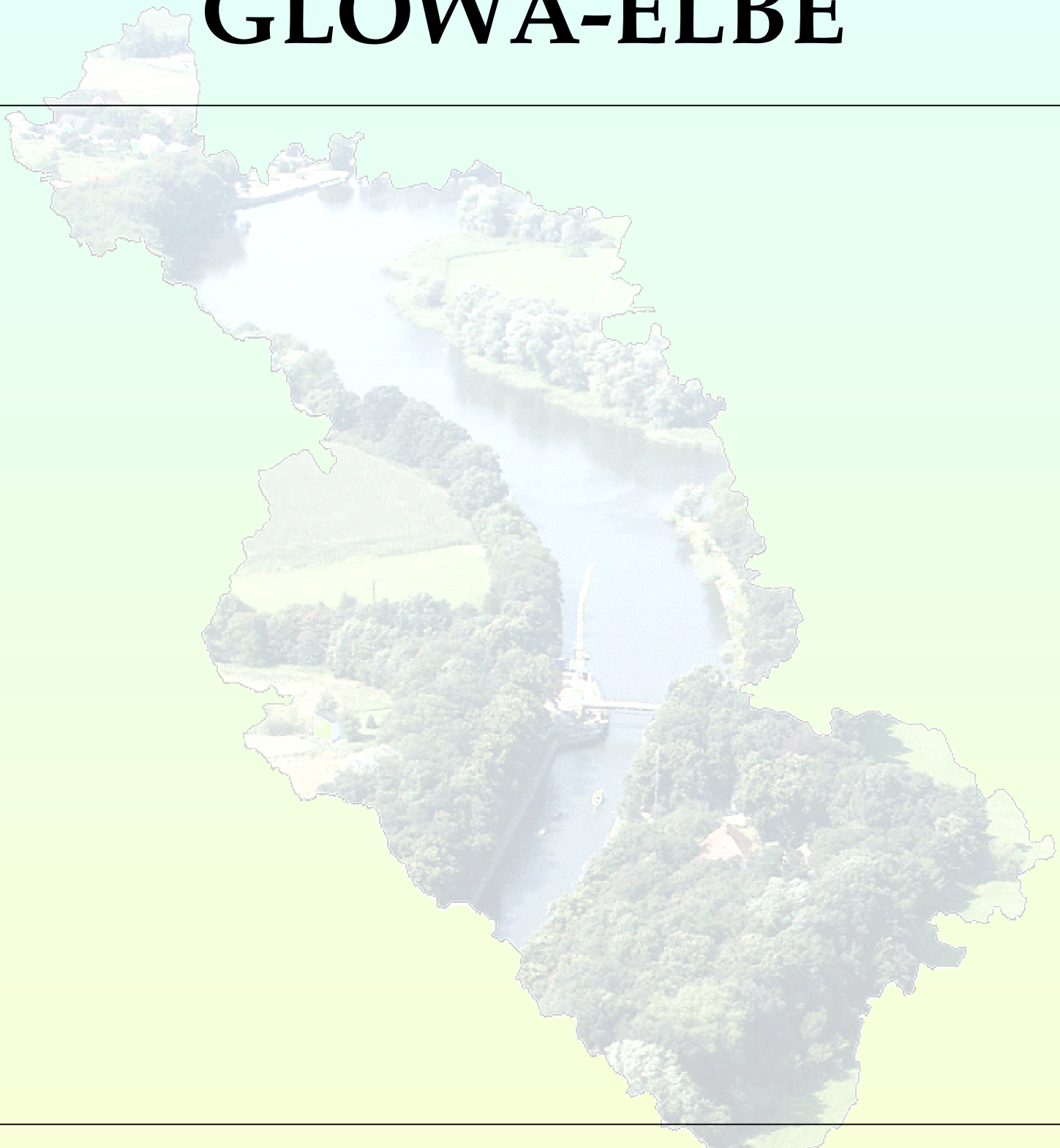
GLOWA-ELBE



KURZFASSUNGEN DER BEITRÄGE

zur Abschlusskonferenz in Potsdam

15. und 16. März 2004

Das Verbundvorhaben GLOWA-Elbe wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) innerhalb des Förderschwerpunktes GLOWA- Globaler Wandel des Wasserkreislaufes gefördert.

Die Projektleitung und die Koordination übernahm das Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung e.V.

Die Forschungsarbeiten wurden in der Zeit von 2000-2003 durchgeführt.

Alles ist aus dem Wasser entsprungen!

Alles wird durch Wasser erhalten!
Ozean, gönn uns dein ewiges Walten.
Wenn du nicht in Wolken sendetest,
Nicht reiche Bäche spendetest,
Hin und her nicht Flüsse wendetest,
Die Ströme nicht vollendetest,
Was wären Gebirge, was Ebnen und Welt?
Du bist's der das frischeste Leben erhält.

(Johann Wolfgang von Goethe)

INHALTSVERZEICHNIS

1. EINFÜHRUNG 4

1.1 Das BMBF - Programm GLOWA: Beispiel für handlungsorientierte Nachhaltigkeitsforschung 4
Martin Rieland

1.2 Die sozioökonomische Komponente in integrierten Regionalstudien zu den Folgen des globalen Wandels 5
Volkmar Hartje

1.3 Herausforderungen des globalen Wandels für das Elbegebiet, Forschungsschwerpunkte und der Integrative Methodische Ansatz (IMA) von GLOWA-Elbe 7
Frank Wechsung

2. KLIMASZENARIEN FÜR DAS ELBEEINZUGSGEBIET 11

2.1 Niederschlagsverteilung unter heutigen und zukünftigen Klimabedingungen 11
Daniela Jacob, Katharina Bülow & Ralf Podzun

2.2 Simulationsergebnisse des regionalen Klimamodells STAR 13
Friedrich-Wilhelm Gerstengarbe & Peter C. Werner

2.3 Entwicklung von regionalen Klimaänderungsszenarien für das Gebiet der Elbe 15
Eberhard Reimer, P. Nevir, W. Enke, D. Koslowsky, A. Oestreich, I. Langer, S. Sodoudi, E. Mikusky & S. Brand

3. MÖGLICHE EFFEKTE DES GLOBALEN WANDELS IM ELBEEINZUGSGEBIET 17

3.1 Politik und Bürgerszenarien 17

3.1.1 Perspektiven der Landbewirtschaftung im deutschen Elbegebiet unter dem Einfluss des globalen Wandels – Ergebnisse eines interdisziplinären Modellverbundes - 17
Horst Gömann, Peter Kreins & Christian Julius

3.1.2 Zukunft Landschaft - Bürgerszenarien zur Landschaftsentwicklung 19
Detlev Ipsen, Uli Reichhardt & Holger Weichler

3.2 Szenarienfolgen für den Wasserhaushalt 21

3.2.1 Relevanz und Grenzen makroskaliger Modellierung und Szenarien für die Unterstützung von Wassermanagement in Flusseinzugsgebieten 21
Petra Döll & Sara Vassolo

3.2.2 Mögliche Auswirkungen von Änderungen des Klimas und in der Landwirtschaft auf die Nährstoffeinträge und -Frachten im Elbeeinzugsgebiet 23
Horst Behrendt, Dieter Opitz, Markus Venohr & Mojmir Soukup

3.2.3 Folgen von Klimawandel und Landnutzungsänderungen für den Landschaftswasserhaushalt und die landwirtschaftlichen Erträge 25
Fred F. Hattermann, Valentina Krysanova & Frank Wechsung

4. INTEGRIERTE REGIONALE ANALYSEN IN TEILGEBIETEN IM KONTEXT DES GLOBALEN WANDELS ... 27

4.1 UNSTRUT ... 27

4.1.1 Das Unstrutgebiet – Untersuchungen zum rezenten Wasser- und Stoffhaushalt ... 27
Thomas Sommer, Beate Klöcking, Uta Maier, Steffi Knoblauch & Bernd Pfützner

4.1.2 Wie ändert sich die Landnutzung? – Ergebnisse betrieblicher und ökosystemarer Impactanalysen ... 29
Uta Maier, Steffi Knoblauch, Thomas Sommer & Beate Klöcking

4.1.3 Das Unstrutgebiet – Die Modellierung des Wasser- und Stoffhaushaltes unter den Bedingungen des globalen Wandels ... 31
Beate Klöcking, Thomas Sommer, Bernd Pfützner & Steffi Knoblauch

4.2 SPREE/HAVEL ... 33

4.2.1 Grundlagen für die Wirkungsanalyse im Spree-/Havelgebiet ... 33

4.2.1.1 Methodik und Anwendung des Integrativen Methodischen Ansatzes von GLOWA Elbe ... 33
Frank Messner, Michael Kaltofen, Oliver Zwirner, Hagen Koch & Frank Wechsung

4.2.1.2 Großräumige Wasserbewirtschaftungsmodelle als Instrumentarium für das Flussgebietsmanagement ... 35
Stefan Kaden, Michael Schramm & M. Redetzky

4.2.1.3 Probleme der Integrierten Wasserbewirtschaftung im Spree-/Havelgebiet im Kontext des globalen Wandels ... 37
Uwe Grünewald

4.2.2 Obere Spree ... 39

4.2.2.1 Wasserwirtschaftliche Handlungsstrategien im Spreegebiet oberhalb Berlins ... 39
Michael Kaltofen, Hagen Koch & Michael Schramm

4.2.2.2 Integrierte wasserwirtschaftlich-ökonomische Bewertung von Flussgebietsbewirtschaftungsstrategien ... 41
Frank Messner, Michael Kaltofen, Hagen Koch, Oliver Zwirner & Matthias Karkuschke

4.2.3 Spreewald ... 43

4.2.3.1 Das Integrationskonzept Spreewald und Ergebnisse zur Entwicklung des Wasserhaushalts ... 43
Ottfried Dietrich

4.2.3.2 Auswirkungen von Klima- und Grundwasserstandsänderungen auf die Biomasseproduktion und die Degradierung von Niedermooren im Spreewald ... 45
Marco Lorenz, Kai Schwärzel & Gerd Wessolek

4.2.3.3 Entwicklung der Vegetation im Spreewald und Bewertung aus naturschutzfachlicher Sicht ... 47
Ulrich Bangert, Gero Vater, Jutta Heimann & Ingo Kowarik

4.2.3.4 Ökologisch – ökonomische Bewertung eines verminderten Wasserdargebot im Spreewald 49
Malte Grossmann

4.2.4 Berlin/Untere Havel 51
4.2.4.1 Integrierende Studien zum Berliner Wasserhaushalt 51
Volker Wenzel

4.2.4.2 Veränderungen im Wasserdargebot und in der Wasserverfügbarkeit im Großraum Berlin 53
Claudia Rachimow, Bernd Pfützner & Walter Finke

4.2.4.3 Auswirkungen auf die Gewässergüte im Berliner Gewässernetz 55
Tanja Bergfeld, Torsten Strube & V. Kirchesch

MODELLVERZEICHNIS GLOWA-ELBE I 58

PROJEKTSTRUKTUR 65

VERZEICHNIS DER ABKÜRZUNGEN 66

GLOSSAR 67

MITARBEITER UND INSTITUTIONEN DES VERBUNDVORHABENS 72

1. EINFÜHRUNG

1.1 Das BMBF - Programm GLOWA: Beispiel für handlungsorientierte Nachhaltigkeitsforschung

Martin Rieland

Bundesministerium für Bildung und Forschung e.V., 53170 Bonn

Eine der großen Herausforderungen für die Zukunft stellt die Sicherstellung der Versorgung der Weltbevölkerung mit ausreichend qualitativ gutem Wasser dar. Dies ist eine der entscheidenden Stellgrößen auf dem Weg hin zu einer nachhaltigeren Entwicklung. Die mittel- und langfristige Verfügbarkeit von Wasser wird dabei nicht nur durch die stetig wachsende Weltbevölkerung und den teilweise exzessiven Verbrauch von Wasser infrage gestellt, sondern zunehmend auch durch großräumige Klima- und Landnutzungsänderungen beeinträchtigt. Die Sensibilität gegenüber derartigen Veränderungen nimmt allgemein zu. Bei der Entwicklung nachhaltiger Lösungskonzepte ist die Forschung zum Globalen Wandel in besonderer Weise angesprochen.

