitig niedriger Frequenz von Salzwassereinbrüchen aus der Nordsee (BACC 2008).

Es zeigte sich auch, dass es einen Zusammenhang zwischen Klima und Wachstum bei Hering und Sprotte gibt. Die Überlebenswahrscheinlichkeit der frühen Lebensstadien der Fische der Ostsee hängt stark von den hydrographischen Bedingungen in den Laichgebieten ab. Die Eier des Ostseedorsches entwickeln sich nur in Wasserschichten mit Sauerstoffkonzentrationen über 2 ml/l und einer Salinität über 11 PSU. Bei der durch diese Salinität hervorgerufenen Dichte des Wassers „schweben“ die Dorscheier und sinken nicht weiter zu Boden. Die klimatisch bedingte Abnahme der Salinität (weniger Salzwassereinbrüche aufgrund der vorherrschenden Wetterlage) hatte eine hohe Mortalität bei den Dorscheiern zur Folge, da die Dorscheier bei niedrigeren Salinitätsgraden in tieferen Wasserschichten sinken, dort aber die Sauerstoffkonzentrationen i. d. R. geringer sind und so die Überlebensrate drastisch sinkt. Die Sprotten laichen dagegen in oberflächennahen Wassertiefen und können sich aufgrund der großen Schwebefähigkeit ihrer Eier auch bei relativ niedrigen Salzgehalten hinab zu 6 PSU erfolgreich fortpflanzen (Schnack 1996). Allerdings sind diese Oberflächenwasser stark von der winterlichen Abkühlung beeinflusst. Das Auftreten von niedrigen Temperaturen wirkt sich daher stark negativ auf die Larvenentwicklung aus. Schwache Rekrutierungen der Sprotte konnten mit strengen Wintern in Verbindung gebracht werden, in denen die Wassertemperaturen in der mittleren Wasserschicht während der Laichzeit unterhalb 4 °C lagen. In den Jahren ohne strenge Winter (negativer NAO-Index) zeigten sich sehr starke Rekrutierungserfolge der Sprotte (HELCOM 2007).

Die Frühjahrsheringe dagegen laichen bei einer Temperatur von 2 bis 9 °C und streben dabei in ausgesüßte Bereiche hinein, wobei sie z. T. bis in innerste Buchten eindringen und noch bei Salzgehalten bis hinab zu 5 PSU erfolgreich ablaichen können (Schnack 1996).

Das Nahrungsangebot kann sich ebenso als limitierender Faktor bei der Larvenentwicklung auswirken. Durch niedrige Salinität und Sauerstoffgehalte in den 1980er / 90er-Jahren war der Bestand des Copepoden *Pseudocalanus acuspes* (Giesbrecht 1881) rückgängig und führte zu einem Nahrungseingpass der frühen Larvenstadien. Das niedrige Nahrungsangebot trug zu der geringen Reproduktionsrate des Dorsches in den späten 1980ern bei und verhinderte eine Erholung der Bestände auch nach dem großen Salzwassereinbruch im Jahr 1993, der zu einer Verbesserung der Faktoren Salinität und Sauerstoff führte (HELCOM 2007). Im Frühjahr 2007 bewirkten die für die Jahreszeit ungewöhnlich hohen Wassertemperaturen, dass die Dorschlarven zwei Monate zu früh schlüpften. Durch diesen frühen Schlüpftermin fehlte es ihnen an Nahrung, denn das Phytoplankton und damit die von ihm abhängigen Benthosorganismen, die den Larven als Nahrung dienen, lagen in ihrer Entwicklung noch weit zurück.

Ähnliches lässt sich vom Hering berichten: Der Rügenschel Frühlingshering laicht im Bereich des Greifswalder Boddens ab einer Temperatur von 4 °C, die meist Ende März erreicht wird. Auch die Geschwindigkeit der weiteren Entwicklung des Laiches ist temperaturgesteuert, so entwickeln sich die Eier bei höheren Temperaturen schneller als bei niedrigeren Temperaturen. Bei 4 °C schlüpfen die Larven nach durchschnittlich 30 Tagen, während es bei 14 °C nur ca. 7 Tage bis zum Schlupf dauert (Klinkhardt 1996). Die durch den Klimawandel zu erwartenden höheren Temperaturen können zu einer schnelleren Entwicklung des Laiches des Herings führen, wodurch die Larven früher schlüpfen und auf entsprechende Nahrung (vor allem jüngere Entwicklungsstadien des Zooplanktons) nach Aufbrauchen des Dottersackes angewiesen sind. Ist zu diesem Zeitpunkt keine geeignete Nahrung verfügbar, überleben die Tiere nur wenige Tage. Dabei verlieren sie ab einem kritischen Punkt („point of no return“ nach Blaxter & Hempel 1961) die Fähigkeit der Nahrungsaufnahme, so dass - selbst wenn zu diesem Zeitpunkt dann wieder hinreichend Nahrung vorhanden ist - diese nicht mehr aufgenommen werden kann. Die Zeit bis zu diesem „point of no return“ ist wiederum abhängig von der Dottermenge und der Temperatur. Eine fundierte Aussage darüber, inwieweit hinreichend Nahrung bei einem früheren Schlupfzeitpunkt vorhanden ist und ob die entsprechenden Stadien der Beutetiere vorkommen, ist derzeit nicht möglich, da auch Zooplanktonorganismen unterschiedlich auf Erwärmung reagieren. Zum Thema „*Trophische Wechselwirkungen zwischen Zooplankton und Fischen unter dem Einfluss physikalischer Prozesse*“ läuft derzeit ein umfangreiches mehrjähriges Globec-Forschungsprogramm (www.globec-germany.de), an dem sieben deutsche Forschungsinstitute beteiligt sind. Der Hering ist dabei eine der Fischarten, die in diesem Zusammenhang genauer untersucht wird. Es sei jedoch angemerkt, dass in der Anfangsphase dieses Projektes zunächst erst Grundlagenforschung zur Erfassung von Basisinformationen durchgeführt wird.

Im Gegensatz zum Dorsch ernährt sich die Sprottenlarve hauptsächlich von den Copepoden *Acartia* spp. Die hohen Wassertemperaturen während der 1990er resultierten in einem Ansteigen dieser Copepodenbestände und damit mit einem größeren Nahrungsangebot für die Sprottenlarven, was zu großen Reproduktionsraten und großen Sprottenbeständen führte (HELCOM 2007).

Sowohl Sprotte wie auch Hering ernähren sich u. a. von Dorscheiern, wobei der Fraßdruck durch die Sprotte gerade zu Beginn der Laichzeit des Dorsches am intensivsten ist. Dieser Fraßdruck trug ebenfalls zur geringen Reproduktionsrate des Dorsches seit den 1980ern bei.

Sowohl Hering wie auch Sprotte fressen u. a. den Copepoden *P. acuspes* in der Sprungschicht der tiefen Becken der Ostsee, wobei sich ihre Fressplätze im Winter, Frühjahr und im frühen Sommer überlagern. Die reduzierte Verfügbarkeit dieses Copepoden bedingte so eine geringere Nahrungsaufnahme des Herings und führte dadurch zu geringeren Wachstumsraten und geringerer Fitness der Tiere. Die beobachteten geringeren Wachstumsraten bei der Sprotte scheinen vor allem auf starker intraspezifischer Konkurrenz innerhalb der großen Sprottenbestände zu beruhen, allerdings auch auf interspezifischer Konkurrenz mit dem Hering (HELCOM 2007).

Das Klima beeinflusst die Wassertemperatur direkt und Salz- und Sauerstoffgehalt indirekt durch Oberflächenzuflüsse v. a. der Flüsse und Salzwassereinbrüche aus der Nordsee. Veränderungen der Salinität und des Sauerstoffgehaltes haben direkt Einfluss auf die Überlebensrate der Dorscheier und indirekt über die Ab- oder Zunahme des Bestandes der Hauptnahrungsquelle (*P. acuspes*) der Larven. Hohe Temperaturen begünstigen dagegen direkt das Überleben der Eier der Sprotte und indirekt über die Auswirkungen der Temperaturen auf die Bestände der Beutetiere, die den Larven als Nahrung dienen.

Das Wachstum des Herings wird durch indirekte Effekte der Salinität und des Sauerstoffgehaltes auf *P. acuspes*-Bestände und steigendem Konkurrenzdruck steigender Sprottenbestände beeinflusst. Die großen Sprottenbestände - eine Folge der großen Reproduktionsraten während der 1990er bei gleichzeitig sinkendem Fraßdruck durch abnehmende Dorschbestände - führte ebenfalls zu einer Abnahme der Wachstumsraten der Sprotte durch intra- und interspezifische Nahrungskonkurrenz mit dem Hering. Durch den großen Fraßdruck der Sprotten- und Heringsbestände kam es zu einer weiteren Bestandsabnahme der Nahrungstiere, was die Situation zusätzlich verschärfte (HELCOM 2007).

Der Klimawandel lässt für die Ostsee weiter steigende Temperaturen sowie weiter abnehmende Salinität erwarten. Geringere Salinität in Kombination mit unzureichenden Sauerstoffgehalten in den unteren Wasserschichten, kann die Eignung der Ostsee als Lebensraum für den Dorsch weiter verringern. Im Gegensatz dazu ist durch den Klimawandel ein Anwachsen der Sprottenbestände zu erwarten. Potenzielle Möglichkeiten, die Nahrungskette und damit auch die möglichen Folgen des Klimawandels zu ändern, bietet die Fischereiwirtschaft. Durch Anpassung bzw. Verringerung der Dorschangquoten bestünde die Chance indirekt die Reproduktionsraten des Dorsches zu verbessern, auch wenn sich die allgemeinen Lebensbedingungen für den Dorsch in der Ostsee verschlechtern sollten. Größere Dorschbestände würden auch die Sprottenbestände reduzieren und als Folge dessen würde der Fraßdruck auf die Dorscheier, wie auch auf den Copepoden *P. acuspes* abnehmen. Dadurch könnte die Reproduktionsrate des Dorsches weiter zunehmen, gleichzeitig würde die intra- und interspezifische Nahrungskonkurrenz bei bzw. zwischen Hering und Sprotte verringert, was zu größeren Wachstumsraten der Individuen dieser Arten führen würde (HELCOM 2007). Darüber hinaus könnte der Klimawandel die Einwanderung von Neozoa begünstigen, die sich in der Ostsee etablieren und heimische Arten verdrängen könnten.

4.5.2.2.6 Quallen und (weitere) Neobiota

Die Artenzusammensetzung von Ökosystemen unterliegt einem ständigen Wandel. So treten Arten häufig aufgrund natürlicher Arealfluktuationen mit Erweiterung der Grenzen ihres Kernareals unerwartet in neuen Gebieten auf. Besondere Beachtung finden zunehmend Funde von Arten, die unter direkter oder indirekter Mitwirkung des Menschen in ein ihnen zuvor nicht zugängliches Gebiet gelangt sind.