Denn Nachhaltigkeit braucht Vordenken und Vordenken bedingt die Möglichkeit, zukünftige Entwicklungspfade sichtbar und bewertbar zu machen. Damit ist letztlich bereits die Grundidee des BMBF Förderschwerpunktes GLOWA (Globaler Wandel des Wasserhaushaltes, www.glowa.org) beschrieben. Die Forschung zum Globalen Wandel, und GLOWA kann als ein Prototyp dieser Forschung gelten, entwickelt Instrumentarien zur Entscheidungsvorbereitung und –unterstützung für ein vorausschauendes, auf Nachhaltigkeit ausgerichtetes Handeln von Politik, Wirtschaft und Gesellschaft.

Die mit diesem neuen Typ interdisziplinärer, integrativer Forschung verbundenen forschungsmethodologischen Herausforderungen liegen dabei auf unterschiedlichen Ebenen. Zum einen müssen Methoden und Verfahren für eine zielorientierte, miteinander verzahnte echte interdisziplinäre Zusammenarbeit entwickelt und erprobt werden. Darüber hinaus wirft die zwangsweise zunehmende Internationalisierung der Problemstellungen und Konfliktfelder zusätzliche Fragen für die Umsetzung und Organisation von Forschung auf. Und schließlich müssen die Nutzer aus Politik, Wirtschaft und Gesellschaft frühzeitig in den Forschungsprozess eingebunden werden, um den notwendigen Anwendungsbezug sicherzustellen.

Das Programm GLOWA wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) mit einer öffentlichen Bekanntmachung im Dezember 1998 gestartet. Zielsetzung von GLOWA ist die Entwicklung von Strategien für eine nachhaltige und vorausschauende Bewirtschaftung von Wasser im regionalen Maßstab unter Berücksichtigung globaler Umweltveränderungen und sozioökonomischer Randbedingungen. Die einzelnen GLOWA Projekte unterscheiden sich hinsichtlich ihres integrativen Forschungsansatzes, denn dieser wird nicht nur durch die unterschiedliche Verfügbarkeit von Daten und Modellen, sondern auch durch die jeweiligen höchst speziellen gesellschaftlichen, sozioökonomischen und geopolitischen Randbedingungen in den Untersuchungsgebieten beeinflusst.

Global Change Forschung ist Forschung für Nachhaltigkeit. Sie steht mit ihren neuen integrativen und interdisziplinären Ansätzen erst am Beginn eines Lernprozesses. GLOWA leistet hierzu einen wichtigen Beitrag. Die Kernfrage wird sein, ob es gelingt, Global Change Forschung zu betreiben, die wissenschaftlich anerkannt und gleichermaßen von den Nutzern nachgefragt wird. Es muss demonstriert werden, dass die Forschung zum Globalen Wandel in der Lage ist, Antworten zu geben, die eine aktive, zukunftsorientierte und nachhaltige Gestaltung des Globalen Wandels erlauben.

1.2 Die sozioökonomische Komponente in integrierten Regionalstudien zu den Folgen des globalen Wandels

Volkmar Hartje

Technische Universität Berlin, Franklinstr. 28/29, 10587 Berlin
hartje@imup.tu-berlin.de; http://www.tu-berlin.de/fak7/ilup/fg-hartje/index.shtml

Für den sozioökonomischen Teil integrierter Regionalstudien liegen noch keine in sich integrierten Modellierungsansätze vor, wie es vergleichsweise die Klima- und Wasserseite erreicht hat. GLOWA Elbe hat zu einem konzeptionellen Modell geführt, zu dem eine Reihe von entwickelten Bausteinen auf der Ebene von Teileinzugsgebieten und eine sektorale Komponente auf der Ebene des deutschen Teils des Elbeeinzugsgebietes vorliegen. Die Verknüpfung der Bausteine auf der Ebene der Teileinzugsgebiete ist weit fortgeschritten, aber die modellmäßige Verknüpfung mit den sozioökonomischen Determinanten ist ein forschungspolitisches Desiderat.

Die demographische und wirtschaftliche Entwicklung von Regionen wird durch exogene nationale und globale Rahmenbedingungen und ihren Wandel, eigenständige Veränderungen und ihren Wechselwirkungen bestimmt. Die integrierte Analyse der Auswirkungen des globalen Wandels auf den Wasserhaushalt auf der Ebene von Flusseinzugsgebieten und auf die Umwelt und ihre Rückkopplung auf die Gesellschaft erfordern die entsprechende zeitliche und räumliche Abbildung der Entwicklung von Regionen und ihre Verknüpfung zum Wasserhaushalt. Zentrale Parameter für diese Verknüpfung sind einmal Landnutzungsänderungen im ländlichen Raum, verursacht durch den Wandel in der Landwirtschaft, und die Veränderungen der Siedlungsflächen, verursacht durch die wirtschaftliche und demographische Entwicklung im städtischen Raum, die zusammen den Landschaftswasserhaushalt über Änderungen der Bodenoberfläche und der Gewässerstruktur beeinflussen. Die zweite Gruppe zentraler Parameter der Verknüpfung sind Wasserentnahmen und Wassereinleitungen, die von der Nachfrage nach Wasser zum Gebrauch und der Nachfrage nach Einleitungsmöglichkeiten bestimmt werden. Diese Verknüpfung sind für eine Integration so aufzulösen (i.d.R. punkt- oder abschnittsgenau), dass sie in die Struktur der Wassermodelle eingepasst werden können. Ihre Veränderungen hängen von der sektoralen (wirtschaftlichen) Struktur der Region, der verfügbaren Technologie der Nutzung und der relativen Struktur von Kosten und Erträgen der beiden Nutzungen und der demographischen und der wirtschaftlichen Veränderung in der Region ab. Diese sozioökonomischen Teilkomponenten sind in ihrem eigenständigen Wandel und in ihrer Verknüpfung abzubilden. Dies ist bisher in der Forschung in unterschiedlichem Maße gelungen.

Die modellhafte Abbildung des globalen Wandels – in seinen wirtschaftlichen und demographischen Dimensionen – ist auf der nationalen Ebene relativ weit entwickelt, allerdings mit unterschiedlichem, meist kürzerem Zeithorizont als im Bereich der Klimamodellierung. Seine Regionalisierung auf mittlere Räume stellt methodisch eine Herausforderung dar, insbesondere in Wirtschaftsregionen mit Transformationscharakter, wie es das Elbeeinzugsgebiet zum größten Teil darstellt. Die sektorale Verknüpfung gelingt unterschiedlich, am weitesten ist sie mit einer räumlichen Disaggregierung in der Landnutzung fortgeschritten: GLOWA Elbe konnte daran anknüpfen und hat Arbeiten und Ergebnisse flächenhaft für das gesamte Einzugsgebiet auf Landkreisebene und auf der Ebene von Teileinzugsgebieten (Spreewald und Unstrut) auf Betriebsebene vorzuweisen. Bei der gewerblichen und kommunalen Wassernutzung ist die nationale Modellierung noch lückenhaft, insbesondere bei der gewerblichen Wassernutzung fehlen deutsche Untersuchungen. Somit ist ihre Regionalisierung und ihre Verknüpfung mit den sozioökonomischen Determinanten auf regionaler Ebene des Flusseinzugsgebietes noch zu leisten. Für ein Teileinzugsgebiet, die Oberspree, liegen hier für den gewerblichen und privaten Haushaltsbereich aber schon erste Ergebnisse

vor, für den Energiesektor elbeweit. Neben den preislichen und sektoralen Determinanten sind noch die technologischen Veränderungen zu berücksichtigen, die beim gewerblichen Wasserverbrauch und Anfall von Emissionen als auch bei ihrer Behandlung von Bedeutung sind. Hier ist entscheidend, in welchem Maß neue Technologien, die zu geschlossenen Kreisläufen führen, sich durchsetzen. Geht man bei technologischem Wandel von einem zeitlich geprägten Diffusionsmodell aus, dann liegen nationale oder international vergleichende ex-post Analysen vor, die noch in Projektionen verwandelt werden müssen. Auf regionaler E-bene ist dies ebenfalls ein Desiderat. Da im Bereich der Elbe in jüngster Zeit eine Modernisierung des Kapitalbestandes stattgefunden hat, der erst mittel- bis langfristig umgeschlagen werden dürfte, ist eine langfristige Perspektive für die Modellierung erforderlich.

Die nationale Modellierung der demographischen Entwicklung arbeitet mit relativ langen zeitlichen Skalen, aber ihre regionale Disaggregierung einschließlich der Berücksichtigung des Wanderungsverhaltens wird von wirtschaftlichen Faktoren in einem Maße beeinflusst, dass sich die Zeithorizonte für eine Prognose verkürzen müssen. Die Veränderungen der demographischen Muster in den neuen Bundesländern der jüngsten Zeit sind so gravierend, dass sie bei den aktuellen Planungen der Infrastrukturangebote zu erheblichen Revisionen geführt haben. Das zukünftige Wanderungsverhalten der Erwerbstätigen hängt zu einem großen Teil von der wirtschaftlichen Entwicklung in der Region des Elbeeinzugsgebietes ab, deren Erfassung analytisch noch schwierig ist. Der Transformationsprozess läuft hier noch ab und die darin befindlichen regionalen Veränderungen können auf einer mittleren regionalen Ebene abgebildet werden, aber die Transformation auf eine kleinräumige Ebene, die die Anschlussfähigkeit an die hydrologische Modellierung herstellt, ist noch zu leisten. Hierzu gibt es einsatzfähige internationale Ansätze. GLOWA Elbe hat sich bisher darauf beschränkt, diese Prozesse über Szenarien abzubilden.

1.3 Herausforderungen des globalen Wandels für das Elbegebiet, Forschungsschwerpunkte und der Integrative Methodische Ansatz (IMA) von GLOWA-Elbe

Frank Wechsung

Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung e.V., PF 60 12 03, 14412 Potsdam
wechsung@pik-potsdam.de, www.pik-potsdam.de, www.glowa-elbe.de

Der globale Wandel stellt die Gesellschaft des Elbeeinzugsgebietes vor vielfältige Herausforderungen bei der Gestaltung des regionalen Wasserkreislaufes. GLOWA-Elbe hat sich zum Ziel gesetzt durch Entwicklung integrierter Strategien zur nachhaltigen Bewältigung von durch den globalen Wandel bedingten Wasserverfügbarkeitsproblemen und Wassernutzungskonflikten beizutragen. globaler Wandel wird dabei als ein Phänomen verstanden, welches sowohl den Wandel des Klimas als auch die Veränderung wichtiger sozioökonomischer Existenzbedingungen, wie Bevölkerungszahl und -struktur, Technologie, Wirtschaft und Politik umfasst. Dabei geht es nicht um Veränderung schlechthin, sondern um weltumspannende Entwicklungen, von denen Rückwirkungen auf das natürliche System in globalem Ausmaß erwartet werden können. Um der Zielstellung des Projektes gerecht zu werden, waren vom Auftraggeber - dem Bundesministerium für Bildung und Forschung - insgesamt acht Jahre vorgesehen. In der abgeschlossenen ersten Forschungsphase (2000-2003) ging es um eine umfassende Bestandsaufnahme sowie um die Entwicklung und Testung methodischer Instrumente.

Nachhaltigkeitsdefizite

Für die Bestandsaufnahme war der Nachhaltigkeitsbegriff von zentraler Bedeutung. In den letzten 100 Jahren haben sich in der Region teilweise erhebliche Nachhaltigkeitsdefizite bei der Inanspruchnahme von Wasserressourcen akkumuliert. Trotz des Abbaus von Defiziten insbesondere seit der Wiedervereinigung Deutschlands 1991, werden Gewässerbelastungen durch Nähr- und Schadstoffe sowie nicht landschaftsangepasste Nutzungsansprüche an die Bereitstellung und Abführung von Oberflächenwasser noch viele Jahre den Wasserhaushalt der Region prägen.

Die Nutzung von Wasser hat aber in den letzten Jahren einen rapiden Bedeutungswandel erfahren. Bis 1990 war Wasser ein notwendiger teilweise begrenzender Rohstoff für die sozioökonomische Expansion der Region. Ihren wasserbezogenen Ausdruck fand diese Expansion in einem ständig steigenden Wasserbedarf. Seit 1990 ging der Wasserbedarf im Elbeeinzugsgebiet erheblich zurück. Ursachen hierfür sind ökonomische Anreize zur Wassersparsamkeit, der weitgehende Zusammenbruch der ostdeutschen Industrie, der vermehrte Einsatz wassersparender Technologien und schließlich der Bevölkerungsrückgang. Mit dem Rückgang der Wassernachfrage verminderte sich auch die Verschmutzung des Wassers durch Schadstoff- und Nährstoffeinleitungen. Zu dieser Entwicklung haben vor allem der Bau neuer Kläranlagen, der Rückgang des Nährstoffüberschusses in der Landwirtschaft sowie die Stilllegung von Industriebetrieben beigetragen. Umweltqualität im Allgemeinen sowie die Wasserverfügbarkeit und Gewässergüte im Besonderen begrenzen heute nicht mehr sozioökonomische Expansion Ostdeutschlands. Boden und Wasser werden heute nachgefragt, um sozioökonomische Substanz zu erhalten. Die Beanspruchung von Wasserressourcen erhält insbesondere in den strukturschwachen Gebieten ökonomische Aktivität vielfach gerade oberhalb kritischer Schwellenwerte für den Erhalt funktionierender Infrastrukturen.

Dessen ungeachtet verliert die Nachhaltigkeitsforderung für den Umgang mit Wasser nicht an Bedeutung. Zum Einen da sie im Wertekanon deutlich an Gewicht gewonnen hat und bei Missachtung langfristig zur Existenzgefährdung von wasserverbrauchenden Sektoren, wie Landwirtschaft, Energiewirtschaft und Braunkohlentagebau führen kann, zum Anderen weil

die Umweltqualität sich zu einem immer stärkeren Attraktionsfaktor entwickelt , der mit darüber entscheidet, inwieweit eine sozialökonomische Revitalisierung der Region gelingen kann.

Naturpotentiale

Die weitere Entwicklung des Naturpotentials der Elberegion wird in entscheidendem Maß vom Erhalt ihrer Naturbelassenheit, der weiteren Verbesserung der Gewässergüte sowie den Rekultivierungsmaßnahmen in den Bergbauregionen des Spree-Gebietes bestimmt.

Sichtbarer Ausdruck der Naturbelassenheit ist nicht zuletzt der Flusslauf, der auf ca. 600 von 1091 km Fließlänge nahezu unverbaut ist. Kiesbänke und Sandstrände gehören hier zum typischen Erscheinungsbild. Man spricht sogar vom letzten frei fließenden Fluss Westeuropas. Hervorzuheben sind weiterhin die insbesondere im Raum Spree/Havel erhalten gebliebenen Feuchtgebiete, sowie der am Mittellauf der Elbe - zwischen Mulde und Saale Mündung - auf 117.4 km² befindliche größte geschlossene Auenwaldgebiet Mitteleuropas.

Bei der Verbesserung der Gewässergüte wurden in den letzten zehn Jahren schon erhebliche Fortschritte gemacht, wenn auch einschränkend das sehr niedrige Ausgangsniveau zu Beginn der 90-iger Jahre erwähnt werden muss. Bei der Erstellung der ersten gesamtdeutschen Gewässergütekarte 1991 musste um die Verhältnisse der Elbe darstellen zu können, die Gewässergüteklasse IV -(ökologisch zerstört) eingeführt werden. Vor allem durch die Stilllegung von Industriebetrieben und den Neubau von Kläranlagen verbesserte sich die Gewässerqualität in den am stärksten verschmutzten Flussabschnitten um 3-4 Stufen (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 2001). Die Verbesserung der Wasserqualität ging einher mit einem Anstieg der Sauerstoffkonzentration im Fluss von 50% zwischen den Perioden 1985-89 und 1995-97 und führte dadurch zu einer wesentlichen Erhöhung des Fischbestandes (Guhr, Karrasch & Spott, 2000). Die Phosphor- und Stickstoffeinleitungen verminderten sich ebenfalls erheblich. Sie gingen zwischen 1993-97 und 1983-87 um 53 bzw. 26 % zurück (Reinke & Pagenkopf, 2001; Behrendt et al. 1999). Beim Phosphor hat dies ausgereicht, um das für diese Periode in der Nordseekonvention vorgesehene Reduktionsziel von 50 % zu erreichen. Beim Stickstoff ist dies nicht gelungen.

Für die Rekultivierung der Bergbaufolgelandschaften ist die Flutung der Tagebaurestlöcher in der Lausitz von zentraler Bedeutung. Am Mittellauf der Spree entstehen in einem Gebiet von 5.000 km² 12.000 ha neue Wasserfläche, die teilweise untereinander verbunden, einen bisher nicht existierenden Landschaftsraum 'Die Lausitzer Seenkette' bilden werden. Die Flutung der Tagebaurestlöcher verhindert die Schädigung benachbarter Ökosysteme durch Übertritt übersäuerten Grubenwassers, es erhöht den regionalen Artenreichtum und den Erlebniswert dieser Region insbesondere für die Naherholung. **Klima**

Der Klimawandel kann die Durchsetzung des Nachhaltigkeitsgebotes bei der Gestaltung des Wasserkreislaufes sowohl erleichtern als auch erschweren. Dies wird vor allem von der Entwicklung der Niederschläge abhängen. Ein Rückgang der Niederschläge ist hierbei als besonders problematisch einzuschätzen. Dieser würde durch Verminderung der Wasserspende für den Boden, die Oberflächengewässer und den Grundwasserkörper Wassernutzungskonflikte durch die Verknappung von Wasser verschärfen und die Verbesserung der Gewässergüte verzögern.

Das Elbeeinzugsgebiet befindet sich im Übergangsbereich zwischen atlantisch und kontinental geprägten Klima. Der kontinentale Einfluss ist dabei besonders ausgeprägt in den flächenmäßig prägenden Beckenlagen. Die unkorrigierten Jahresniederschläge in der Periode 1961-90 lagen bei 630 mm/a. Dies sind 150 mm weniger als der bundesdeutsche Durchschnitt. Die klimatische Wasserbilanz (Niederschlag-Evapotranspiration nach Turc-Ivanov) beträgt im Mittel 22mm.

In den letzten 50 Jahren kam es im Elbeeinzugsgebiet flächendeckend zu einem Temperaturanstieg bei weitgehend stagnierender Globalstrahlung, wobei die Winter stärker als die Sommertemperaturen zunahmen. Die Niederschlagsentwicklung war von gegensätzlichen Tendenzen geprägt. Während die Sommerniederschläge um 46 mm zurückgingen, nahmen die Winterniederschläge um 50 mm zu. Die in GLOWA-Elbe entwickelten Klimaszenarien gehen davon aus, dass sich bis 2055 die Temperaturen in der Region um im Mittel weitere 1.4°K im Zuge der globalen Erwärmung gegenüber dem Referenzzeitraum 1951-2000 erhöhen werden. Bei der Niederschlagsentwicklung differieren die unterschiedlichen Modelle in ihren Simulationsergebnissen. Für die Elberegion von besonderer Bedeutung ist ein fortgesetzter Rückgang der Sommerniederschläge und eine Auflösung des Trends zu steigenden Winterniederschlägen. Nach den bisher durchgeführten Simulationsexperimenten mit dem Modellsystem STAR gibt es hierfür eine besonders hohe Plausibilität. Obwohl die anderen in GLOWA-Elbe hierzu durchgeführten Modellanalysen zu teilweise stärker abweichenden Ergebnissen kommen, haben wir uns entschieden bei den Wirkungsanalysen zunächst von den STAR Szenarien auszugehen. In begrenztem Umfang wurde dabei die der Modellbildung innewohnende Unsicherheit durch die Ausdehnung der Analyse von einem Szenario auf 100 stochastische Realisierungen dieses Szenarios berücksichtigt. Die Szenariorealisierungen wurden durch Parametervariation erhalten. Die durch die Parametervariation erreichte Niederschlagsveränderung reichte von –10 % bis +7.7 % in der Periode 2046-55 gegenüber den durchschnittlichen Verhältnissen im Zeitraum 1951-2000.

Forschungsschwerpunkte und integrativer methodischer Ansatz (IMA)

Die Auswirkungen des Klimawandels auf Wassernutzungskonflikte und Probleme wurden für zwei prinzipiell unterschiedliche Szenarien zu den **Entwicklungsrahmen**,** in denen sich globaler Wandel vollzieht, untersucht. Das Szenario A1 geht vom Primat der Ökonomie bei der künftigen Entwicklung aus, wobei sich die bisherigen Tendenzen zur Globalisierung von sozialen und wirtschaftlichen Prozessen noch verstärken werden. Szenario B2 unterstellt im Kontrast hierzu eine Trendumkehr hin zu verstärkter Regionalisierung. Bei diesem Szenario wird eine Dominanz von Ökologie und Politik unterstellt. Als regionale **Handlungsfelder*** von besonderer Bedeutung für die Durchsetzung des auf den Wasserkreislauf bezogenen Nachhaltigkeitsgebots werden die landwirtschaftliche Flächennutzung im Gesamtgebiet und einzelnen Teilregionen (Unstrut, Spreewald), die Bewirtschaftung der Oberflächengewässer in Spree/Havel im Allgemeinen sowie die Flutung von Braunkohlerestlöchern im Besonderen analysiert. Für die Handlungsfelder wurden Wirkungsanalysen zu den Auswirkungen von Szenarien des globalen Wandels durchgeführt, die sich auf ein breites Spektrum von Indikatoren beziehen. Die **Indikatoren*** beschreiben hydrologische, ökologische und ökonomische Auswirkungen der Szenarien. Zielsetzung war es **Handlungsstrategien*** zu charakterisieren und bei bestehenden Alternativen diese einer Bewertung unter Berücksichtigung unterschiedlicher Interessen zugänglich zu machen. Die Untersuchungen waren regional und methodisch unterschiedlich tief gegliedert. In den Teilprojekten Gesamtelbe und Unstrut lag der Schwerpunkt der Analysen beim Handlungsfeld landwirtschaftliche Landnutzung und bei Indikatoren zur landwirtschaftlichen Flächenproduktivität, zur Anbaustruktur, zum Wasserhaushalt und zur Gewässergüte. Hierbei ging es ausschließlich um die quantitative Charakterisierung unterschiedlicher Entwicklungsrahmen für Klima- und sozioökonomischen Wandel. Im Gebiet Spree/Havel wurden über die Charakterisierung von Entwicklungsrahmen hinausgehend alternative Handlungsstrategien zur Oberflächenbewirtschaftung bezüglich eines Entwicklungsrahmens untersucht und bewertet. Bei der Bewertung wurden Präferenzen unterschiedlicher Interessensgruppen berücksichtigt. Zentraler Bezugspunkt für Strategien zur Oberflächenbewirtschaftung im Spreegebiet sind Varianten zur Flutung der Braunkohlerestlöcher am Oberlauf der Spree. Der den Teiluntersuchungen in

---

* vergleiche GLOSSAR

GLOWA-Elbe zugrunde liegende integrative methodische Ansatz konnte während der ersten Forschungsphase aus pragmatischen Gründen nicht durchgängig bis zur Ebene der alternativen Handlungsstrategien vordringen. Die Vorarbeiten haben jedoch die Funktionalität des Ansatzes demonstriert und damit seine prinzipielle Eignung für die Bearbeitung gesamtelbischer Fragestellungen in GLOWA-Elbe II oder anderen anschließenden Forschungsprojekten.

Referenzen

Behrendt, H.,Huber, P., Kornmilch, M., Opitz, D., Schmoll, O., Scholz, G. & Uebe, R. (1999): Nährstoffbilanzierung der Flussgebiete Deutschlands. In: UBA-Texte 75/99.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2001): Umweltpolitik, Wasserwirtschaft in Deutschland, Teil II - Gewässergüte oberirdischer Binnengewässer

Guhr, H.; Karrasch, B. und D. Spott (2000): Acta hydrochim. Hydrobiol. 28(2000)3

H. Reinke, W.G. Pagenkopf (2001) Analyse der Nährstoffkonzentrationen, -frachten und –einträge im Elbeeinzugsgebiet, Bericht der ARGE (Arbeitsgemeinschaft für die Reinhaltung der Elbe) 90. S

2. KLIMASZENARIEN FÜR DAS ELBEEINZUGSGEBIET

2.1 Niederschlagsverteilung unter heutigen und zukünftigen Klimabedingungen

Daniela Jacob, Katharina Bülow und Ralf Podzun

Max-Planck-Institut für Meteorologie, Bundesstrasse 55. 20146 Hamburg
jacob@dkrz.de; http://www.mpimet.mpg.de

Keywords: Regionales Klimamodell, Niederschlagsaktivität, Niederschlagsmenge, Klimaänderungen, Temperatur

Zusammenfassung

Der Vergleich zu Beobachtungen zeigt, dass mit dem regionalen Klimamodell REMO sehr realistische Niederschlagsverteilungen für heutiges Klima simuliert werden. Für den Zeitraum der Szenarien konnten erhebliche Änderungen im Niederschlag und in der Temperatur berechnet werden, die bei einer horizontalen Auflösung von 0.16 ° sehr detaillierte Informationen über die Niederschlagsverteilung liefern.