Die zunehmende Häufung von Meldungen über Quallenplagen wird von Forschern hauptsächlich mit drei Faktoren in Zusammenhang gebracht: Überfischung, Eutrophierung und den Klimawandel. Jede dieser Erklärungen hat eine gewisse Plausibilität für sich, ist aber in der Gesamtheit der Wechselwirkungen noch nicht hinreichend überprüft. Die meisten Quallen sind Nahrungskonkurrenten von Kleinfischen und Fischlarven. All diese Gruppen ernähren sich vom Zooplankton. Wenn die Fischpopulation durch Überfischung stark sinkt, dann erhöht sich das Nahrungsangebot für die Quallen und ihre Zahlen steigen. Einen ähnlichen Effekt sollte die Zunahme des Planktons als Folge der Eutrophierung haben. Der Klimawandel begünstigt ebenfalls das Vorkommen von Quallen in der Ostsee. Zum einen ermöglichen höhere Wassertemperaturen das Überleben der Quallen im Winter und fördern zum anderen deren Massenentwicklung im Sommer.

Die Rippenqualle (*Mnemiopsis leidyi*) ist wahrscheinlich mit Ballastwasser von Schiffen verschleppt worden. Auf diese Weise ist diese Quallenart erstmals in den 1980er Jahren außerhalb ihrer Heimat - der amerikanischen Ostküste - im Schwarzen Meer aufgetaucht. Für den Menschen stellt das Lebewesen keine Gefahr dar. In der westlichen Ostsee wurde die Rippenqualle erstmalig im Juni 2006 nachgewiesen (Kube et al. 2007). Während zunächst nur einzelne Individuen beobachtet wurden, sind seitdem Tiere bis in die Bottnische See dokumentiert (Lehtiniemi et al. 2007). In M-V wurden im Zeitraum Winter 2006 bis Frühjahr 2007 an mehreren Küstenabschnitten Rippenquallen gesichtet und im August 2007 konnten auch Individuen in den inneren Rügensch Boddengewässern nachgewiesen werden (Kube et al. 2007).

Für den Greifswalder Bodden liegen jedoch bisher keine Funde der Rippenqualle vor. Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, dass es sich um eine Tierart handelt, die nicht befähigt ist aktiv zu schwimmen, sondern durch Strömungen passiv verdriftet wird. Die Möglichkeit des aktiven Eintrages der Rippenqualle (z. B. durch Schiffe) kann in der Zukunft nicht ausgeschlossen werden.

Sollte sich die Rippenqualle weiter ausbreiten, könnte sie die Fischbestände der Ostsee direkt und indirekt drastisch reduzieren. Die Rippenqualle - ausgewachsen zwischen sieben und zehn Zentimetern groß - ernährt sich von Zooplankton, welches nicht nur Fischlarven als Nahrung dient, sondern auch einigen adulten Fischen (Sprotte und Hering sind besonders von dieser Nahrungskonkurrenz betroffen). Darüber hinaus ernährt sich die Rippenqualle von Fischlarven und -eiern. Rippenquallen bleiben in kühlen Regionen klein (das Temperaturoptimum dieser Art liegt bei 25 °C). Je größer die Quallen werden, umso mehr Nachwuchs produzieren sie. Die Rippenqualle hat in der Ostsee könnte nur wenige natürlichen Feinde: Neben dem Dorsch kann nur die Feuerqualle ihr möglicherweise zur Bedrohung werden. Dazu müsste diese allerdings aus Richtung Nordsee bei anhaltenden Sommertemperaturen mit den Westströmen in die Ostsee gelangen (Schernewski 2008). Die Feuerqualle - oder auch Leuchtqualle genannt - kann aber eine Gefahr für Badende darstellen. Ihr Auftreten in der Ostsee wird durch das Vordringen von salzreichem Nordseewasser bestimmt. In wieweit der Klimawandel sich auf eine Ausbreitung der Feuerqualle in der Ostsee auswirkt, ist derzeit noch unklar.

In der Regel trifft man in der Ostsee jedoch nur auf Ohrenquallen (*Aurelia aurita*), deren Nesselkapseln die Haut eines Menschen nicht durchdringen und so auch kein Gift injizieren können. Eine Berührung ist zwar unangenehm, allerdings ungefährlich. Da aber die meisten Touristen nicht über taxonomische Kenntnisse bezüglich Quallen verfügen, wird das Auftauchen von Quallen jedweder Art von den Touristen immer als unangenehm und im ungünstigsten Fall als bedrohlich empfunden. Dieser Umstand kann die Wahl des Urlaubsortes stark beeinflussen.

Sollten sich die Quallen in der Ostsee aufgrund steigender Wassertemperaturen stärker ausbreiten, könnte dieses zu Einbußen bei der Fischereiwirtschaft führen, da neben der schon genannten Bedeutung der Quallen als Nahrungskonkurrent und dem erhöhten Fraßdruck auf den Fischlaich, Quallen durch ihr Gewicht auch die Netze beschädigen können (Schernewski in Gundlach 2008).

4.6 Schutzansprüche

Die Odermündungsregion ist auf Grund der einzigartigen Lebensräume für Flora und Fauna von hohem naturschutzfachlichem Wert. Große Bereiche der Region sind bereits durch mehrere nationale Schutzgebiete unter Schutz gestellt. Der ganzheitliche Schutz wird durch den „netzartigen“ Schutz von NATURA 2000 erweitert (Jahn 2007).

4.6.1 Schutz von Lebensräumen

In dem Gebiet des Oderhaffs findet man verschiedene Kategorien von Schutzgebieten. Grundsätzlich kann ein Gebiet nach mehreren Kategorien gleichzeitig ausgewiesen werden. Dies ist möglich, weil die Kategorien unterschiedliche Konventionen als Grundlage haben.

Die einzigen Kategorien, mit denen ein Gebiet nicht gleichzeitig ausgewiesen werden kann, sind die verschiedenen Großschutzgebiete (Nationalpark, Biosphärenreservat und Naturpark). Ein Gebiet kann also beispielsweise niemals gleichzeitig als Nationalpark und als Naturpark gekennzeichnet sein. Auch kann ein Gebiet nicht gleichzeitig als Naturschutzgebiet und Landschaftsschutzgebiet ausgewiesen sein. Alle anderen Kombinationen sind theoretisch möglich. Beispiele in der Region ist zum einen der Greifswalder Bodden. Dieser ist ein Vogelschutzgebiet, eine Important Bird Area, eine Baltic Sea Protected Area, in Teilen Biosphärenreservat und Naturschutzgebiet. Das Stettiner Haff ist dagegen in seiner Gesamtheit als FFH-Gebiet und Baltic Sea Protected Area und in Teilen als Vogelschutzgebiet, Naturpark, Landschaftsschutzgebiet und Naturschutzgebiet ausgewiesen.

In der Odermündungsregion trifft man auf:

1. Gebiete nach der **Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie** (92/43/EWG) (FFH-Gebiete): Die FFH-Richtlinie gilt europaweit und befasst sich mit dem Schutz von Lebensräumen und Arten. Die nach ihr gemeldeten Gebiete sind Teil des europäischen Netzwerkes NATURA 2000. In den Anhängen der Richtlinie sind die Arten und Lebensräume aufgelistet, die zu schützen sind. Die Gebiete müssen in nationalen Kategorien unter Schutz gestellt werden.
2. Gebiete nach der Vogelschutzrichtlinie (79/409/EWG, **Vogelschutzgebiete**): Die Vogelschutzrichtlinie ist eine europaweit geltende Richtlinie zum Schutze von Vögeln. Die zu schützenden Arten sind in den Anhängen aufgeführt. Die Gebiete zählen mit zu dem europäischen Netzwerk NATURA 2000. Wie die FFH-Gebiete müssen auch diese Gebiete noch national umgesetzt werden.
3. **Naturschutzgebiete**: Die Naturschutzgebiete (NSG) stellen die höchste Schutzkategorie des Naturschutzes dar. In ihnen ist keine Handlung erlaubt, die dem Schutzzweck entgegen spricht. Es handelt sich dabei um rechtlich „festgesetzte Gebiete, in denen ein besonderer Schutz von Natur und Landschaft in ihrer Ganzheit oder in einzelnen Teilen [...] erforderlich ist“ (§23 Abs.1 BNatSchG). Der Zugang wird nur gewährt, wenn es der Schutzzweck erlaubt.
4. **Landschaftsschutzgebiete**: Das Landschaftsschutzgebiet (LSG) stellt einen niedrigeren Schutzstatus als das NSG dar. Zwar ist laut §26 Abs.1 BNatSchG auch hier ein besonderer Schutz von Natur und Landschaft erforderlich, aber in einem LSG sind Nutzungen zugelassen. LSG sind auch stark auf Aspekte der Erholung ausgerichtet.
5. **Nationalpark**: Nationalparke stellen großflächige Schutzgebiete nach §24 BNatSchG dar. Sie dienen primär dem Schutz des Ökosystems, erfüllen aber in der Regel auch eine Erholungsfunktion. Es soll ein möglichst ungestörter Ablauf der Naturvorgänge gewährleistet werden.
6. **Biosphärenreservat**: Biosphärenreservate sind großflächige Schutzgebiete, die für bestimmte Landschaftstypen charakteristisch sein sollen (§25 BNatSchG). Die Reservate sind in drei

Gebietsklassen zonierte, bei der die Kernzone einem strengen Naturschutz untersteht und die beiden umgebenden Pufferzonen jeweils einen milderen Schutzstatus darstellen. Ziel der Biosphärenreservate ist eine nachhaltige Nutzung des Naturraumes.

7. **Naturpark:** Der Naturpark nach §27 BNatSchG soll weitestgehend aus Natur- und Landschaftsschutzgebieten bestehen. Diese Form der großflächigen Schutzgebiete soll vornehmlich der naturverträglichen Erholung dienen. Die Erholungsplanung soll damit einheitlich mit der Naturschutzplanung von statten gehen.

8. **Baltic Sea Protected Area:** Die (Marine and Coastal) Baltic Sea Protected Areas (BSPA) sind Gebiete, die nach der HELCOM-Empfehlung 15/5 eingeführt wurden. Um wirksam zu werden, benötigen sie eine Unterschutzstellung durch nationale Kriterien.

9. **Important Bird Area:** Die Important Bird Areas (IBA) sind Fachvorschläge für Vogelschutzgebiete von Birdlife International. Die Gebiete werden jährlich veröffentlicht und regelmäßig überarbeitet. Die Ausweisung folgt nach wissenschaftlich fundierten Kriterien. Um wirksam zu werden müssen die Important Bird Areas durch nationale Gesetze unter Schutz gestellt werden.

4.6.2 Meeresnaturschutz in der Region

In Abhängigkeit von ihren Schutzzwecken und den dazu erlassenen Ge- und Verboten können Meeresschutzgebiete mit solchen Nutzungsformen in Konflikt treten, die sich negativ auf die geschützten Arten und Lebensräume auswirken. Dazu können u. a. Sedimententnahme und -umlagerung, die Fischerei, der Seeverkehr, der Bau und Unterhalt von Leitungstrassen, die Offshore-Windenergie und der Tourismus zählen. Bei entsprechendem Management und angemessener Einbindung der lokalen Bevölkerung können der Tourismus und andere Nutzungen dabei oft mit den Zielen des Naturschutzes in Einklang gebracht werden (BMU 2006).