Ergebnisse:

Ziel war es die Niederschlagsverhältnisse der letzten 20 Jahre zu untersuchen und die REMO-Ergebnisse an Hand von Beobachtungen zu validieren. Weiterhin sollte herausgefunden werden, ob Änderungen im zukünftigen Klima Veränderungen im Niederschlagsverhalten mit sich bringen.

Bei der Validierung des dreidimensionalen hydrostatischen Klimamodells REMO 5.1 (Regional Modell) konnten für den Zeitraum 1979-1998 sehr zufriedenstellende Ergebnisse erzielt werden (Jacob, 2001, Jacob et al., 2001, Semmler, 2002).

Die mittlere Monatssumme des Gesamtniederschlags für das Elbeeinzuggebiet beträgt in REMO 5.1 (Beobachtungen) über 20 Jahre 52.2 (53.3) mm/Monat. Die einzelnen Monatssummen variieren von 6.3 – 130.4 mm/Monat bei den REMO Ergebnissen und von 3.3 bis 123.3 mm/Monat in den Beobachtungen. Die mittlere Jahressumme des simulierten Niederschlags beträgt 747.3 und die beobachtete 640 mm/Jahr. Die leichte Überschätzung des Niederschlags von REMO im Vergleich zu den Beobachtungen ist hier mit Vorsicht zu bewerten, da REMO in diesem Fall nur mit unkorrigierten Niederschlägen verglichen werden konnte. Innerhalb eines weiteren Projektes wurden vom DWD korrigierte Niederschläge für die Validierung von REMO zur Verfügung gestellt und damit wurden sehr gute Ergebnisse erzielt (Milliez, 2003). Insgesamt entspricht die Variabilität der Modellergebnisse denen der Beobachtungen.

Für die Simulation zukünftiger Klimate wird das International Panel on Climate Change Szenario B2 zugrunde gelegt (Houghton, 2001). Nach einer doppelten dynamischen ‚downscaling' Methode erhält man mit dem gekoppelten globalen Atmosphären-Ozean Zirkulationsmodell ECHAM4-OPYC3 mit einer T42 Horizontal-Auflösung als Antrieb, Ergebnisse für REMO mit 0.5° horizontaler Auflösung, welches wiederum als Antrieb für REMO mit 0.16° horizontaler Auflösung verwendet wird. Die Temperaturen steigen im Szenarienzeitraum 2020-49 im Vergleich zum Kontrollzeitraum 1990-99 um ca. 1° C im Jahresmittel an. Es besteht eine starke dekadische Variabilität. Die Wintermonate erwärmen sich im Vergleich zu den Sommermonaten stärker.

In dem Szenarienlauf 2020-49 ist im Vergleich zum Kontrolllauf eine leichte Niederschlagszunahme im Jahresmittel zuerkennen. Die Winterniederschläge werden mehr zunehmen als die Sommerniederschläge. Horizontal ändern sich die Niederschlagsverteilungen in jeder Dekade. Die Dekade 2030-39 ist von allen die Nässeste mit über 30 % Niederschlagszunahme

im deutschen Teil des Elbeeinzugsgebietes. Das Gebiet östlich des Erzgebirges wird in allen drei Dekaden durch die geringsten Änderungen gekennzeichnet (unter 15%). Die Anzahl der Tage mit mehr als 10 mm/Tag Niederschlag steigt im Szenarien Zeitraum extrem an im Vergleich zum Kontrollzeitraum (Abbildung1).

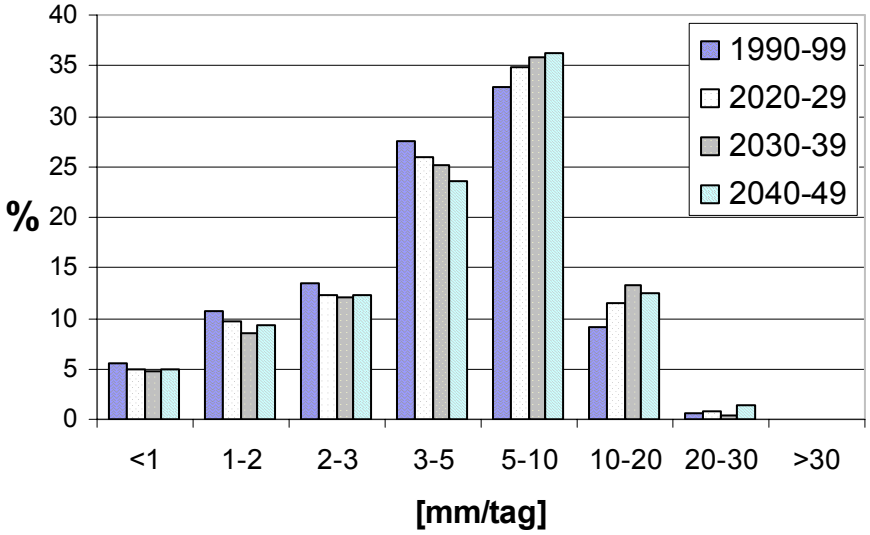


Abbildung1: Niederschlagsintensitäten für die Dekaden des Kontroll- und Szenarienlaufs mit REMO 5.1, 0.16 ° horizontaler Auflösung für das Elbeeinzugsgebiet

Alle hier herausgefundenen Ergebnisse gelten nur für ein mögliches Klimaszenario. Es wurde nur ein Globalmodell als Antrieb verwendet und eine Realisierung mit einem bestimmten Regionalmodell durchgeführt.

Referenzen:

Houghton, J.T et al. (2001): Climate Change 2001: The Scientific Basis, Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Governmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press.

Jacob, D. (2001): A note to the simulation of the annual and interannual variability of the water budget over the Baltic Sea drainage basin, Meteorol. Atmos. Phys.77, p. 61-73.

Jacob, D., Van den Hurk, B.J.J.M., Andræ, U., Elgered, G., Fortelius, C. Graham, L. P., Jackson, S.D., Karstens, U., Koepken, Chr., Lindau, R., Podzun, R., Roeckel, B., Rubel, F., Sass, B. H., Smith, R.N.B., Yang, X. (2001) : A comprehensive model intercomparison study investigating the water budget during the BALTEX PIDCAP period, Meteorol. Atmos. Phys, 77, 19-43.

Lorenz, Ph. (1999): Simulation von Starkniederschlägen während des Oderhochwassers 1997 mit REMO, Diplomarbeit, Universität Hamburg

Milliez, M. (2003): Validation of today's climate simulation with the regional model REMO. Diplomarbeit am DEA Oceanologie, Meteorologie et Environnement, der Universite Pierre et Marie Curie.

Semmler, Tido (2002): Der Wasser und Energiehaushalt der arktischen Atmosphäre. Dissertation am Max Planck Institut für Meteorologie in Hamburg Nr. 85.

2.2 Simulationsergebnisse des regionalen Klimamodells STAR

Friedrich-Wilhelm Gerstengarbe und Peter C. Werner

Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung e.V., PF 601203, 14412 Potsdam,
gerstengarbe@pik-potsdam.de

Keywords: Zukunftsszenarium, Niederschlag, Temperatur, relative Luftfeuchte, Wasserdampfdruck, Sonnenscheindauer, Bewölkung, Globalstrahlung, Wind

Zusammenfassung

Das gewählte globale Szenarium von 1.4 K Temperaturanstieg bis 2055 stellt für das Elbeeinzugsgebiet ein im Sinne der IPCC-Definition moderates Szenarium dar. Die Auswertung der wahrscheinlichsten Realisierung zeigt, dass das Untersuchungsgebiet außer in den Kammlagen der Gebirge insgesamt trockener wird, der Niederschlagsrückgang im Winter moderater ausfällt als im Sommer und sich die Strahlungsbedingungen im Sommer deutlich verändern (längere Sonnenscheindauer bei geringerer Bewölkung und damit erhöhter Globalstrahlung). Die Winter sind charakterisiert durch einen Anstieg der mittleren Windgeschwindigkeit, was auf eine verstärkte Westwindzirkulation zurückzuführen ist. Alle beschriebenen Entwicklungstendenzen sind in ihrem Ursprung schon in den Beobachtungsdaten (1951/2000) zu erkennen.

Ergebnisse

Die Szenarienberechnungen beruhen auf einem vorgegebenen Temperaturtrend von 1.4 K für den Zeitraum 2001 - 2055. Dieser Trend wurde aus dem Klimamodelllauf ECHAM4-OPYC3 des MPI für Meteorologie Hamburg bestimmt. Diesem Lauf liegt das A1-CO_2-Emissionsszenarium zugrunde, was eine relativ moderate Temperaturerhöhung zur Folge hat. Um eine ausreichend große Stichprobe zu bekommen, wurden 100 Simulationsläufe sowohl für den Beobachtungszeitraum als auch den Simulationszeitraum durchgeführt. Aus der Verteilung der Niederschlagstrends wurde die wahrscheinlichste Realisierung zur Interpretation ausgewählt.

- Niederschlag

Bei der Niederschlagsentwicklung im Szenarienzeitraum zeigt sich, dass sich das Gebiet mit einer jährlichen Niederschlagssumme < 500 mm deutlich vergrößert. Es gibt in diesem Bereich sogar Regionen, in denen bis 2055 die Niederschlagssumme unter 400 mm pro Jahr sinkt, wie zum Beispiel im Leebereich des Harzes. Andererseits ist eine Niederschlagszunahme bis zu 300 mm in den westlich gelegenen Gebirgsregionen (Harz und Thüringer Wald) zu beobachten. Dabei ist die Niederschlagsentwicklung jahreszeitlich deutlich differenziert. Während im Sommer für das gesamte Gebiet ein Niederschlagsrückgang zu verzeichnen ist, nimmt der Niederschlag im Winter nur in einigen Teilregionen ab, in den Gebirgsregionen dagegen deutlich zu. Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass große Teile des Elbeeinzugsgebietes bei der vorgegebenen Entwicklung mit hoher Wahrscheinlichkeit von einem deutlichen Niederschlagsrückgang betroffen werden.

- Temperatur

Da für die Temperatur die Änderungen entsprechend der Modellphilosophie vorgegeben wurden, kann auf eine Diskussion verzichtet werden. Hingewiesen sei nur darauf, dass die räumlichen Strukturen der Temperaturverteilung in der Simulation erhalten bleiben.

- Relative Luftfeuchte

Die räumliche Struktur der Jahresmittel der relativen Luftfeuchte zeigt für beide Untersuchungszeiträume etwa die gleiche Struktur, allerdings auf unterschiedlichem Niveau. Im Mittel liegt das Niveau für den Zeitraum 2046/55 um 3% niedriger als für den Bezugszeitraum 1951/2000. Dabei ist die relative Feuchte in den Gebirgen und im Norden des Untersuchungsgebietes höher als in den restlichen Teilen des Elbeeinzugsgebietes. Besonders in den

trockenen Bereichen setzt sich die Tendenz zu einer Verstärkung dieses Zustandes fort. Die räumlichen Strukturen bleiben sowohl im Sommer als auch im Winter erhalten. Im Sommer ist allerdings eine wesentlich stärkere Abnahme als im Winter zu verzeichnen.

- Wasserdampfdruck

Die räumliche Struktur der Jahresmittelwerte des Wasserdampfdrucks entspricht sowohl im Bezugs- als auch im Szenarienzeitraum den geographischen und orographischen Gegebenheiten des Untersuchungsgebietes (im NW höhere Werte, in den Gebirgen niedrigere Werte). Der Wasserdampfdruck nimmt im gesamten Untersuchungsgebiet im Szenarienzeitraum leicht zu, im Sommer mehr als im Winter.

- Sonnenscheindauer

Eine deutliche Zunahme der Sonnenscheindauer im Szenarienzeitraum ist für die Sommerperiode zu verzeichnen. Es gibt Regionen mit einer Zunahme bis 1.5h/d. Im Winter sind die Änderungen vernachlässigbar gering.

- Bedeckungsgrad

Ähnlich wie bei der Sonnenscheindauer ist der Bedeckungsgrad räumlich nur schwach gegliedert. Invers zur Sonnenscheindauer nimmt der Bedeckungsgrad im Szenarienzeitraum im Jahresmittel ab, im Sommer deutlich stärker als im Winter, wobei hier sogar einige Regionen eine leichte Zunahme verzeichnen.

- Globalstrahlung

Bei der Globalstrahlung ist der Szenarienzeitraum räumlich stärker differenziert als der Bezugszeitraum. Insgesamt nimmt die Globalstrahlung zu, wobei der Trend im Sommer wesentlich stärker ausgeprägt ist als im Winter.

- Windgeschwindigkeit

Im Sommer nimmt die Windgeschwindigkeit fast im gesamten Untersuchungsgebiet ab. Im Winter dagegen ist eine Zunahme zu verzeichnen.

2.3 Entwicklung von regionalen Klimaänderungsszenarien für das Gebiet der Elbe

Eberhard Reimer, P. Nevir, W. Enke, D. Koslowsky, A. Oestreich, I. Langer, S. Sodoudi, E. Mikusky und S. Brand

Institut für Meteorologie, Freie Universität Berlin, Carl- Heinrich-Becker-Weg 6 – 10, 12165 Berlin
reimer@zedat.fu-berlin.de, www.trumf.de

Keywords: Klimaszenarien, Großwetterlagen, Zirkulationsindex, Wolkenparameter

Zusammenfassung

Der Einfluss der globalen Klimaänderungen auf den Wasserhaushalt im Elbeeinzugsgebiet sollte untersucht werden. Hierfür wurden die Niederschlagsverhältnisse unter erwarteten Veränderungen der klimatischen Bedingungen für 2001-2055 mit verschiedenen Verfahren abgeschätzt.

Auf der Basis der Kontrollläufe und Klimaänderungsszenarien der Arbeitsgruppe MPI-Hamburg mit den Modellen ECHAM4 und REMO, das mit einer horizontalen Gitterauflösung von 0.5° und 0.16° angewendet wurde, wurden mit Neurofuzzyverfahren und statistischen Verfahren lokale Klimaänderungsszenarien für den Niederschlag im deutschen Einzugsbereich der Elbe berechnet.

Zu diesem Zwecke wurden verschiedene Parameter bestimmt:

- *Großwetterlagen, die zur Beschreibung der großräumigen Wettersituation der Modellläufe verwendet wurden. Dabei sind für den Niederschlag und die 2m-Temperatur getrennt objektive Wetterlagenklassen bestimmt worden,*
- *ein neuer dynamischer Index zur Erfassung des großräumigen dynamischen Verhaltens der Großwetterlagen, der eine Aussage über den vorherrschenden Zirkulationstyp zulässt,*
- *mehrere Jahre Bedeckung und Wolkentyp aus NOAA-Satellitendaten für die spätere Erweiterung der Szenarien und für die weitere Modellevalierung von REMO mit dem Ziel, eine flächendeckende Wolkeninformation zu erhalten, und damit auch eine verbesserte Niederschlagsschätzung aus Beobachtungen zu ermöglichen.*

Es wurde die horizontale Verteilung der Niederschlags- und der Temperaturänderungen untersucht und ein Verfahren zur Erstellung von 100 Variationen der lokalen Basisszenarien entwickelt.

Ergebnisse

Die Niederschlagsverhältnisse (Variabilität, Extrema, räumliche Struktur usw.) der letzten 20 Jahre wurden für das Elbeeinzugsgebiet unter Weiterverwendung der ECHAM/Remo-Ergebnisse (dreidimensionales hydrostatisches Klimamodell REgional MOdell) und der Beobachtungen untersucht. Es waren folgende Modellvalidierungsläufe gegeben: 20 Jahre global, 20 Jahre 0.5°, 10 Jahre 0.16°. Alle Ergebnisse wurden 6 stündig zur Verfügung gestellt.

Das Projekt war in der Phase I in mehrere inhaltliche Teilstücke gegliedert, die jeweils separate Berichte im Anhang aufweisen. Das sind:

- die Validierung der ECHAM/REMO-Klimasimulationsläufe,
- die Bestimmung von Großwetterlagen,
- die Entwicklung und Untersuchung eines dynamischen Zustandsindizes DSI,
- die Bestimmung von lokalen Klimaszenarienmodellen mit Neurofuzzy Methoden,
- die Erstellung von mehrjährigen flächenhaften Wolkenanalysen und
- Satellitendaten.

Die Validierung des Niederschlags und der Temperatur der Klimasimulationen mit ECHAM/REMO konzentrierte sich zum einen auf den Vergleich klimatologischer Mittelwerte zwischen Modell und Beobachtung, zum anderen wurden verschiedene statistische Methoden verwendet, um die Simulationsqualitäten der Modelle in Bezug auf natürliche in-

terannuelle Variationen und räumliche Strukturen zu untersuchen. Ein weiterer Bestandteil der Modellprüfung stellte die Auswertung der Simulationsergebnisse in Hinblick auf Extremereignisse dar.

Die räumliche Variationsstruktur des Niederschlags wurde mithilfe der Variographie untersucht. In den Beobachtungsdaten ließen sich diesbezüglich große Unterschiede in Abhängigkeit vom Niederschlagstyp feststellen, der von der REMO-Simulationen tendenziell erfasst wurde.

Die Strukturanalyse zeigte, dass nur die REMO Modellversion mit 0.16° Auflösung in der Lage ist, der topographischen Gliederung gerecht zu werden.

Mit Großwetterlagen und dem Dynamical State Index DSI, der die zeitliche Dynamik der großräumigen Strukturen beschreibt, wurden die großräumigen Modellergebnisse klassifiziert.

Ziel war es, die meteorologischen Daten (Temperatur, Niederschlag, Globalstrahlung, Wind, relative Feuchte, Bedeckungsgrad, Verdunstung) für den Zeitraum 2000-2055 für 75 Stationsstandorte im Elbeeinzugsgebiet mit Hilfe von Neurofuzzy-Modellen zu prognostizieren. Dabei wurde die Software FIS (Fuzzy Inferenz System) im Rahmen von MATLAB verwendet. Mit einem FIS wird ein nichtlinearer Zusammenhang zwischen der Eingangsgröße und der Ausgangsgröße hergestellt, die in unscharfen Regeln festgehalten werden.

Für die Modellkette ECHAM/REMO wurden jeweils für den Kontrolllauf Großwetterlagenstatistiken mit einem dazugehörigen Erwartungswert zum Jahresgang ermittelt. Die Differenzen zu den Beobachtungen ergaben die Basisreihen für die Fuzzy-Modelle. Mit einem Screeningverfahren wurden die optimalen Modellparameter bestimmt und für die jeweilige Beobachtungsstation lokale Modelle erstellt.

Diese Modelle wurden dann auf die Szenarienläufe der ECHAM/REMO-Klimamodelle angewendet und für den Zeitraum 2001- 2055 lokale Basisszenarien berechnet.

Die Untersuchungen zeigen, dass die Klimamodelle ECHAM4 und ECHAM/REMO unterschiedliche Ergebnisse bringen und in der Folge auch die lokalen Modelle unterschiedlich sind. Die Fuzzy-Modelle ermöglichen die lokale Korrektur der Klimamodell-Simulationen, die weiterhin komplexe Trends aufweisen.

In Vorbereitung der weiteren Spezialisierung wurden aus Satellitendaten mehrjährige Reihen von Wolkenparametern bestimmt und die Niederschlagswahrscheinlichkeit zugeordnet.

3. MÖGLICHE EFFEKTE DES GLOBALEN WANDELS IM ELBEEINZUGSGEBIET

3.1 Politik und Bürgerszenarien

3.1.1 Perspektiven der Landbewirtschaftung im deutschen Elbegebiet unter dem Einfluss des globalen Wandels – Ergebnisse eines interdisziplinären Modellverbundes -

Horst Gömann, Peter Kreins und Christian Julius

Forschungsgesellschaft für Agrarpolitik und Agrarsoziologie e. V., c/o ZADI
Villichgasse 17, 53177 Bonn
goemann@zadi.de ; http://www.faa-bonn.de

Keywords: Landnutzung, interdisziplinärer Modellverbund, Liberalisierung der EU-Agrarpolitik, Stickstoffsteuer, Klimawandel

Zusammenfassung

Durch Prozesse des globalen Wandels sowie Weiterentwicklungen der Gemeinsamen Agrarpolitik der EU (GAP) sind deutliche Anpassungen der Landbewirtschaftung zu erwarten, die sich auf den Wasserhaushalt und die Wasserqualität im Elbeeinzugsgebiet auswirken können. Angesichts der Probleme und Konflikte der Landwirtschaft in dieser Region ist die Analyse dieser Auswirkungen von großem Interesse, auch für politische Entscheidungsträger. Aufgrund des durch die Wiedervereinigung Deutschlands verursachten Strukturwandels mit verschiedenen für eine nachhaltige Entwicklung des Raumes kritischen Konsequenzen haben die Erwartungen an die Landwirtschaft in dieser Hinsicht zugenommen, da sie in vielen ländlichen Regionen des Elbegebiets entscheidend zur wirtschaftlichen Aktivität beiträgt.

Ergebnisse

Das Teilvorhaben untersucht mit Hilfe des in GLOWA-Elbe entwickelten, interdisziplinären Modellverbundes die Auswirkungen möglicher Szenarien des globalen Wandels auf die Landwirtschaft, Landnutzung und Umwelt im deutschen Elbeeinzugsgebiet. Der Modellverbund besteht aus den agrarökonomischen Modellen WATSIM und RAUMIS, dem ökohydrologischen Modell SWIM, dem Nährstofffrachtmodell MONERIS sowie dem Klimamodellsystem ECHAM4/OPYC3/STAR. Durch die Kopplung wird eine direkte Verbindung zwischen Driving-Force, State und Response Indikatoren geschaffen, die neben der regionalen Spezifizierung des Zusammenspiels von Prozessen des globalen Wandels mit politischen Handlungsoptionen eine zielgenaue Berücksichtigung gesellschaftlicher Anforderungen an die Landwirtschaft ermöglicht. Die Modellergebnisse tragen im Rahmen des „Integrativen Methodischen Ansatzes" zur Ableitung und Bewertung alternativer Handlungsstrategien bei.

Eine Status-Quo Projektion (Referenzszenario) wird für die zukünftige Landbewirtschaftung bis zum Jahr 2020 erstellt. Die grundlegende Annahme ist die Fortführung der derzeitigen GAP (Agenda 2000). Die Projektion erfolgt mit dem regionalen Agrarsektormodell RAUMIS, das erstmalig für einen derart langfristigen Zeithorizont eingesetzt wird. Kennzeichnend für das Referenzszenario sind hohe Agrarstützungen (Preisstützung und Direktzahlungen), die eine landwirtschaftliche Produktion auch auf Standorten ermöglichen, auf denen sie zu Weltmarktbedingungen in diesem Umfang nicht wettbewerbsfähig wäre. Allerdings setzt sich auch bei Beibehaltung derzeitiger Rahmenbedingungen die bisher zu beobachtende duale Entwicklung der landwirtschaftlichen Landnutzung fort. D.h. die Produktion wird auf Gunststandorten intensiviert und auf Ungunststandorten weiter extensiviert.

Alternative Entwicklungen werden ausgehend von den Entwicklungsrahmen A1 und B2 des IPCC-Reports 2000 (Intergovernmental Panel on Climate Change) für den Teilbereich „Agrarpolitik und Landwirtschaft" konkretisiert, und zwar als fortschreitende „Liberalisierung" bzw. „Regionalisierung/Ökologisierung". Die jeweils untersuchten Maßnahmen sind: Abbau der Agrarpreisstützung sowie Entkopplung von Direktzahlungen bzw. Einführung einer Abgabe auf mineralischen Stickstoff in Höhe von 200% (N-Abgabe). Klimaänderungen stellen ein eigenes Szenario dar. Die Auswirkungen der Szenarien auf Landwirtschaft, Landnutzung und Umwelt in Regionen des deutschen Elbeeinzugsgebiets werden mit dem Modell RAUMIS ermittelt.