Das gesamte Stettiner Haff, Achterwasser, Peenestrom und der Greifswalder Bodden gehören zu den Gebieten, die nach der **Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie** (FFH-Gebiete, 92/43/EWG) ausgewiesen wurden. Als marine Lebensräume aus dem Anhang I sind hier Ästuarrien, Sandbänke mit nur schwacher ständiger Überspülung, Riffe im Sinne von Bodenstrukturen aus Hartsubstanz, flache große Meeresarme und -buchten sowie Lagunen des Küstenraumes vertreten.

Zu den Gebieten, die nach der **Vogelschutzrichtlinie** (79/409/EWG) unter Schutz gestellt sind, gehört der Greifswalder Bodden und auch Teile des Stettiner Haffs. Arten aus den Anhängen der Vogelschutzrichtlinie, die in der betrachteten Region vorkommen, sind vor allem Seetaucher, Meerestenten und Rastvögel. Geschützte Arten in der Region sind beispielsweise Trauer-, Samt- und Eisenten.

In dem betrachteten Gebiet gibt es mehrere **Naturschutzgebiete**. Das größte ist das NSG „Peenemünder Haken, Struck und Ruden“ mit 1 870 ha Fläche. Hier werden Salzwiesen- und Strandwall-Landschaft im Mündungsbereich des Peenestroms, dazu ausgedehnte Flachwasserbereiche und die Düneninsel Ruden als Vogelbrut- und Rastgebiet geschützt. Zusätzlich gibt es noch mehrere weitere Naturschutzgebiete in der Region, wie z. B. die Greifswalder Oie.

In der Region sind alle Küstenbereiche des Stettiner Haffs und die gesamte Außenküste Usedom, mit Ausnahmen kleiner Bereiche bei Lassan und Wolgast, in verschiedene **Landschaftsschutzgebiete** integriert. Von den Gewässerflächen ist nur eine Fläche des Haffs nördlich des Festlands kein Landschaftsschutzgebiet.

Im Untersuchungsgebiet befindet sich auf polnischem Gebiet der **Nationalpark Woliński**. Der Woliński-Nationalpark hat eine Fläche von insgesamt 10 937 ha. Hiervon liegen Gebiete im Ostseebereich und im Stettiner Haff.

In der Odermündungsregion befindet sich der **Naturpark** „Insel Usedom“ mit insgesamt 63 200 ha Größe. Davon fallen 27 050 ha auf die Gewässer von Ostsee, Haff, Peenestrom und Achterwasser. Von der Gesamtfläche sind 3 963 ha als **Naturschutzgebiet** ausgewiesen. Die restlichen Flächen sind als **Landschaftsschutzgebiet** deklariert.

Ausgewiesene **Baltic Sea Protected Areas** in der Region sind der Greifswalder Bodden, die Greifswalder Oie, die gesamte Odermündung inklusive Haff, Peenestrom und Achterwasser sowie die Wasserflächen des Nationalparks Jasmund. Das Gebiet um die Oderbank wurde vom Bundesamt für Naturschutz als Baltic Sea Protected Area vorgeschlagen. Bisher wurde allerdings keines der Gebiete national unter Schutz gestellt. Einzig die Meeresflächen der Nationalparks Vorpommersche Boddenlandschaft und Jasmund stehen bisher unter eben diesem Schutz (BUND Mecklenburg-Vorpommern 2002).

Der bereits erwähnte polnische Woliński-Nationalpark auf der Insel Wolin umfasst heute neben der bewaldeten Endmoränenlandschaft auch größere Wasserflächen der Pommerschen Bucht sowie das gesamte Rückstromdelta der Swine. Auf der Insel selbst, an der Küste des Großen Haffs sowie im Küstenhinterland kommen einige Naturschutzgebiete, Landschaftsparks und Landschaftsschutzgebiete hinzu. Die Naturschutzgebiete nehmen eine Fläche von rund 3 140 ha ein. Von herausragender Bedeutung ist das Reservat um den Swidwie-See, das an die Gottesheide auf deutscher Seite der Odermündungsregion anschließt. Dieses Naturschutzgebiet wurde im Jahre 1984 als Ramsar-Schutzgebiet ausgewiesen und ist somit von internationaler Bedeutung (Jahn 2007).

4.6.3 Bedeutung des Klimawandels für die Naturschutzziele

Bislang war der Naturschutz von der Wahrung bedrohter Naturdenkmäler und der Kulturlandschaft geprägt. Heute wird er mit neuen Faktoren in zerschnittenen und dicht besiedelten Lebensräumen konfrontiert. Daher muss das Prinzip des bewahrenden Naturschutzes in Frage gestellt werden. Anstelle einer statischen Konservierung muss der Erhalt der natürlichen Dynamik von Ökosystemen in den Vordergrund rücken.

In M-V gibt es noch relativ viele große, unzerschnittene Flächen. Dennoch ist der Anteil an Arten, die in der Roten Liste als gefährdet gelistet sind, nah am Bundesdurchschnitt. Dies ist vermutlich auf den hohen Anteil anspruchsvoller Arten zurückzuführen.

Aufgrund der prognostizierten großen Geschwindigkeit der Veränderungen (z. B. der Lufttemperatur) - in Kombination mit den ohnehin schon stark eingeengten Entfaltungsmöglichkeiten der Natur - könnte die Anpassungsfähigkeit vieler Arten überschritten werden.

Bei der Risikobewertung führt dies dazu, dass die so genannte Vulnerabilität für Biodiversität und Naturschutz wesentlich von den Schutzziele abhängt. Ein Festhalten am Status quo könnte daher aussichtslos sein, während der Fokus auf Prozessschutz in Ökosystemen wesentlich bessere Aussichten auf Erfolg haben könnte. Denn viele Veränderungen und Anpassungen sind bereits sichtbar und viele zu erwartende ökologische Reaktionen sind kaum oder nicht vorherzusagen oder zu modellieren.

Anzustreben ist eine Vernetzung und eine Erweiterung der Schutzziele. Risikomanagement im wirtschaftlichen Sinne beinhaltet neben der Analyse der Situation unterschiedliche Aspekte der Vermeidung, der Verminderung und der Abschätzung eines tragbaren Restrisikos. Dieses Prinzip sollte auch auf den Naturschutz übertragen werden und findet sich in Teilen bereits im Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) wieder. Dort stehen funktionale und gesunde Ökosysteme im Vordergrund, sowie die Widerstands- und Anpassungsfähigkeit gegenüber Umweltveränderungen - eine sich entwickelnde Naturlandschaft im Gegensatz zu einer statischen Kulturlandschaft.

Dazu ist vor allem die Vernetzung von Lebensräumen - die Schaffung eines Biotopverbundes - wichtig, wovon das BNatSchG ebenfalls bereits spricht. Mit Blick auf die Landnutzung sind dazu für alle Bereiche die Definition einer „guten fachlichen Praxis“ notwendig, wobei keine statischen Leitbilder sondern dynamische Standortbedingungen im Mittelpunkt stehen sollten. Die Grundlage für ein solches adaptives Management ist ein ziel- und risikoorientiertes Monitoring, das Klimafolgen genauso dokumentiert wie die Effektivität von Naturschutzmaßnahmen. Monitoring selbst ist aber noch kein Naturschutz. Für einen solchen Ökosystemansatz im Naturschutz ist die Landschaftsplanung ein wichtiges Instrument, das auf unterschiedlichen Maßstäben angewandt werden und auch unterschiedliche Szenarienplanungen einbeziehen kann.

Eine zentrale Rolle in der Anpassungsfähigkeit der Natur werden daher vor allem die Großschutzgebiete spielen, die als stressarme Räume eine Hafenfunktion einnehmen könnten. Sie müssen aber zusätzlich über Trittsteine verbunden sein, um ausreichend Resilienz und Konnektivität zu gewährleisten. Dazu gehört auch eine größere Offenheit gegenüber bislang gebietsfremden Arten. Grundsätzlich muss sich also der Ansatz des Naturschutzes wandeln, hin zu einem adaptiven, strategischen Management, das sich an der „Gesundheit“ der Ökosysteme und an ihren Funktionen orientiert, und nicht an einem statischen Leitbild - verbunden mit einer ebenso strategischen Umweltbeobachtung.

Die Fokussierung von NATURA 2000 auf Zielarten könnte dabei allerdings problematisch werden. Denn in der Argumentation für Schutzgebiete wurde der Bezug auf Arten als wesentlicher Faktor herausgestellt, gleichzeitig aber eine größere Flexibilität in den Schutzziele erwartet, etwa in die Richtung des System- oder Prozessschutzes. Ein möglicher Konflikt zwischen Arten- und Prozessschutz wurde hierbei nicht nur innerhalb der Naturschutz-Szene befürchtet. Die bisherige Umsetzung des Naturschutzes frage bislang vor allem nach dem Vorhandensein bestimmter Arten. Für den Prozessschutz fehlten dagegen bislang handhabbare Kriterien (Kreft 2007).

5 ZUSAMMENFASSUNG

Generell ist festzustellen, dass die Ergebnisse globaler Klimamodelle wie ECHAM5 oder auch regionaler Modelle wie REMO oder WettReg nicht als Vorhersagen interpretiert werden dürfen, sondern lediglich als Klimaprognosen oder Klimaszenarien, die nur mögliche künftige Entwicklungen darstellen. Kein Klimamodell ist heute in der Lage das Klima für einen bestimmten Zeitraum vorauszusagen. Gründe für diese Unsicherheiten und die großen Spannweiten der Ergebnisse liegen darin, dass für die Berechnung des Klimas Informationen über bestimmte Faktoren vorliegen müssen, die heute noch nicht bekannt sind. Zu diesen Faktoren zählen sowohl klimatische - z. B. eventuelle Zunahme der Bewölkung - als auch nicht-klimatische Einflüsse - z. B. technologischer Wandel oder politische Entwicklungen (Mayer 2007).

Auch die Prognosen der demografischen Entwicklung (Kapitel 3.2.1, Seite 20 ff.) darf man nicht als Vorhersage fehlinterpretieren. Hier muss beachtet werden, dass sich eine künftige Bevölkerung nicht exakt berechnen lässt. So komplex diese Modelle auch sein mögen, beruhen sie doch nur auf bestimmten Annahmen - z. B. Geburtenraten und Lebenserwartung - die ihrerseits häufig das Ergebnis von Extrapolationen vergangener Trends sind. Sich plötzlich ändernde wirtschaftliche oder politische Voraussetzungen können bei solchen Prognosen natürlich nicht mit berücksichtigt werden. So wiesen frühere Bevölkerungsprognosen schon nach weit weniger als 50 Jahren erhebliche Fehler auf. Das liegt nicht an den Unvollkommenheiten der Statistiker, sondern an den Trendumbrüchen. Vor 50 Jahren konnten Statistiker nicht wissen, dass es in den 60er Jahren zu Innovationen bei der Empfängnisverhütung und einem „Pillenknick“ der Geburtenrate kommen würde; auch die Immigration von 2,5 Millionen Aussiedlern aus Osteuropa, das Ende der Vollbeschäftigung Mitte der 70er Jahre oder die deutsche Wiedervereinigung und der darauf folgende drastische Einbruch der ostdeutschen Geburtenrate war nicht vorhersehbar.

Festhalten lässt sich aber, dass sich die Bundesrepublik Deutschland seit einigen Jahrzehnten in einem gravierenden Wandel ihrer Bevölkerungsstruktur befindet, der durch zwei dominante Trends - Schrumpfung und Alterung - gekennzeichnet ist. Dieser Wandel, der besonders im Osten Deutschlands sehr ausgeprägt ist, nimmt eine Entwicklung vorweg, die in ähnlicher Form und mit einer Verzögerung von etwa 20 Jahren auch in den alten Bundesländern erwartet wird. Sollten die in Kapitel 3.2.1 (Seite 20 ff.) ausführlich geschilderten demografischen Entwicklungen tatsächlich eintreten, hätten diese ökonomische Wirkungen zur Folge, die ganz erheblich sein können.

Bei aller Kritik an Prognosen lassen sich Trends wie der Klimawandel und der demografische Wandel aufgrund ihrer Mächtigkeit und des Zeitverzuges der Wirkung etwaiger Gestaltungsmaßnahmen mit relativ hoher Sicherheit bis in das Jahr 2020 prognostizieren.

Der Klimawandel wird in der Odermündungsregion bis 2020 nur zu leichten Veränderungen führen (siehe Abb. 7, Seite 19) und werden von der breiten Bevölkerung wahrscheinlich (noch) eher positiv bewertet: Möglich scheint eine Verlängerung der touristischen Saison, mehr Sonne und weniger sommerlicher Niederschlag. Zeitweise könnte es zu kurzfristigen Verknappungen des Trinkwassers in den Sommermonaten kommen (v. a. auf Usedom und Wolin), und auch die sommerliche Waldbrandgefahr wird sich erhöhen: Dadurch wären häufigere Zugangsbeschränkungen von Waldgebieten möglich. Das Auftreten von Quallen und Algenblüten wird sich häufen, aber noch nicht in einer Form, die den Tourismus drastisch negativ beeinflusst. Hinsichtlich der Tourismuswirtschaft könnte der Klimawandel bis zum Jahr 2020 daher eher positive Auswirkungen haben und könnte diesen in der Region sogar fördern. Durch den mit dem Klimawandel verbundenen möglichen Anstieg des Meeresspiegels werden die Maßnahmen des Küstenschutzes bis 2020 aufwändiger und teurer, sind aber noch zu leisten.

Die Landwirtschaft dürfte sich auf die noch moderaten Veränderungen durch eine geeignete Sortenwahl weitgehend angepasst haben, allenfalls hin- und wieder auftretende Dürrezeiten und andere Wetterextreme mindern die Erträge. Durch die weltweit steigende Nachfrage nach Futter- und Energiegetreide und der möglicherweise anhaltenden Förderung von Biokraftstoffen könnten

sich neue Verdienstmöglichkeiten für die Landwirte im Odereinzugsgebiet ergeben. Sicher scheint aber, dass vor allem die polnische Landwirtschaft weiter intensiviert wird, und somit auch der Dünger- und Pflanzenschutzmittelverbrauch. Dieses hätte Auswirkungen auf die Wasserqualität der Oder, das Haff und die Ostsee.

Auch die Forstwirtschaft könnte von den Entwicklungen auf dem Energiemarkt profitieren. Mögliche denkbare Folgen könnten dann drastische Veränderungen in der Eigentumsstruktur und eine intensivere Bewirtschaftung der Waldgebiete sein.

Hinsichtlich der Fischereiwirtschaft wird nicht der Klimawandel maßgeblich sein, sondern die allgemeine Situation der Fischbestände in der Ostsee. Durch Überfischung und Eutrophierung werden die Fischbestände zunehmend weiter reduziert, bis schließlich durch politische Maßnahmen (Fangquoten, Schutzzeiten und -zonen, Beifangregulierungen etc.) der Fischfang so weit eingeschränkt wird, dass er schließlich nicht mehr wirtschaftlich sein wird. Daher erscheint es sehr fraglich, ob im Jahr 2020 eine Fischereiwirtschaft, wie sie zurzeit im Odermündungsgebiet betrieben wird, noch existiert.

Allgemein ist festzuhalten, dass - unabhängig von der regionalen wirtschaftlichen Entwicklung - der Druck durch den Verkehr bis 2020 steigen wird. Dies trifft sowohl auf den straßengebundenen Verkehr wie auch auf den Seeverkehr zu. In beiden Bereichen werden große Wachstumsraten angenommen. Mit Zunahme des Schiffsverkehrs steigt zudem auch das Risiko einer Schiffshavarie, die katastrophale ökologische und wirtschaftliche Folgen haben könnte.

Der demografische Wandel dürfte bis zum Zeitraum 2020 aber wohl die größten Auswirkungen auf den Untersuchungsraum haben. Bevölkerungsschwund und Überalterung könnten sich negativ auf die gesamte Wirtschaft auswirken.

Weniger sicher lässt sich eine Prognose der wirtschaftlichen Entwicklung aufstellen. Aus diesem Grund wurde deshalb hier auf das von Hirschfeld et al. (2009) entwickelte Szenario der wirtschaftlichen Entwicklung des Odereinzugsgebietes zurückgegriffen. Von den insgesamt 27 möglichen Szenarien werden hier drei aufgeführt und deren Folgen für das Untersuchungsgebiet darstellt.

Diese Szenarien sind:

- ein Szenario, das wahlweise eine gleich bleibende leicht positive wirtschaftliche Entwicklung darstellt („business as usual“)
- ein Szenario mit starkem Wirtschaftswachstum oder
- ein Szenario mit einer stagnierenden Wirtschaft.

Alle Entwicklungen - Klimawandel, demografischer Wandel sowie wirtschaftliche Entwicklung - werden Auswirkungen auf die Quantität und Qualität zukünftiger land- und wasserseitiger Nutzungsansprüche haben. Problematisch bei der Abschätzung möglicher Konsequenzen dieser Transformationsprozesse ist die Tatsache, dass diese sich häufig gegenseitig beeinflussen.

In dem wirtschaftlichen „business as usual-Szenario“ von Hirschfeld et al. (2009) kann die Wirtschaft bis 2020 keine ausreichenden Impulse setzen, die den demografischen Trend abschwächen oder deutlich verändern könnten. In diesem Szenario folgen alle Wirtschaftsbereiche den aktuellen Trends: Die Landwirtschaftspolitik setzt die für die nächsten Jahre geplanten Reformschritte (einschließlich einer weiteren graduellen Liberalisierung des Agrarhandels im Zuge des WTO-Prozesses) konsequent um. In der Siedlungswasserwirtschaft werden die auf europäischer und nationaler Ebene beschlossenen Ziele zur Minderung der Nährstoffeinträge realisiert. Der Tourismus entwickelt sich in Fortsetzung der Trends der letzten Jahre mit einem moderaten, aber stabilen Wachstum und bleibt Motor der Entwicklung an der Küste. Diese Entwicklung kann aber weiterhin nur begrenzte Impulse für die Wirtschaft im Hinterland setzen. Es besteht ein moderates beständiges Wachstum der Besucherzahlen (Übernachtungsgäste und

Tagestouristen) sowie eine moderat weiter steigende Nachfrage nach Liegeplätzen in Marinas und nach Wassertourismusdienstleistungen allgemein. Außer durch den Tourismus wird das Wachstum der regionalen Wirtschaft auch durch Hafenwirtschaft und Logistikbranche sowie dem tertiären Sektor allgemein getragen. Der kommerzielle Fischfang wird weiter abnehmen, an seine Stelle treten vermehrt touristische Dienstleistungen der Fischkutter, wie z. B. Ausfahrten und Angeltouren. Die touristische Infrastruktur wird im Tempo der letzten 5 Jahre weiter ausgebaut. An manchen Küstenabschnitten wird es spürbar „voller“ (mit Abwanderungs- oder Ausweichtendenzen der Besucher). Bisher wenig besuchte Abschnitte werden nach und nach erschlossen und ausgebaut. Bestehende Naturschutzgebiete genießen jedoch Bestandsschutz und werden im Rahmen europäischer Anforderungen gegebenenfalls sogar weiter ausgeweitet – allerdings nicht in unmittelbarer Nähe stark genutzter Küstenbereiche, da hier die weitere Entwicklung der regionalen Tourismuswirtschaft Vorrang genießt. Gewässerqualität, Naturschutz und wirtschaftliche Entwicklung werden gleichermaßen gefördert, wobei auf allen Ebenen eine leicht positive Entwicklung zu erwarten ist. Die Ziele der WRRL werden aber wohl nicht erreicht. Negativ hinsichtlich der Gewässerqualität wird der weitere Anstieg der Nährstoffüberschüsse v. a. aus der polnischen Landwirtschaft sein, die den Großteil der Flächen im Odereinzugsgebiet bewirtschaftet. Der unmittelbare Küstenstreifen ist von relativ niedriger Arbeitslosigkeit gekennzeichnet, da insbesondere die mit dem Tourismus verbundenen Dienstleistungen viele Arbeitsplätze bieten, sowie der Ausbau der damit verbundenen Infrastruktur auch Bau- und Handwerksleistungen erfordert. Die Touristen bringen Kaufkraft in die Küstenregion, die auch dem Einzelhandel zugute kommt. Das Hinterland bleibt weiterhin strukturschwach mit relativ hoher Arbeitslosigkeit und weiterer Abwanderung. Der Nutzungsdruck auf die Küste und die Küstengewässer nimmt zu, lässt sich aber noch mit den Zielen des Naturschutzes weitgehend vereinbaren.

In dem Szenario des starken wirtschaftlichen Wachstums bis 2020 verzeichnen die küstennahen Regionen deutlich gestiegene Besucherzahlen und kontinuierlich hohe Wachstumsraten. Der Klimawandel verlängert die Saison, Klimapolitik verteuert Fern- und Flugreisen und es besteht im Untersuchungsgebiet eine deutlich steigende Nachfrage nach Liegeplätzen in Marinas und nach Wassertourismusdienstleistungen allgemein. Die touristische Infrastruktur wird forciert weiter ausgebaut - mit höheren Wachstumsraten als in den letzten fünf Jahren. Dieser Zuwachs an regionalem Sozialprodukt wirkt auch ins Hinterland und führt auch dort zu einem Rückgang der lange Zeit relativ hohen Arbeitslosigkeit. Der kommerzielle Fischfang wird weiter abnehmen, aber auch in diesem Szenario könnten die Fischer diese Einbußen teilweise durch touristische Dienstleistungen (beispielsweise Ausfahrten und Angeltouren) kompensieren. Die Touristen bringen verstärkt Kaufkraft in die Küstenregion, was auch der Wirtschaft im Hinterland fördert. Das Hinterland profitiert - wenn auch schwächer als der Küstenstreifen - von der starken wirtschaftlichen Entwicklung. Zunehmend siedeln sich auch hier weniger standortgebundene Dienstleistungsunternehmen (z. B. aus der IT-Branche) an, die von der Attraktivität des Küstenstandortes und der damit verbundenen Lebensqualität für ihre Mitarbeiter angezogen werden. Ebenso profitieren Handwerk und Industrie von diesem Wachstum. In diesem Szenario bleiben zwar Disparitäten zwischen Küste und Hinterland bestehen, durch die positive wirtschaftliche Entwicklung kann der demografische Wandel jedoch abgeschwächt werden. An manchen Küstenabschnitten kommt es zu spürbarer Übernutzung, bisher wenig besuchte Abschnitte werden forciert erschlossen und ausgebaut. Der Druck auf naturnahe Biotope entlang der Küste wächst - durch stärkere Nutzung bisher genutzter Abschnitte und Ausbau der Nutzung auch in bisher wenig erschlossene Gebiete hinein. Naturschutzgebiete werden nicht mehr ausgeweitet und geraten in ihrem Bestand z. T. sogar unter Druck, wenn sie touristischen Investitionsprojekten im Wege stehen. Insgesamt wächst dadurch der Nutzungsdruck auf Flächen sehr stark, der Versiegelungsgrad steigt, ebenso die Verkehrs- und die allgemeine

Umweltbelastung. Gewässerqualität und Naturschutz werden der wirtschaftlichen Entwicklung z. T. untergeordnet und die Ziele der WRRL nicht erreicht. In diesem Szenario wird im Unterschied zum „business as usual“-Szenario die landwirtschaftliche Nutzung stärker intensiviert. Folge sind u. a. deutlich höhere Nährstoffüberschüsse in allen nationalen Teilregionen des Odereinzugsgebietes, was sich negativ auf die Gewässerqualität auswirkt. Der Nutzungsdruck auf die Küste und die Küstengewässer nimmt stark zu, und lässt sich häufig nicht mehr mit den Zielen des Naturschutzes vereinbaren (Hirschfeld et al. 2009).