Eine Liberalisierung der Agrarpolitik verstärkt die duale Entwicklung der Landbewirtschaftung. Derzeitige Anbau- und Nutzungsverfahren der LF werden vor allem auf Ungunststandorten in beträchtlichem Ausmaß eingestellt. Die Getreideerzeugung wird im Elbegebiet um mehr als ein Drittel gegenüber der Referenzsituation eingeschränkt. Bilden sich keine neuen, innovativen Landnutzungsformen heraus, fällt ein Großteil der LF im Elbegebiet brach. Die Stickstoffüberschüsse gehen in der Landwirtschaft um ca. 14% zurück. Ein Großteil der Subventionen wird in Form von Transferzahlungen (1,8 Mrd. EUR) einkommenseffizienter übertragen, so dass trotz deutlicher, zum Großteil preisbedingter Erlöseinbußen in der Landwirtschaft (16%), die Nettowertschöpfung um 12% zurückgeht.

Eine N-Abgabe führt zu einer Senkung der speziellen Produktionsintensität, durch die beispielsweise die Getreideerträge um durchschnittlich 28% abnehmen. Der damit verbundene Einkommensrückgang wird durch eine Rückerstattung der vereinnahmten N-Abgabemittel in Höhe von etwa 0,5 Mrd. EUR über eine produktionsneutrale Transferzahlung je ha LF abgepuffert und beläuft sich gegenüber dem Referenzszenario auf ca. 13%, ohne Transferzahlung auf etwa 30%. Das Elbegebiet profitiert von einer Umverteilung infolge einer bundeseinheitlichen Flächenprämie, durch die etwa 34 Mio. EUR vom Nicht-Elbegebiet ins Elbegebiet transferiert werden. Im Elbegebiet nehmen die landwirtschaftlichen N-Überschüsse um 265.000 t ab, das entspricht 65% gegenüber der Referenzsituation. Die Kosten dieser Reduktion gemessen an den Einkommenseinbußen der Landwirtschaft belaufen sich auf rund 1.300 EUR je t vermindertem N-Überschuss.

Ein Klimawandel hat auf die Landbewirtschaftung in den Regionen des Elbegebiets unterschiedliche Auswirkungen. Dies ist sowohl auf die regional unterschiedliche Ausprägung des Klimawandels als auch auf seine unterschiedliche Wirkung auf einzelne Anbaukulturen zurückzuführen. Die Ergebnisse zeigen, dass sich Anbauregionen aufgrund von regionalen Änderungen der Ertragsrisiken verschieben können. Vom bereits stattfindenden Klimawandel sind ertragsstarke Standorte unter Umständen stärker betroffen als ertragsschwache, so dass er sich auf die oben erwähnte duale Entwicklung (Spezialisierung) zwischen den Regionen teils verstärkend teils reduzierend auswirkt.

Referenz

Gömann, H.; Kreins, P.; Julius, C.; Wechsung, F. (2003): Landwirtschaft unter dem Einfluss des globalen Wandels sowie sich ändernder gesellschaftlicher Anforderungen – Interdisziplinäre Untersuchung künftiger Landnutzungsänderungen und resultierender Umwelt- und sozioökonomischer Aspekte. Vortrag auf der Jahrestagung der Gesellschaft für Wirtschaft und Sozialwissenschaften des Landbaus, Sept. 29 – Okt. 1, 2003, Stuttgart-Hohenheim

3.1.2 Zukunft Landschaft - Bürgerszenarien zur Landschaftsentwicklung

Detlev Ipsen, Uli Reichhardt und Holger Weichler

Universität Kassel; Fachbereich Architektur, Stadtplanung, Landschaftsplanung;
Arbeitsgruppe Empirische Planungsforschung, Mönchebergstraße 17, 34109 Kassel
aep@uni-kassel.de ; http://www.uni-kassel.de/fb6/AEP

Keywords: Partizipation, Landschaftskonferenz, Landschaft

Zusammenfassung

Im Forschungsvorhaben wurden am Beispiel zweier Regionen des Elbegebietes, der Niederlausitz und Berlin-Spandau, die Vorstellungen von Bürgerinnen und Bürgern zur Zukunft von Landschaften untersucht. Auf Landschaftskonferenzen entstanden Bürgerszenarien, deren Inhalte als Storylines in Entwicklungsszenarien einfließen können oder Hypothesen zu zukünftigen Flächennutzungsänderungen liefern können.

Ergebnisse

Der globale Wandel - das Zusammenwirken sozialer und natürlicher Faktoren - wird Landschaft in den nächsten Jahrzehnten wesentlich ändern.

In dem Teilvorhaben wurden mögliche Entwicklungen in einem industriell genutzten ländlichen Raum, der Niederlausitz, und einem städtischen Raum, Berlin-Spandau, untersucht. Ziel unseres Vorhabens war die Entwicklung eines Konzeptes zur Beteiligung der Bevölkerung an der zukunftsorientierten Planung von Flusslandschaften. Bürger sind neben Behörden, Unternehmungen und sozialen Gruppen eine wichtige Akteursgruppe, die durch ihr Handeln die Basis der Entwicklungsdynamik und damit der Landnutzungsmuster und des Wasserhaushaltes bildet. Die Begründung dafür liegt im Wesentlichen in der Tatsache, dass sich unsere Gesellschaft immer mehr von einer eher staatlich bestimmten, zu einer aus bürgerlichem Engagement geleiteten Gesellschaft wandelt (Zivilgesellschaft).

Im Mittelpunkt der Forschungsarbeiten steht der Wasserhaushalt des Elbeeinzugsgebietes. Der Wasserhaushalt wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst. Neben den langfristigen Veränderungen des Klimas mit seinen Einflüssen auf Niederschlag und Verdunstung sind es vor allem die Entwicklungsdynamik und das Muster der Landnutzung, die den Wasserhaushalt beeinflussen.

Über den Wassergebrauch haben die Formen der Landnutzung ebenfalls einen wichtigen Einfluss auf den Wasserhaushalt. Strebt man eine nachhaltige Entwicklung des Wasserhaushaltes an, verlangt dies in verschiedenen Bereichen der Landnutzung, der Besiedlung, der verkehrlichen Erschließung und der gewerblichen Nutzung, Änderungen des Verhaltens. Jede Verhaltensänderung baut auf Zielvorstellungen und Szenarien der zukünftigen Entwicklung auf. Die Akteure und ihre jetzigen Handlungen und zugleich die Projektion der Zukünfte bilden die Basis der Entwicklungsdynamik und damit der Landnutzungsmuster. Akteure sind dabei sowohl Unternehmungen und Behörden als auch soziale Gruppen und Einzelpersonen. Um die Möglichkeiten und Schwierigkeiten einer nachhaltigen Entwicklung zu erarbeiten, müssen die Akteure in die Arbeit an einer „Agenda Elbelandschaft“ im Sinne eines Entwicklungsszenarios aktiv einbezogen werden.

Unser Forschungsansatz baut auf der These auf, dass der Landschaftsbegriff gleichermaßen einen analytischen wie einen symbolischen Zugang zu einem konkreten Raum als Lebenswelt ermöglicht. In Landschaftskonferenzen haben Bürgerinnen und Bürger einer konkreten Region Zielvorstellungen und Bausteine für Szenarien der zukünftigen Entwicklung erarbeitet. Die Ergebnisse können unter der Hinzunahme eigener Hypothesen als Storylines in Entwicklungsszenarien einfliessen oder Hypothesen zu zukünftigen Flächennutzungsänderungen liefern.

In den Vorstellungen der Bürgerinnen und Bürger werden zwei deutlich unterschiedliche Ansätze deutlich: eher konservierend sind die Szenarien in Berlin-Spandau, eher offen für einschneidende Veränderung sind die Szenarien in der Niederlausitz. In beiden Fällen werden pluralistische Landschaften entworfen, die Vielfalt und auch Widersprüche zulassen. Wie konservativ oder gewagt die Bürgerszenarien formuliert werden, hängt wahrscheinlich davon ab, wie groß der Veränderungsdruck und die Erfahrung mit Veränderungen in einer Landschaft sind.

3.2 Szenarienfolgen für den Wasserhaushalt

3.2.1 Relevanz und Grenzen makroskaliger Modellierung und Szenarien für die Unterstützung von Wassermanagement in Flusseinzugsgebieten

Petra Döll[1] und Sara Vassolo[2]

[1] Institut für Physische Geographie, Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main, Postfach 11 19 32, 60054 Frankfurt am Main
[2] Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover
(beide vormals Wissenschaftliches Zentrum für Umweltsystemforschung, Universität Kassel)
p.doell@em.uni-frankfurt.de

Keywords: Szenario, Modellierung, Makroskala, Wassernutzung, Wasserdargebot

Zusammenfassung

Ein nachhaltiges Wassermanagement kann nur erreicht werden, wenn gleichzeitig Prozesse, die auf verschiedenen Skalen wirken, berücksichtigt werden. Durch die Anwendung des makroskaligen Modells des Wasserdargebots und der Wassernutzung WaterGAP konnten schnell und preiswert erste Szenarioanalysen für das gesamte Elbeeinzugsgebiet (EZG) erstellt werden. Bezüglich des Einflusses des Klimawandels auf das Wasserdargebot sind die Unsicherheiten der Klimawandelszenarien wahrscheinlich bedeutender als die, die auf der Verwendung eines makroskaligen (statt eines mesoskaligen) hydrologischen Modells beruhen. Bei der Erstellung von Wassernutzungsszenarien zeigte sich, dass die Verhältnisse im deutschen Elbe-EZG u.a. aufgrund der Wiedervereinigung so speziell sind, dass makroskalige (z.B. deutschland- oder OECD-weite) Annahmen über Änderungen der treibende Kräfte zu wenig plausiblen Wassernutzungsszenarien führen.

Ergebnisse

Im allgemeinen wird die Skala des gesamten Flusseinzugsgebiets als die primäre Skala für ein nachhaltiges Wassermanagement angesehen. Kleinere Skalen (z.B. Teileinzugsgebiete oder EZG von Grundwasserbrunnen) sind zusätzlich relevant, wenn es um Maßnahmen auf diesen kleineren Skalen geht. Darüber hinaus muss ein auf Nachhaltigkeit ausgerichtetes Wassermanagement auch immer Skalen oberhalb der Flusseinzugsgebietsskala in den Blick nehmen. So wird die Nachfrage nach Wasser, aber auch die Wasserqualität, in unserer globalisierten Welt von Prozessen beeinflusst, die nicht auf das Flusseinzugsgebiet begrenzt sind (EU-Bestimmungen, Welthandel etc.). Der Konsum von global gehandelten Produkten, für deren Herstellung relevante Wassermengen benötigt werden (z.B. bewässerte landwirtschaftliche Produkte), in einem bestimmten EZG A können einen weit stärkeren Einfluss auf den Wasserhaushalt in weit entfernten EZG B haben als die Wasserentnahmen im EZG A selbst auf den Wasserhaushalt des EZG A (Stichwort virtuelles Wasser). Schließlich wird das Wasserdargebot in einem EZG ebenso wie die Hochwassergefährdung durch den globalskaligen Klimawandel verändert.

Mit dem globalen Modell des Wasserdargebots und der Wassernutzung WaterGAP (Auflösung 0.5 x 0.5 Grad) wurde eine Instrument entwickelt, mit dem auf der Makroskala (jenseits der Flusseinzugsgebiets-Skala) Szenarioanalysen durchgeführt werden zu können, die ein nachhaltiges Wassermanagement unterstützen. Im Rahmen von GLOWA-Elbe I wurde das Modell verwendet, um erste Analysen für das gesamte Elbe-EZG durchzuführen, da bislang keine anderen (mesoskaligen) hydrologischen oder Wassernutzungsmodelle existieren, die das gesamte EZG abdecken. Diese Analysen lieferten schnell und preiswert Ergebnisse, die jedoch selbstverständlich in ihrer Aussagegenauigkeit datenintensiveren und damit teureren Elbe-spezifischen Analysen unterlegen sind.