In einem dritten Szenario skizzierten Hirschfeld et al. (2009) die Folgen einer zunächst stagnierenden und sich dann negativ entwickelnden Wirtschaft im Untersuchungsraum im Jahr 2020. In diesem Szenario verliert die Ostseeküste als Urlaubsdestination an Wertschätzung, oder benachbarte Länder wie beispielsweise Polen etablieren sich als ernstzunehmende Konkurrenten. Klimaschutzpolitik hat an Stellenwert verloren, Flugreisen sind weiterhin sehr preiswert und somit auch Fernreisen weiterhin attraktiv. Das Wachstum im Tourismusbereich verlangsamt sich bis hin zu einer Stagnation der Besucherzahlen. In weniger attraktiven Küstenorten sowie am Oderhaff sind sie nach der vorübergehenden Konjunktur zur Jahrtausendwende inzwischen sogar wieder leicht zurückgegangen. Dieses hat auch negative Auswirkungen auf die regionale Wirtschaft. Die Handelsströme laufen inzwischen an der deutschen Ostseeregion vorbei, so dass auch aus der Hafenvirtschaft und dem Logistikbereich geringe Impulse kommen. Steigende Arbeitslosigkeit erfasst nun auch den Küstenstreifen und prägt umso stärker noch im Hinterland das Bild. Vor diesem Hintergrund sind die Steuereinnahmen zurückgegangen und die Region ist auf Transfers aus dem Bundeshaushalt, dem Länderfinanzausgleich und von der Europäischen Union abhängig – die jedoch nicht mehr im Ausmaß der 1990er Jahre bereitstehen. Die Abwanderungstendenz aus dem Hinterland bleibt bestehen und ist jetzt auch im Küstengebiet deutlich spürbar: Das Land wird immer „leerer“ und die Bevölkerung immer älter. Dies führt zu einem Mangel an jungen Arbeitskräften und vermindert zusätzlich die Attraktivität der Region als wirtschaftlicher Ansiedlungsraum. Die Intensität der Landwirtschaft sinkt nach der Liberalisierung der Agrar- und Handelspolitik, der Einsatz von chemisch-synthetischen Düngemitteln geht relativ zum „business as usual“-Szenario zurück und verringert die Nährstoffbelastung der Gewässer. Die Siedlungswasserwirtschaft wird auch hier planmäßig ausgebaut. Die Gewässerqualität wird deutlich besser, aber auch in diesem Szenario ist ein Erreichen der Ziele der WRRL im Oderhaff unwahrscheinlich. Der Nutzungsdruck auf die Küste und die Küstengewässer nimmt deutlich ab, die Ziele des Naturschutzes lassen sich leichter einhalten (Hirschfeld et al. 2009).

Im Hinblick auf die derzeitiger Weltwirtschaftskrise und der möglichen langfristigen Folgen erscheint das dritte wirtschaftliche Szenario als sehr wahrscheinlich.

6 FAZIT

Auch wenn in den letzten Jahren die Tourismusbranche in M-V zweistellige Wachstumsraten aufwies, ist es für die Zukunft unwahrscheinlich, dass dieser Trend anhält. Wahrscheinlich erscheint im Hinblick auf die allgemeine demografische und wirtschaftliche Entwicklung Deutschlands ein Szenario einer zunächst stagnierenden und sich schließlich negativ entwickelnden Wirtschaft auf der deutschen Seite des Odermündungsgebietes. Der Tourismus wird trotz möglicherweise attraktiver Angebote v. a. durch den allgemeinen Kaufkraftschwund früher oder später Einbußen hinnehmen müssen. Da der Tourismus der bedeutendste wirtschaftliche Faktor in der Region ist, würde eine solche Entwicklung weit reichende wirtschaftliche und soziale Folgen haben.

Zudem besteht die Möglichkeit, dass durch die ähnlich gestaltete Küste Polens ein ernstzunehmender Mitbewerber entsteht. Durch den Rückgang der Bevölkerung allgemein und der wahrscheinlichen wirtschaftlichen Stagnation sinkt der Nutzungsdruck auf die Küste und die Küstengewässer. Ausnahme bilden nur der Verkehr und die Landwirtschaft. Sowohl land- wie auch seeseitig ist mit einer Zunahme v. a. des Transportverkehrs zu rechnen. Dadurch steigt zum einen die allgemeine Umweltbelastung durch Schadstoffe, die die Fahrzeuge emittieren, zum anderen steigt das Unfallrisiko, was im Falle einer Schiffshavarie katastrophale Folgen haben könnte.

Die andere Ausnahme bildet die Landwirtschaft. Auch wenn diese in der Odermündungsregion selbst zurückgehen würde, ist doch davon auszugehen, dass im Odereinzugsgebiet, v. a. in Polen der Grad der Intensivierung der Land- und Forstwirtschaft zunehmen und der bisher niedrige Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln erheblich steigen wird. Dies könnte erhebliche negative Folgen auf die Gewässerqualität des Odereinzugsgebietes, der Oder, des Oderhaffs und auch der Ostsee haben.

Auch wenn der direkte anthropogene Druck auf die Küste und die Küstengewässer bis 2020 stagnieren oder teilweise sogar zurückgehen sollte, so wird doch die indirekte Belastung durch Eutrophierung und Erwärmung der Gewässer zunehmen.

Ob sich unter diesen Bedingungen die Naturschutz-, Artenschutz- und Gewässerschutzziele erfüllen bzw. erreichen lassen erscheint fraglich. Vor allem die Umsetzung der WRRL wird wohl kaum zu verwirklichen sein. Der Klimawandel selbst wird – sofern die Prognosen stimmen – wahrscheinlich erst später - d. h. nach 2020 - deutlicher spürbar werden. Ob der damit verbundene mögliche Meeresspiegelanstieg schon in dem relativ kurzen Zeitraum bis 2020 deutliche negative Folgen auf die Küstenregion haben wird, kann weder prognostiziert noch ausgeschlossen werden.

7 VERWENDETE ABKÜRZUNGEN

ATEAM	Advanced Terrestrial Ecosystem Analysis and Modelling
BACC	BALTEX Assessment of Climate Change for the Baltic Sea basin
BB	Brandenburg
BBR	Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung
BfAFI	Bundeforschungsanstalt für Fischerei
BFN	Bundesamt für Naturschutz
BLG	Bundesleistungsgesetz
BMU	Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, kurz Bundesumweltministerium
BMVEL	Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung, Landwirtschaft und Forsten
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
BSPA	Baltic Sea Protected Areas
BUND	Bund für Umwelt- und Naturschutz Deutschland
BVWP	Bundesverkehrswegeplan
C3-Pflanze	Pflanzen bei denen das erste stabile Produkt nach der CO ₂ -Fixierung ein Molekül ist, das drei C-Atome besitzt.
C4-Pflanze	Pflanzen bei denen das erste stabile Produkt nach der CO ₂ -Fixierung vier C-Atome hat.
CEC	Climate & Environment Consulting
CO ₂	Kohlendioxid
DDR	Deutsche Demokratische Republik
DIW	Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung
dt	dezitonne = 100 Kilogramm
D	Deutschland
DWD	Deutscher Wetterdienst
DWIF	Deutsches Wirtschaftswissenschaftliches Institut für Fremdenverkehr e.V.
EEA	European Environment Agency
EFF	Europäischer Fischereifond
EFRE	Europäische Fonds für Regionale Entwicklung
EU	Europäische Union
EWG	Europäische Wirtschaftsgemeinschaft
EZG	Einzugsgebiet
FFH	Fauna-Flora-Habitat
FSME	Frühsommer-Meningo-Enzephalitis
H ₂ S	Schwefelwasserstoff
HELCOM	Helsinki Commission
IBA	Important Bird Area(s)
IKSO	Internationale Kommission zum Schutz der Oder gegen Verunreinigung
IKZM	Integriertes Küstenzonenmanagement

IMO	I nternational M aritime O rganization
INSM	I nitiative N eue S oziale M arktwirtschaft
IOR	I nstitut für O stseefischerei, R ostock
IPCC	I ntergovernmental P anel on C limate C hange, Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderung (auch Weltklimarat genannt)
LSG	L andschaftsschutzgebiet
LWK	L andwirtschaftskammer
MLUV	M inisterium für L andwirtschaft, U mwelt und V erbraucherschutz
MV, M-V	M ecklenburg- V orpommern
N	Stickstoff
NAO	N orth A tlantic O scillation
NSG	N aturschutzgebiete
ÖPNV	Ö ffentlicher P ersonen n ahverkehr
OVP	O st v orpommern
PSU	P ractical S alinity U nits, Bezugsgröße zur Angabe der Salinität
Ramsar	Internationales Übereinkommen über Feuchtgebiete, insbesondere als Lebensraum für Wasser- und Watvögel, Ramsar (Iran) war der Verhandlungsort
REMO	dynamisches R egional m odell (Klimaszenario) des Max-Planck-Instituts
SARS	(S evere A cute R espiratory S yndrome) Schweres Akutes Respiratorisches Syndrom
SCBD	S ecretariat of the C onvention on B iological D iversity
SN	S achsen
StatA MV	S tatistisches A mt M ecklenburg- V orpommern
STAUN	S taatliches A mt für U mwelt und N atur
t	Tonne, 1000 kg
TEN	T rans- E uropean N etworks
TEU	T wenty-feet E quivalent U nit. Die verbreitetsten ISO-Container haben eine Breite von 8 Fuß und sind entweder 20 Fuß (TEU) oder 40 Fuß (FEU = Forty-feet Equivalent Unit) lang.
UBA	U mwelt b undesamt
UER	U ecker- R andow
Vb	(V = römische 5) 5b-Wetterabfolge: Ein Tiefdruckgebietverlauf, benannt durch W.J. van Bebbber (1841-1905)
VDE	V erkehrsprojekte D eutsche E inheit
WBGU	W issenschaftlicher B eirat der Bundesregierung. G lobale U mweltveränderungen
WBGU	W issenschaftlicher B eirat G lobale U mweltveränderungen
WettReg	w etterlagenbasierte R egionalisierungsmethode (Klimamodell) der Firma Climate & Environment Consulting (CEC)
WHO	W orld H ealth O rganization
WiWo	W irtschafts W oche
WRRL	W asserrahmen r ichtlinie
WWF	W orld W ildlife F und