Der **Einfluss des Klimawandels auf das Wasserdargebot** in der Elbe kann nur mit Hilfe eines hydrologischen Modells abgeschätzt werden, das das gesamte EZG abdeckt. Unsere

makroskaligen Analysen mit WaterGAP nutzten die von zwei globalen Klimamodellen (ECHAM4 und HadCM3) für jeweils zwei Emissionsszenarien (IPCC A2 und B2) berechneten Änderungen von Niederschlag und Temperatur (Döll und Vassolo 2003, 2002; Venohr et al. 2003). Mit dem ECHAM4-Klimawandelszenarien ergibt sich zwischen der Klimanormale 1961-90 und den 2020er Jahren ein recht starke Abnahme des Wasserdargebots insbesondere im Süden des Elbe-EZG, und der Durchfluss in Neu-Darchau sinkt bei beiden, sich deutlich unterscheidenden Emissionsszenarien um 7%. Mit den HadCM3-Szenarien ergibt sich hingegen eine nur leichte Abnahme von 2% im Falle von A2, dem Szenario mit den höheren Emissionen, und eine Zunahme von 4% im Falle von B2, wo im gesamten EZG eine Zunahme des Wasserdargebots simuliert wird. Die Unsicherheiten der globalen Klimamodelle (insbesondere bezüglich des Niederschlags) sind wahrscheinlich relevanter als die des hydrologischen Modells. Aber auch regionale Klimaszenarien sind mit hohen Unsicherheiten behaftet.

Für die Erstellung von **Wassernutzungsszenarien** wurde die Wassernutzungsmodellierung in begrenztem Umfang, d.h. für die Sektoren Kraftwerke und Vieh, an die speziellen Bedingungen in Elbe-EZG angepasst. Es konnte insbesondere die in WaterGAP berücksichtigte Lage von Wärmekraftwerken (Vassolo und Döll 2004) genutzt werden, um vorliegende Elbe-spezifische Szenarien der Energieerzeugung in Wassernutzungswerte umzurechnen. Ein Vergleich von Wassernutzungsszenarien, die mit globalen und Elbe-spezifischen sozioökonomischen Szenarien berechnet wurden, zeigt, dass die globalskaligen Annahmen zu wenig plausiblen Wassernutzungsszenarien führen, bei denen die Wassernutzung überschätzt wird (Döll und Vassolo 2004). Außerdem wird mit WaterGAP die heutige Wassernutzung im deutschen Elbe-EZG überschätzt, da diese unter dem deutschen Mittelwert liegt.

Referenzen

Döll, P., Vassolo, S. (2004): Global-scale vs. regional-scale scenario assumptions: implications for estimating future water uses in the Elbe river basin. Regional Environmental Change. (eingereicht)

Döll, P., Vassolo, S. (2003): Makroskalige Integration: Modellierung von Wasserdargebot und Wassernutzung sowie Bilanzierung des Stickstoffaustrags (GLOWA-Elbe). Abschlussbericht des BMBF-Vorhabens 07GWK03 - 203008.

Döll, P., Vassolo, S. (2002): Klimabedingte Änderungen des hydrologischen Regimes im gesamten Einzugsgebiet der Elbe von 1900 bis 2100. In Geller, W. et al. (Hrsg.): Die Elbe – neue Horizonte des Flussgebietsmanagements. 10. Magdeburger Gewässerschutzseminar. Teubner, Stuttgart, 323-326.

Vassolo, S., Döll, P. (2004): Global-scale gridded estimates of thermoelectric power and manufacturing water use.. Water Resources Research. (eingereicht)

Venohr, M., Soukup, M., Vassolo, S., Döll, P., Behrendt, H. (2003): Änderung von Nährstoffeinträgen und –frachten im Einzugsgebiet der Elbe infolge des Globalen Wandels. Tagungsband des Tags der Hydrologie 2003 in Freiburg, Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, 04.03, Band 1, 105-112.

3.2.2 Mögliche Auswirkungen von Änderungen des Klimas und in der Landwirtschaft auf die Nährstoffeinträge und -frachten im Elbeeinzugsgebiet

Horst Behrendt[1], Dieter Opitz[1], Markus Venohr[1] und Mojmir Soukup[2]

[1] Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB), Müggelseedamm 310, 12587 Berlin
[2] Research Institute for Soil and Water Conservation, Zabovreska 250, 15627 Praha 5, Czech Republic
behrendt@igb-berlin.de ; www.igb-berlin.de

Keywords: Nährstoffeinträge, Frachten, diffuse Quellen, Szenarien

Zusammenfassung

Mit dem Modell MONERIS wurden flussgebietsdifferenzierte Nährstoffeinträge und –frachten im Elbegebiet für die Zeiträume um 1985, 1995 und 1999 berechnet und mit den Beobachtungsdaten verglichen. In Form von Szenarioberechnungen wurde die Reaktion des Flussgebietes auf Veränderungen der klimatischen und hydrologischen Bedingungen und im Bereich der Landwirtschaft ermittelt. Im Ergebnis der Szenarioberechnungen kann man feststellen, dass mögliche klimabedingte Veränderungen insgesamt gering sind und bzgl. möglicher Handlungsoptionen in der Landwirtschaft nur die Einführung einer Stickstoffsteuer zu Reduzierungen der N-Überschüsse auf der Landwirtschaftsfläche und der N-Einträge in das Flusssystem der Elbe führt, die ca. 25 % im Vergleich zum Istzustand betragen.

Ergebnisse

Im Rahmen der Phase 1 des Projektes GLOWA Elbe wurde das Modell MONERIS (Behrendt et al. 2000) dahingehend erweitert, dass eine flussgebietsdifferenzierte Modellierung der Nährstoffeinträge und –frachten für das gesamte Elbegebiet (deutscher und tschechischer Teil) möglich wurde. Insgesamt werden 185 Teilgebiete berücksichtigt. Um die Fähigkeit des Modells zur Wiedergabe der bereits eingetretenen Veränderungen zu zeigen, wurden das Modell für insgesamt drei vergangene Zeiträume (1983-1987, 1993-1997 und 1998-2000) angewendet.

Auf der Basis der regionaldifferenzierten Ergebnisse zu den klimabedingten Abflüssen im Elbegebiet (Ergebnisse des Modells WATERGAP 4; Döll & Vasolo, 2003) sowie zu möglichen Änderungen der Stickstoffüberschüsse in der Landwirtschaft bis zum Jahr 2020 (Ergebnisse des Modells RAUMIS, Göhmann, 2003) wurden mit dem Modell MONERIS die daraus folgenden Veränderungen für die Nährstoffeinträge in das Flusssystem der gesamten Elbe und der Nährstofffrachten berechnet.

In Abhängigkeit von dem für die Abflussberechnungen verwendeten Klimamodell sind für den Zeitraum um 2025 und um 2075 bei Konstanz aller übrigen anthropogenen Einflüsse für die Elbe insgesamt nur relativ geringe Veränderungen im Bereich von ± 5% in den Nährstoffeinträgen und Nährstofffrachten zu erwarten. In den Flussgebietseinheiten von Havel, Mittelelbe und Tideelbe können diese Veränderungen jedoch bis zu ± 15% betragen. In den anderen 5 Flussgebietseinheiten der Elbe sind die möglichen Veränderungen kleiner als 5 % (Venohr et al., 2003).

Mit Hilfe des Modells RAUMIS wurden auf Kreisbasis mögliche Veränderungen der Stickstoffüberschüsse auf der landwirtschaftlichen Nutzfläche infolge verschiedener Handlungsoptionen in der Landbewirtschaftung ohne und mit zusätzlichen klimabedingten Effekten für den Zeitraum um 2020 berechnet. Als Handlungsoptionen wurde eine Fortschreibung der derzeitigen sozioökonomischen Rahmenbedingungen (Szenario Ref 2020) eine angenommenen Liberalisierung des Agrarmarktes (Szenario Lib 2020) und die Einführung einer Stickstoffsteuer (Nst 2020) angenommen.

Für die Berücksichtigung möglicher Klimaveränderungen wurden mit dem Modell SWIM die Veränderungen der Stickstoffüberschüsse berechnet und mit RAUMIS auf die Kreise im Elbegebiet umgesetzt (Szenario SWIM 2020).

Die mit RAUMIS ermittelten kreisdifferenzierten N-Überschüsse wurden als Eingangsgrößen im Modell MONERIS verwendet. Dabei wurde für den Übergang vom derzeitigen Zustand bis zum Jahr 2020 eine lineare Interpolation zugrunde gelegt und angenommen, dass diese Maßnahmen erst 2025 vollständig umgesetzt sind.

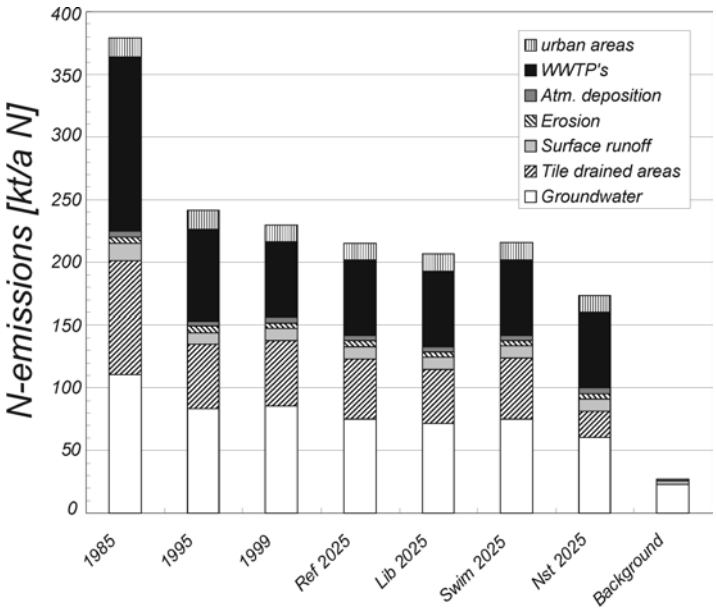


Abb.1: Veränderungen der Stickstoffeinträge in das Flusssystem der Elbe nach Eintragspfaden als folge von möglichen Veränderungen der N-Überschüsse auf der Landwirtschaftsfläche.

Die Handlungsoptionen im Bereich der Landwirtschaft führen sowohl bei einer angenommenen Fortschreibung der derzeitigen sozioökonomischen Rahmenbedingungen (Szenario Ref 2020) als auch bei einer angenommenen Liberalisierung des Agrarmarktes (Szenario Lib 2020) sowie der klimabedingten Veränderung der N-Überschüsse lediglich zu einer Verminderung der Stickstoffeinträge in das Flusssystem der Elbe von 7 bzw. 10% im Vergleich zur Situation 1998-2000 (siehe Abb.1).

Nur mit dem Szenario (Nst 2020) mit der Annahme der Einführung einer substanziellen Stickstoffsteuer für mineralische Düngemittel konnten Verminderungen von 25% in den Stickstoffeinträgen berechnet werden.

Die Modellrechnungen zeigten insgesamt, dass das Modell MONERIS für eine flussgebietsdifferenzierte Analyse der Nährstoffeinträge und –Frachten im gesamten Elbegebiet geeignet ist. Durch die Kopplung mit anderen Modellen (insbesondere WATERGAP, RAUMIS und SWIM) können mit dem Nährstoffeintragsmodell die möglichen Veränderungen in der Eintragssituation und bzgl. der Nährstofffrachten im Elbegebiet in Form von Szenarioberechnungen abgebildet werden.

Referenzen

Behrendt, H., Huber, P., Ley,M., Opitz, D., Schmoll, O., Scholz, G. & Uebe, R. (1999): Nährstoffbilanzierung der Flussgebiete Deutschlands. UBA-Texte, 75/99, 288 S.

Döll, P. & Vassolo, S. (2003): Makroskalige Integration: Modellierung von Wasserdargebot und Wassernutzung sowie Bilanzierung des Stickstoffaustrags (GLOWA-Elbe). Abschlussbericht des BMBF-Vorhabens 07GWK03 - 203008.

Gömann, H., Kreins, P. & Julius, C. (2003): Perspektiven der Landbewirtschaftung im deutschen Elbegebiet unter dem Einfluss des Globalen Wandels – Ergebnisse eines interdisziplinären Modellverbundes. In diesem Abstraktband.

Venohr, M., Soukup, M., Vassolo, S., Döll, P. & Behrendt, H. (2003): Änderungen von Nährstoffeinträgen und –frachten im Einzugsgebiet der Elbe infolge des Globalen Wandels. In: H.-B. Kleeberg (Ed.): Klima – Wasser – Flussgebietsmanagement – im Lichte der Flut. Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, 04/03, S. 105-112.