8 L I T E R A T U R

- Anders, S.; Beck, W.; Lux, W.; Müller, J.; Fischer, R.; König, A.; Küppers, J.-G.; Thoroë, C.; Kätzel, R.; Löffler, S.; Heydeck, P. & K. Möller (2004): Auswirkung der Trockenheit 2003 auf Waldzustand und Waldbau. Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Hamburg.
- Arminger, G.; Bommert, K. & T. Bonne (1995): Einfluss der Witterung auf das Unfallgeschehen. Forschungsbericht für die Bundesanstalt für Straßenwesen. Bergisch Gladbach. 194 Seiten.
- BACC (2008): Assessment of Climate Change for the Baltic Sea Basin Series: Regional Climate Studies. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. ISBN: 978-3-540-72785-9.
- Baerens, C. & P. Hupfer (1999): Extremwasserstände an der deutschen Ostseeküste nach Beobachtungen und in einem Treibhausgasszenario. IN: Die Küste. Heft 61. S. 47-71.
- Bangel H.; G. Schernewski, A.; Bachor & M. Landsberg-Uczciwek (2004): Spatial pattern and long-term development of water quality in the Oder estuary, IN: Schernewski G. & T. Dolch (eds.): The Oder Lagoon – against the background of the European Water Framework Directive. Marine Science Reports 56 (2004).
- BAT Freizeitforschungsinstitut (2005): Deutsche Tourismusanalyse 2005. Hamburg
- BBR (2001): Raumentwicklung und Raumordnung in Deutschland – Kurzfassung des Raumordnungsberichts 2000. BBR - Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (Hrsg.). Bonn.
- BBR (2006): Beschäftigungspotenziale des Tourismus in den ländlichen Regionen der neuen Bundesländer. Endbericht. BBR - Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (Hrsg.). BBR-Online-Publikation Nr. 2/2006.
- BBR (2007): Strategien zur Stärkung des Tourismus in den neuen Bundesländern unter Berücksichtigung der nationalen und internationalen Wettbewerbssituation. Endbericht. BBR - Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (Hrsg.). BBR-Online-Publikation Nr. 20/2007.
- Beniston, M. (2004): The 2003 heat wave in Europe: A shape of things to come? An analysis based on Swiss climatological data and model simulations. Geophysical Research Letter, 31.
- BfAFI (2700): Dorsch/Kabeljau-Fänge durch die deutsche Freizeitfischerei der Nord- und Ostsee, 2004 – 2006. Bericht einer Pilotstudie im Rahmen des Nationalen Fischerei-Datenerhebungsprogrammes gemäß der Verordnung der Kommission (EC) No 1581/2004, 7. BfAFI - Bundesforschungsanstalt für Fischerei. Institut für Ostseefischerei Rostock. Rostock.
- BFN (2004): Daten zur Natur 2004. Bundesamt für Naturschutz BFN. Bonn.
- Blaxter, J. H. S. & G. Hempel (1961): Biologische Beobachtungen bei der Aufzucht von Heringsbrut. Helgoländer wiss. Meeresunters. 7: 260-283.
- BMU (2006): Integriertes Küstenzonenmanagement in Deutschland - Nationale Strategie für ein integriertes Küstenzonenmanagement. BMU - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Bonn.
- BMVEL (2003 a): Ernte 2003 - Starke Ertragseinbußen durch Dürre, aber gute Brotgetreidequalitäten und Getreidepreise. Bundesministerium für Verbraucherschutz Ernährung Landwirtschaft und Forsten. BMVEL. Pressemitteilung Nr. 215 vom 28. August 2003.
- BMVEL (2003 b): Bericht über den Zustand des Waldes. Bundesministerium für Verbraucherschutz Ernährung Landwirtschaft und Forsten. BMVEL, Berlin.

- BMVEL (2004): Bericht über den Zustand des Waldes. Bundesministerium für Verbraucherschutz Ernährung Landwirtschaft und Forsten. BMVEL, Berlin.
- Bundesregierung (2004): Agrarpolitischer Bericht 2004 der Bundesregierung, Berlin.
- Demuth, N. (2004): Niedrigwasser und Dürre - Eine Europäische Perspektive; Kurzbericht des Sekretariats für IHP (International Hydrological Programme of UNESCO) und HWRP (Hydrology and Water Resources Programme of WMO). BAfG, Koblenz.
- Deutsche Bank Research (2007): Klimawandel und Branchen: Manche mögen's heiß. Frankfurt am Main. Deutschland. Internet: www.dbresearch.de. Print: ISSN 1430-7421.
- Deutsche Zentrale für Tourismus (2004): 2003 – Tourismus in Deutschland. DTV. Bonn.
- Doleschel P, (2007) Klima und Landwirtschaft – Anpassungsmöglichkeiten in Ackerbau und Tierhaltung. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft. Als pdf-Download: www.stmlf.bayern.de/agrarpolitik/aktuell/24609/linkurl_0_9_0_2.pdf
- Downing, T.E.; Harrison, P.A.; Butterfield, R.E. & K.G. Lonsdale (2000) Climate change, climatic variability and agriculture in Europe. Environmental Change Institute, Oxford.
- Dziewiaty, K. & P. Bernardy (2007): Auswirkungen zunehmender Biomassenutzung (EEG) auf die Artenvielfalt - Erarbeitung von Handlungsempfehlungen für den Schutz der Vögel der Agrarlandschaft. Endbericht. Auftraggeber: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.
- Edler (2005): Nutzungskonflikte in den Küstengewässern der Odermündungsregion unter Darstellung der Rechtsgrundlagen. IKZM-Oder Berichte 8 (2005). EUCC – Die Küsten Union Deutschland e.V.
- EEA (2004). Impacts of Europe's changing climate, An indicator-based assessment, Rep. No. 2. European Environment Agency (EEA), Luxembourg.
- Europäische Kommission (2008): Prospects for Agricultural Markets and Income in the European Union 2007 – 2014.
- Erdmann, L., Behrendt, S. & Marwede, M. (2008): Wald und Klimawandel. Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung (IZT). Zukünfte und Visionen Wald 2100: Langfristige Perspektiven von Wald- und Landnutzung – Entwicklungsdynamiken, normative Grundhaltungen und Governance.
- Feemers, M.; Blaschke, M.; Skatulla, U. & H.-J. Gulder (2003): Klimaveränderung und biotische Schäden im Wald. Bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft und Forsten. LWF aktuell, 37, 19-22.
- Feige, D.M., Seidel, A., Kirchhoff, M., & Smettan, C. (1999): Forschungsvorhaben Küstentourismus und Klimawandel – Entwicklung des Tourismus im deutschen Küstenbereich unter besonderer Berücksichtigung der Wahrnehmung und Bewertung von Klimafolgen durch relevante Entscheidungsträger. dwif – Deutsches Wirtschaftswissenschaftliches Institut für Fremdenverkehr e.V. an der Universität München, Berlin.
- Germanwatch (2007): Auswirkungen des Klimawandels auf Deutschland. Germanwatch. www.germanwatch.org. ISBN: 978-3-939846-06-2.
- Glaeser B.; A. Sekścińska & N. Löser (eds) (2005): Integrated Coastal Zone Management at the Szczecin Lagoon: Exchange of experiences in the region, Coastline Report 6, Berlin and Warnemünde.
- Gosselck, F.; Schulz, N.; Winkler, H. & R. Lauterbach (1999): Untersuchungen des ökologischen Zustandes und der Eignung der in den inneren Küstengewässern des Landes

- eingerrichteten Laichschonbezirke (unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag des Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Fischerei M-V).
- Gosselck, F. & H. Schabelon (2007): Aktueller Zustand und historische Entwicklung des Makrozoobenthos und des Makrophytobenthos des Oderästuars - Ein Überblick. IKZM-Oder Berichte 36
- Grieser, J. & C. Beck (2002): Extremniederschläge in Deutschland – Zufall oder Zeichen. IN: Klimastatusbericht 2002 (Hrsg. DWD – Deutscher Wetterdienst). DWD, Offenbach.
- Grunow, B. (2006): Langjährige und saisonale Dynamik des Phytoplanktons im Oderästuar. IKZM-Oder Berichte 28.
- Gundlach (2008): Klimawandel bringt mehr Sommer und mehr Sorgen. Längere Badesaison, Quallenplagen, höhere Sturmfluten – Fachleute diskutierten in Rostock die Folgen der Erderwärmung für MV“. Ostsee Zeitung. 22. Mai 2008.
- Gürtler, M. (2004): Demografischer Wandel - Herausforderung für die Kommunen - Auswirkungen auf Infrastruktur und Kommunalfinanzen. Taurus Diskussionspapiere. Trier 2004. ISBN 3-931653-16-1
- HELCOM (2007): Climate Change in the Baltic Sea Area. HELCOM Thematic Assessment in 2007 Balt. Sea Environ. Proc. No. 111.
- Hirschfeld, J., Behrendt, H., Edler, J., Janßen, H., Knippschild, R. & Czarnecka-Zawada (2009): Transformationsprozesse im Einzugsgebiet der Oder – Szenarien 2020. IKZM-Oder Berichte 56.
- Hirschberg, M.-M.; Kennel, M.; Menzel, A. & S. Raspe (2003): Klimaänderung unter forstlichem Aspekt. Bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft und Forsten. LWF aktuell, 37, 8-13.
- Hofhansel, A. (2008): Mögliche Auswirkungen des Klimawandels: Acker- und Pflanzenbau der Sandböden. Landpost. S. 22-24. <http://www.lwksh.de/cms/index.php?id=2160>.
- Hofstede, J. (2007): Entwicklung des Meeresspiegels und der Sturmfluten: Ist der anthropogene Klimawandel bereits sichtbar? IN: G. Gönnert, B. Pflüger & J.-A. Bremer (2007): Von der Geoarchäologie über die Küstendynamik zum Küstenzonenmanagement. Coastline Reports 9 (2007), ISSN 0928-2734, ISBN 978-3-9811839-1-7. S. 139 – 148.
- IKSO (1999): Odereinzugsgebiet. Das Hochwasser 1997. Internationale Kommission zum Schutz der Oder gegen Verunreinigung. IKSO (Hrsg.). Wrocław.
- INSM & WiWo (2008): Bundesländerranking 2008: Das Stärken-Schwächen-Profil - Mecklenburg-Vorpommern. Initiative Neue Soziale Marktwirtschaft (INSM) und WirtschaftsWoche (WiWo). Studie der IW Consult GmbH im Auftrag von INSM und WiWo.
- IPCC (2007): 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.
- Jahn, C. (2007): Chancen und Möglichkeiten des Naturschutzes in der deutsch-polnischen Odermündungsregion. IKZM-Oder Berichte 38.
- Janßen, H. (2007): Climate Change in the Oder/Odra Estuary Region. IN: Schernewski, Glaeser, Scheibe, Sekścińska & Thamm (eds.): Coastal development: The Oder estuary and beyond. Coastline Reports 8 (2007), ISSN 0928-2734, ISBN 978-3-9811839-0-0. S. 1 - 10.

- Janzing, B. (2007): Der Wind bläst von vorn. Das Parlament. Wochenzeitung des Deutschen Bundestages (Hrsg.). Nr. 35-36. 2007. <http://www.das-parlament.de/2007/35-36/Thema/17068019.html>.
- Kleinhanß, W.; Bertelsmeier, M.; Manegold, D.; Offermann, F.; Osterburg, B. & P. Salamon (2003): Folgenabschätzung der Legislativvorschläge zur Halbzeitbewertung der Agenda 2000. FAL - Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig.
- Klinkhardt, M. (1996): Der Hering. Die neue Brehm-Bücherei; Bd.199. Heidelberg: Spektrum Akad. Verl., 230 S.
- Kolax, M. & P. Hupfer (1999): Schwankungen der atmosphärischen Zirkulation und die Veränderlichkeit des Seegangs vor der deutschen Ostseeküste. IN: Die Küste. Heft 61. S. 111-125.
- Kreft, S. (2007): Schutzgebiete Deutschlands im Klimawandel. Klimawandel und Biodiversität – Herausforderungen für den Naturschutz. Protokoll des Projektworkshop. Greifswald 05. Mai 2007. http://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/energie/veranstaltungen/klimawandel_u_biodiversitaet/070505_protokoll-greifswald.pdf.
- Kröhnert, S.; Medicus, F. & R. Klingholz (2006): Die demografische Lage der Nation Wie zukunftsfähig sind Deutschlands Regionen? Daten, Fakten, Analysen. Hrsg.: Berlin-Institut für Bevölkerung und Entwicklung. DTV.
- Krzyminski, W.; Kruk-Dowgiallo, L.; Zawadzka-Kahlau, E.; Dubrawski, R.; Kaminska, M. & E. Lysiak-Pastuszek (2004): Typology of Polish marine waters. IN: Gerald Schernewski, G. & M. Wielgat. Baltic Sea Typology. Coastline Reports 4 (2004). EUCC – The Coastal Union. EUCC – Die Küsten Union Deutschland e.V. Warnemünde, 2004 ISSN 0928-2734. S. 39 - 49.
- Kube, S.; Postel, L.; Honnef, C. & C. B. Augustin (2007): *Mnemiopsis leidyi* in the Baltic Sea – distribution and overwintering between autumn 2006 and spring 2007. Aquatic Invasions Volume 2 Issue 2: 137-145.
- Kühne, O. (2004). Das Programm Oder 2006 – Hochwasserschutz in Polen im Zuge der EU-Osterweiterung. STANDTORT - Zeitschrift für Angewandte Geographie. 2/2004. Springer-Verlag. Heidelberg.
- Lange, S. (2006): Auswirkungen des globalen Klimawandels auf die Odermündungsregion unter besonderer Berücksichtigung des Küstenschutzes und dessen Folgen für den Tourismus. Forschung für ein Integriertes Küstenzonenmanagement in der Odermündungsregion. IKZM-Oder Berichte 24. Geographisches Institut. Humboldt-Universität zu Berlin. ISSN 1614-5968.
- Lehtiniemi, M.; Pääkkönen, J. P.; Flinkman, J.; Katajisto, T.; Gorokhova, E.; Karjalainen M.; Viitasalo, S. & H. Björk (2007): Distribution and abundance of the American comb jelly (*Mnemiopsis leidyi*) – A rapid invasion to the northern Baltic Sea during 2007. Aquatic Invasions Volume 2 Issue 4: 445-449.
- Leuschner, C. & F. Schipka (2004): Klimawandel und Naturschutz in Deutschland, BfN Skripten 115. Bundesamt für Naturschutz, Bonn.
- Löser, N. & A. Sekścińska (2005): Integriertes Küste-Flusseinzugsgebiets-Management an der Oder/Odra: Hintergrundbericht. IKZM-Oder Berichte 14 (2005).
- Mayer, J. (2007): Klimawandel – Mögliche Anforderungen an den Bevölkerungsschutz. Bundesamt für bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK).
- Maschke, J. (2005): Tagesreisen der Deutschen. Schriftenreihe des DWIF. Nr. 50/2005. München.

- McMichael, A.J.; Jendritzky, G. & S. Kovats (1997): Klimaänderung und Gesundheit. IN: Wichmann, H. E.; Schlipkötter, H. W. & G. Fülgraff (Hrsg.) Handbuch der Umweltmedizin. 1- 21. ecomed, Landsberg.
- Menzel, A. (1997): Phänologie von Waldbäumen unter sich ändernden Klimabedingungen. Forstliche Forschungsberichte München, 164, 1-150.
- Michaelson, L. (2005): Fischerei und Meeresnaturschutz im Bereich der Odermündung. IKZM-Oder Berichte 10 (2005). EUCC – Die Küsten Union Deutschland.
- MLUV (2007): Land hat Zukunft - Mecklenburg-Vorpommern 2020. Entwicklungstrends und Visionen für die ländlichen Räume. Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern. Schwerin
- Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus (2008): Klimaschutz und Folgen des Klimawandels in Mecklenburg-Vorpommern. Studie aufgrund des Landtagsbeschlusses vom 29.03.2007. Schwerin. http://www.regierung-mv.de/cms2/Regierungsportal_prod/Regierungsportal/de/wm/Themen/Energieland_2020/Erste_Studie_zum_Klimawandel_in_MV/index.jsp?&publikid=1239.
- Möllmann, C.; Kornilovs, G.; Fetter, M.; Köster, F.W. & H. H. Hinrichsen (2003): The marine copepod, *Pseudocalanus elongatus*, as a mediator between climate variability and fisheries in the Central Baltic Sea. *Fisheries Oceanography*, Volume 12. pp. 360-368(9)
- Norby, R.J.; Wullschleger, S.D.; Gunderson, C.A.; Johnson, D.W. & R. Ceulemans (1999): Tree responses to rising CO₂ in field experiments: implications for the future forest. *Plant Cell and Environment*, 22, 683-714.
- Ojaveer, E. & M. Kalejs (2005): The impact of climate change on the adaptation of marine fish in the Baltic Sea. *ICES Journal of Marine Science*, 62: 1492 - 1500.
- Röber, B. & H. Rudolphi (2004 a): Further development of the sea level rise calculations in the German case study areas. 2. SEAREG Workshop. 22. - 24. April 2004. Stockholm.
- Röber, B. & H. Rudolphi (2004 b): Impacts of sea level changes on coastal regions – a local study for SEAREG. IN: Schernewski, G. & N. Löser (Hrsg.) (2004): *BaltCoast 2004 - Managing the Baltic Sea. Coastline Reports 2*.
- Rödiger, S. (2004): Die Makrofauna des Oderhaffs - Vorschläge für ein Monitoring nach EU-WRRL - The macroinvertebrate community of the Oder Lagoon – Proposals for a monitoring after EU-WFD. IN: Schernewski, G. & T. Dolch (eds.): *The Oder Estuary – against the background of the European Water Framework Directive. Marine Science Reports 57 (2004)*. ISSN: 0939-396X
- Röttger, A.; Löser, N. & G. Schernewski (2007) Wirkungsbeziehungen zwischen Küste und Einzugsgebiet der Oder. IN: Schernewski, Glaeser, Scheibe, Sekścińska & Thamm (eds.): *Coastal development: The Oder estuary and beyond Coastline Reports 8 (2007)*, ISSN 0928-2734, ISBN 978-3-9811839-0-0. S. 79 – 88.
- SCBD (2003): Interlinkages between biological diversity and climate change - Advice on the integration of biodiversity considerations into the implementation of the United Nations Framework Convention on Climate Change and its Kyoto Protocol. Secretariat of the Convention on Biological Diversity. SCBD Technical Series No. 10 Quebec.
- Schernewski, G. (2001): Sustainable development of the German Baltic coasts: regional water quality problems and tourism. *Proceedings of the Conference 'Sustainable Development of Coastal Zones and Instruments for its Evaluation'*; Carl Duisberg Gesellschaft, Bremerhaven.

- Schernewski, G. (2008): Konsequenzen des Klimawandels für die Küstengewässer und ihre touristische Nutzung. Interdisziplinäre Ringvorlesung "Die Ostseeküste - Eine Region im Wandel". Universität Rostock. 8. Juli 2008. http://www.iuk-verbund.uni-rostock.de/downloads/Schernewski_Klimawandel.pdf.
- Schernewski, G.; Neumann, Th. & Wielgat, M. (2003): Zustand und modell-gestützte Prognose zur Wasserqualität in der Ostsee und ihren Küstengewässern. IN: Daschkeit, A. & H. Sterr (Hrsg.): Aktuelle Ergebnisse der Küstenforschung. 20. AMK-Tagung Kiel. Berichte Forschungs- und Technologiezentrum Westküste d. Univ. Kiel. Nr. 28, Büsum. S. 189 - 195.
- Schernewski, G, Löser, N. & A Sekścińska (2005): Integrated Coastal Area and River Basin Management (ICARM):The Oder/Odra case study. In: Glaeser, Sekścińska & Löser (eds.): Integrated Coastal Zone Management at the Szczecin Lagoon: Exchange of experiences in the region. Coastline Reports 6 (2005). S. 43-54.
- Schnack, D. (1996): Reproduktionsbiologie der Fische. IN: Rheinheimer, G. (Hrsg.): Meereskunde der Ostsee. 2. Aufl. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg. S. 265 – 275.
- Schnack, D. (2003): Ursachen großer Bestandsveränderungen bei Meerestischen in der Ostsee. IN: Benke, H. (Hrsg.): Fische und Fischerei in Ost- und Nordsee. Meer und Museum. Band 17. S. 96 – 104.
- Schönwiese, C.-D.; Staeger, T.; Trömel, S. & M. Jonas (2003): Statistische-klimatologische Analyse des Hitzsommers 2003 in Deutschland - IN DWD (Hrsg.): Klimastatusbericht 2003. DWD - Deutscher Wetterdienst. Offenbach. S. 123-132.
- Schröter, D.; Acosta-Michlik, L.; Arnell, A.W.; Araújo, M.B.; Badeck, F.; Bakker, M.; Bondeau, A.; Bugmann, H.; Carter, T.; Vega-Leinert, A.C.d.l.; Erhard, M.; Espiñeira, G.Z.; Ewert, F.; Fritsch, U.; Friedlingstein, P.; Glendining, M.; Gracia, C.A.; Hickler, T.; House, J.; Hulme, M.; Kankaanpää, S.; Klein, R.J.T.; Krukenberg, B.; Lavorel, S.; Leemans, R.; Lindner, M.; Liski, J.; Metzger, M.J.; Meyer, J.; Mitchell, T.; Mohren, F.; Morales, P.; Moreno, J.M.; Reginster, I.; Reidsma, P.; Rounsevell, M.; Pla, E.; Pluimers, J.; Prentice, I.C.; Pussinen, A.; Sánchez, A.; Sabaté, S.; Sitch, S.; Smith, B.; Smith, J.; Smith, P.; Sykes, M.T.; Thonicke, K.; Thuiller, W.; Tuck, G.; Werf, G.v.d.; Vayreda, J.; Wattenbach, M.; Wilson, D.W.; Woodward, F.I.; Zaehle, S.; Zierl, B.; Zudin, S. & W. Cramer (2004): ATEAM (Advanced Terrestrial Ecosystem Analyses and Modelling) - Final Report. Potsdam Institute for Climate Impact Research (PIK), Potsdam.
- Schunicht, E., Schernewski, G. & R. Scheibe (2009): Oderflut 1997: Ökologische, ökonomische und soziale Auswirkungen und Konsequenzen. IN: Schernewski, Janßen & Schumacher (Hrsg.): Coastal Change in the southern Baltic Sea Region Coastline Reports 12 (2009), ISSN 0928-2734, ISBN 978-39811839-4-8. S. 187 - 199
- Spiecker, H.; Lindner, M. & H.-P. Kahle (2000): Expert assessment on the likely impacts of climate change on forests and forestry in Europe. IN: (Hrsg. S. Kellomäki, T. Karjalainen, F. Mohren & T. Lapveteläinen), pp. 65-71. European Forest Institut, Joensuu, Finland.
- Statistisches Amt Mecklenburg-Vorpommern (StatA MV) (2007): 3. Landesprognose (Basisjahr 2005) Bevölkerungsentwicklung in Mecklenburg-Vorpommern bis 2020 - überarbeitete Fassung 2007. Statistische Berichte. Schwerin.
- Statistisches Landesamt Mecklenburg-Vorpommern (Hrsg.) (2004): Statistisches Jahrbuch Mecklenburg-Vorpommern 2004., Statistisches Landesamt Mecklenburg-Vorpommern (Eigenverlag). Schwerin.

- Steingrube, W.; Feilbach, M. & R. Scheibe (2006) Nachhaltiger Tourismus. IN: Schernewski & Löser (Hrsg.): Forschung in der Odermündungsregion: Ergebnisse und Perspektiven 2006. IKZM-Oder Berichte 22 (2006), ISSN 1614-5968. S. 61 – 66.
- Steingrube, W. (2005): IKZM – Integriertes Küstenzonenmanagement – das (neue) Zauberwort der Raumordnung. IN: Steingrube, W. (Hrsg.): Beiträge zur Regionalentwicklung in Mecklenburg-Vorpommern. Greifswalder Beiträge zur Regional-, Freizeit- und Tourismusforschung. ISSN 0943-7371. Band 16. Selbstverlag, 1. Auflage, Greifswald. S. 195-204.
- Sterr, H. (2007): Folgen des Klimawandels für Ozeane und Küsten. IN: Endlicher, W. & Gerstengarbe, F.-W. (Hrsg.) Der Klimawandel? Einblicke, Rückblicke und Ausblicke. Humboldt-Universität zu Berlin. Geographisches Institut. Wilfried Endlicher and Friedrich-Wilhelm Gerstengarbe (Hrsg.). <http://edoc.hu-berlin.de/docviews/abstract.php?id=28163>. Stand 16.04. 2008.
- Sterr, H.; Ebenhö, W. & F. Simmering (1995): Küsten im Klimawandel. Forschungsmagazin der Carl von Ossietzky Universität. Einblicke Nr. 22. <http://www.uni-oldenburg.de/presse/einblicke/22/klima.htm>. Stand 29.05.08
- Sterzel, T. (2004): Correlation analysis of climate variables and wheat yield data on various aggregation levels in Germany and the EU-15 using GIS and statistical methods, with a focus on heat wave years - Diploma Thesis. Humboldt Universität, Berlin. PIK report 108.
- Stock, M (2004): Langfristige Entwicklungsszenarien zum Klimawandel - wie sicher sind sie und womit sollte man rechnen? Jahrestagung des Brandenburger Forstvereins. 26. 05 2004. Eberswalde. http://www.waldundklima.net/klima/klima_docs/stock_pik_klimawandel.pdf. Stand 04.06.08.
- Stock, M. (2005) (Hrsg.): KLARA – Klimawandel – Auswirkungen, Risiken, Anpassung. PIK-Report 99. Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung. ISSN 1436-0179.
- Stott, P.A.; Stone, D. A. & M. R. Allen (2004) Human contribution to the European heatwave of 2003. Letters to Nature. Nature 432, 610-614.
- Stüdemann, O. (1984): Zur Kennzeichnung hydrometeorologischer Verhältnisse für die Pflanzenproduktion und das Meliorationswesen. Dissertation. Universität Rostock.
- UBA (Hrsg.) (2005): Klimawandel in Deutschland Vulnerabilität und Anpassungsstrategien klimasensitiver Systeme. Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Forschungsbericht 201 41 253. UBA-FB 000844. ISSN 16 11-8855. <http://www.umweltbundesamt.de>
- van Ojen, M. & F. Ewert (1999): The effects of climatic variability in Europe on the yield response of spring wheat cv. Minaret to elevated CO₂ and O₃; analysis of open chamber experiments by means of two crop growth simulation models. European Journal of Agronomy, 10, 249-264.
- Wasmund, N. (1997): Occurrence of cyanobacterial blooms in the Baltic Sea in relation to environmental conditions. Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie 82. S.169–184.
- Wasmund, N.; Nausch G. & W. Matthäus (1998): Phytoplankton spring blooms in the southern Baltic Sea - spatio-temporal development and long-term trends - Journal of Plankton Research Vol.20 no.6 pp.1099-1117.

- WBGU (2003): Welt im Wandel: Energiewende zur Nachhaltigkeit. Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen. Hauptgutachten 2003. Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- WBGU (2006): Die Zukunft der Meere – zu warm, zu hoch, zu sauer. Sondergutachten. Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung. Globale Umweltveränderungen (WBGU). ISBN 3-936191-13-1. http://www.wbgu.de/wbgu_sn2006.pdf. Stand: 16.04.2008.
- Weigel, H.-J. (2004): Fluch oder Segen – wie verändert der Klimawandel die Pflanzenproduktion global und hierzulande? *Landbauforschung Völkenrode*, 274, 15-36.
- Weigel, H.-J.; Pacholski, A.; Waloszczyk, K.; Frühauf, C.; Manderscheid, R.; Anderson, T.-H.; Heinemeyer, O.; Kleikamp, B.; Helal, M.; Burkart, S.; Schrader, S.; Sticht, C. & A. Giesemann (2006): Zur Wirkung erhöhter atmosphärischer CO₂-Konzentrationen auf Wintergerste, Zuckerrübe und Winterweizen in einer Fruchtfolge: Beispiele aus dem Braunschweiger Kohlenstoffprojekt. *Landbauforschung Völkenrode*, Band 56, Heft 3-4, Seite 101-115. ISSN: 0458-6859.
- WHO (2003): *Climate Change and Human Health*. World Health Organization. WHO. Genf.
- Zentrales Statistisches Amt in Polen (2004): *Demografische Prognose für Polen*, Online unter: http://www.stat.gov.pl/gus/45_648_PLK_HTML.htm.

9 INTERNETQUELLEN

- Website AeT Umweltplanung. <http://www.aquatic-aliens.de>. Stand 24.06.08.
- Website BMELV. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. <http://www.bmelv.de/DE/12-Presse/Pressemitteilungen/2008/104-LI-IUUFischerei.html>, Stand 24.06.2008.
- Website BUND Flussbüro. <http://www.flussbuero.de/index.php?id=669&type=10>. Stand 23.10.2008
- Website Bundesregierung (a). Die Bundesregierung informiert: Verkehr - Grundsätze der Straßenplanung des Bundes. http://www.bundesregierung.de/sid_31939B58805F0A828904BE9776BE9EC6/nsc_tr ue/Content/DE/Magazine/MagazinInfrastrukturNeueLaender/009/t6-grundsaeetze-der-strassenplanung.html. Stand 20.10.08.
- Website EUCC Deutschland. EUCC - Die Küsten Union Deutschland e.V. <http://www.eucc-d.de/plugins/ikzmdviewer/main.php?page=45,2826>. Stand 10.08.08.
- Website Finanzen.net. EU beschließt Hilfsfonds für Fischer wegen hoher Dieselmkosten http://www.finanzen.net/nachricht/EU_beschliesst_Hilfsfonds_fuer_Fischer_wegen_h oher_Dieselmkosten_753837, Stand 16.07.2008
- Website Germany Trade and Invest. http://www.gtai.de/DE/Content/_SharedDocs/Links-Einzeldokumente-Datenbanken/fachdokument.html?fIdent=MKT200707138009. Stand 11.03.2009
- Website Informationssystem MV. www.mv-wetter.info/statistikWetter.html. Stand 04.06.08.
- Website LUNG 2008. Landesamt für Umwelt und Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern. http://www.lung.mv-regierung.de/insite/cms/umwelt/natur/schutzgebiete/schutzgebiete_listen.htm. Stand 06.06.2008.
- Website LWK. Landwirtschaftskammer Niedersachsen. Pressemitteilung vom 22.05.08: Obstbauern und Landwirte bekommen Klimawandel zu spüren. Fachtagung der Landwirtschaftskammer und des Europäischen Informations-Zentrums (EIZ) Niedersachsen zu den Folgen des Klimawandels. <http://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/7/nav/711/article/10257.html>. Stand 24.05.08.
- Website Meyers Lexikon. Meyers Lexikon online. http://lexikon.meyers.de/meyers/Meyers:Lexikon_online. Stand 28.05.08.
- Website Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus. http://www.regierung-mv.de/cms2/Regierungsportal_prod/Regierungsportal/de/wm/Themen/Tourismus/index.jsp. Stand 10.08.2008.
- Website MLUV. Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern. http://www.regierung-mv.de/cms2/Regierungsportal_prod/Regierungsportal/de/lm/Themen/Landwirtschaft/index.jsp, Stand 28.05.2008.
- Website NOBANIS. North European And Baltic Network On Invasive Alien Species. <http://www.nobanis.org/>. Stand 28.05.08
- Website Oder IKZM. Küsteninformationssystem Odermündung. http://www.ikzm-oder.de/steckbrief_makrozoobenthos.html. Stand 13.06.08.
- Website Statistisches Amt M-V (a). <http://www.statistik-mv.de>. Stand 16.06.08.
- Website Statistisches Amt M-V (b). http://www.mv-regierung.de/cgi-bin/pressesuch/presse_infotext.pl?26998. Stand 25.08.2008.

Website STAUN 2008

Website Tagesschau. <http://wetter.tagesschau.de/wetterthema/index.php?id=84>. Stand 12.06.08.

Website Tourismusverband MV. http://www.tmv.de/site/24_49/49.html. Stand 16.05.08.

Website Welt-Online (a). http://www.welt.de/print-welt/article221670/Klimawandel_in_Norddeutschland_bringt_Hitzeperioden_und_Stuerme.html. Stand 24.05.08

Website der Welt-Online (b),
http://www.welt.de/hamburg/article1181361/Freizeitfischer_angeln_mehr_Dorsch_als_angenommen.html. 13. September 2007