3.2.3 Folgen von Klimawandel und Landnutzungsänderungen für den Landschaftswasserhaushalt und die landwirtschaftlichen Erträge

Fred F. Hattermann, Valentina Krysanova und Frank Wechsung

Potsdam Institut für Klimafolgenforschung, Telegrafenberg A51, 14473 Potsdam
fred.hattermann@pik-potsdam.de; http://www.pik-potsdam.de

Keywords: Elbe, integrierte Modellierung, Wasserhaushalt, landwirtschaftliche Erträge, Impactanalyse

Zusammenfassung

Vorgestellt werden Modellergebnisse zu den Auswirkungen des globalen Wandels auf den Wasserhaushalt und die landwirtschaftlichen Erträge im Einzugsgebiet der deutschen Elbe, wobei unter globalem Wandel sowohl Klimaänderungen als auch Änderungen in der Landnutzung verstanden werden. Zur Untersuchung der Auswirkungen des globalen Wandels wurde das ökohydrologische Modell SWIM (**S**oil and **W**ater **I**ntegrated **M**odel, Krysanova et al., 1998) verwendet, in dem Module zur Berechnung der Hydrologie, des Pflanzenwachstums (Landwirtschaft und Forst), des Nährstoffkreislaufes (Stickstoff und Phosphor) und der Erosion nach dem Vorbild des Modellsystems SWAT integriert wurden. Die Abflussbildung wird auf der Hydrotopebene berechnet und die Flüsse dann auf der Teileinzugsgebietsebene aggregiert, so dass die räumlichen Verteilungen der Wasserflüsse und der Erträge unter Szenarienbedingungen dargestellt werden konnten. Um die Aussagekraft der Simulationsergebnisse zu untermauern, wurde in einem ersten Schritt das Modell SWIM für die hydrologischen Prozesse und die Erträge im Elbeeinzugsgebiet intensiv validiert. Zusätzlich wurde eine umfassende Sensitivitäts- und Unsicherheitsanalyse durchgeführt, um so die Aussagesicherheit der Modellierergebnisse zu bestimmen (Hattermann et al., 2003). Die anschließenden Szenarioanalysen ergaben, dass die Abnahme der Niederschläge in Verbindung mit einem relativ geringen Anstieg der Evapotranspiration zu einer sehr starken Abnahme der Grundwasserneubildung führt, wobei die Effekte regional stark differenzieren. Spezielle Teilstudien zum Ertragsverhalten landwirtschaftlicher Kulturen bei postuliertem Klimawandel ergaben einen Ertragsrückgang für Winterweizen und Ertragsgewinne beim Silomais.

Ergebnisse

Zunächst wurde das Modell SWIM für die hydrologischen Prozesse und die landwirtschaftlichen Erträge in den verschiedenen naturräumlichen Einheiten der Elbe (Bergland, Loessregion, Tiefland) validiert. Die Ergebnisse dienten dann für die Validierung der Prozesse in der Gesamtelbe. Teil der Modellvalidierung war eine umfassende Sensitivitäts- und Unsicherheitsanalyse. Da für das Klimaänderungs-szenarium ebenfalls die Unsicherheit im Regionalisierungverfahren angegeben wurde (Gerstengarbe & Werner, 2003), konnte durch SWIM nicht nur der Trend sondern auch die Unsicherheit des Wasserdargebotes und der Erträge unter Szenarienbedingungen modelliert werden. Die Szenarioanalysen bei unveränderter Landnutzung ergaben einen Anstieg der jährlichen Evapotranspiration in Folge Temperaturanstiegs. Durch die zurückgehenden Niederschlagssummen sinkt die Grundwasserneubildung stark, und es gelangt insgesamt weniger Wasser zum Vorfluter (s. Abbildung 1). Dieser Effekt ist aber regional sehr unterschiedlich: Die landwirtschaftlichen Hochertragsstandorte im Thüringer Becken sind von einem besonders starken Rückgang der Niederschläge und der damit einher gehenden Abnahme der Grundwasserneubildungsraten betroffen. In den Luvlagen des Thüringer Waldes und des Harzes steigen die jährlichen Niederschlagsmengen an, die Abnahme der Grundwasserneubildung fällt moderater aus.

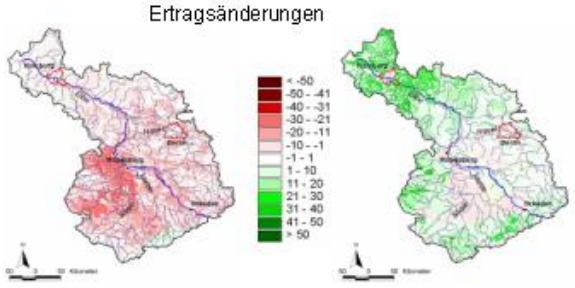


Abb. 1: Ertragsänderungen für Weizen und Mais (Differenz der durch SWIM simulierten mittleren Erträge für 1991-2000 und 2046-2055).

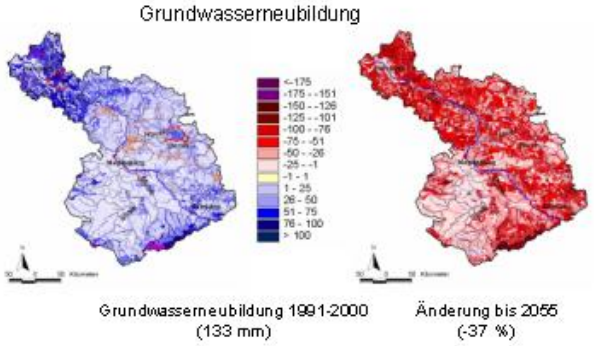


Abb. 2: Durch SWIM simulierte mittlere jährliche Grundwasserneubildung für die Periode 1991-2000 und die Änderung unter Szenariobedingungen (Differenz der mittleren jährlichen Grundwasserneubildung für 1991-2000 und 2046-2055).

Die ökonomischen Auswirkungen des globalen Wandels auf die Landwirtschaft wurden in Zusammenarbeit mit der Forschungsgesellschaft für Agrarpolitik und Agrarsoziologie (FAA) in Bonn analysiert (Gömann et al., 2003). Dazu wurden in einem ersten Schritt die potentiellen Erträge der wichtigsten Anbauarten unter Klimaänderung durch SWIM berechnet (s. Abbildung 2). Danach sinken die potentiellen Erträge für C3-Pflanzen (Winterweizen, Wintergerste, Winterroggen), während Sie für Mais (C4-Pflanze) ansteigen. Basierend auf den potentiellen Erträgen wurden von der FAA die Folgen für die landwirtschaftliche Flächennutzung auf Landkreisebene im Elbegebiet bestimmt. In weitergehenden Untersuchungen wurde der Effekt einer veränderten Landnutzung auf den Wasserhaushalt bestimmt.

Referenzen

Gerstengarbe, F.-W., Badeck, F., Hattermann, F., Krysanova, V., Lahmer, W., Lasch, P., Stock, M., Suckow, F., Wechsung, F., Werner, P.C. (2003): Studie zur klimatischen Entwicklung im Land Brandenburg bis 2055 und deren Auswirkungen auf den Wasserhaushalt, die Forst- und Landwirtschaft sowie die Ableitung erster Perspektiven. PIK Report Nr. 83.

Gömann, H., Kreins, P., Kunkel, R., Wendland, F. (2003): Koppelung agrarökonomischer und hydrologischer Modelle. In: *Agrarwirtschaft*. Jg. 52. Heft 4, 195-203.

Krysanova, V., Mueller-Wohlfeil, D.I., Becker, A. (1998): Development and test of a spatially distributed hydrological/water quality model for mesoscale watersheds. Ecol. Model. Heft 106 (1/2), 261-289.

Hattermann, F.F., Krysanova, V., Wattenbach, M., Wechsung, F. (2003). Macroscale validation of the eco-hydrological model SWIM for hydrological processes in the Elbe basin with uncertainty analysis. In: Fohrer, N. and Arnold, J., 2003. Regional Assessment of Climate and Management Impacts Using the SWAT Hydrological Model. Hydrological Processes (in print).

4. INTEGRIERTE REGIONALE ANALYSEN IN TEILGEBIETEN IM KONTEXT DES GLOBALEN WANDELS

4.1 UNSTRUT

4.1.1 Das Unstrutgebiet – Untersuchungen zum rezenten Wasser- und Stoffhaushalt

Thomas Sommer[1], Beate Klöcking[2], Uta Maier[3], Steffi Knoblauch[3] und Bernd Pfützner[4]

[1] Dresdner Grundwasserforschungszentrum e.V., Meraner Straße 10, 01217 Dresden
tsommer@dgfz.de; http://www.dgfz.de
[2] Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Am Hochanger 11
85354 Freising (vormals PIK Potsdam)
[3] Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Naumburger Straße 98, 07743 Jena
[4] Büro für angewandte Hydrologie, Wollankstraße 117, 13187 Berlin

Keywords: Unstrut, Landwirtschaft, Impactanalyse, Wasserhaushalt, Hydrochemie, Modellkopplung

Zusammenfassung

Mit dem Unstruteinzugsgebiet wurde im Rahmen des Forschungsvorhabens GLOWA-Elbe eine Region ausgewählt, die mit ihrem landwirtschaftlich geprägten Charakter eine Sonderstellung im Elbeeinzugsgebiet einnimmt. Die überaus fruchtbaren Böden in den Auen begründen den Ruf des Thüringer Becken als einer der intensivst genutzten Agrarregionen Deutschlands, deren ackerbauliche Nutzung mit fortschreitenden Regulierungsmaßnahmen der Unstrut immer weiter intensiviert wurde. Heute ist die Unstrut mit ihren Nebenflüssen einer der am stärksten durch Meliorations- und Hochwasserschutzmaßnahmen anthropogen überformten Flüsse Deutschlands. Im Rahmen des Teilprojektes „Unstrut" wurden sowohl sozioökonomische Untersuchungen zur Landnutzung vor dem Hintergrund des globalen Wandels als auch ökosystemar-hydrologische Untersuchungen vorgenommen. Während für die ökosystemaren Impaktanalysen hinsichtlich der Auswirkung der Entwicklungsszenarien auf die Abflussdynamik und Gewässerqualität in genesteter Form für das Einzugsgebiet des Unstrutpegels Nägelstedt (Raum II, 716 km²) erfolgten, wurden für die betriebswirtschaftlichen Analysen politische Raumgliederungen (Landkreise) bis zum Pegel Oldisleben (Raum I, 4175 km²) genutzt. Detailmessungen im Grundwasser und in Lysimetern (Altengottersches Ried, Raum III) erbrachten Aussagen zu möglichen Beschaffenheitsentwicklungen des Grund- und Oberflächenwassers.

Ergebnisse

Ziel des Teilprojektes 3 ist die Untersetzung der makroskaligen Analysen für das Gesamteinzugsgebiet der Elbe bzgl. der Auswirkungen des → globalen Wandels auf den landwirtschaftlichen Sektor und auf den Wasser- und Stoffhaushalt. Im Untersuchungsgebiet liegen 37,3 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche Thüringens (davon: 42,4 % Ackerland und 19,0 % Grünland (TLS 2000), gemessen an Thüringen insgesamt). Wie in allen GLOWA-Elbe Teilprojekten liegt den Untersuchungen im Unstruteinzugsgebiet der Integrative GLOWA-Elbe-Ansatz (→ IMA) zugrunde. Die Modellierungen wurden durch begleitende Messungen, deren Ergebnisse hier vorgestellt werden sollen, untersetzt. Arbeiten zur Modellkopplung eines NA-Modells mit einem GW-Modell und Modellierungsergebnisse werden im Beitrag KLÖCKING *et al.* (2003) reflektiert.

Die **Untersuchungen zum Wasserhaushalt** erfolgten durch Auswertung der Grundwassermessstellen regional (Strömungsverhältnisse) und nach langen Zeitreihen (Trendanalyse), ergänzt durch eigene Messungen. Die zentralen Bereiche des Thüringer Beckens wirken als Entlastungsgebiete für den regionalen GW-Strom. Die Trendanalyse einzelner Grundwassermessstellen ergab, dass sowohl in den Speisungsgebieten des unterirdischen Einzugsgebietes als auch in dem Entlastungsgebiet in den letzten 20 Jahren die Grundwasserstände ge-

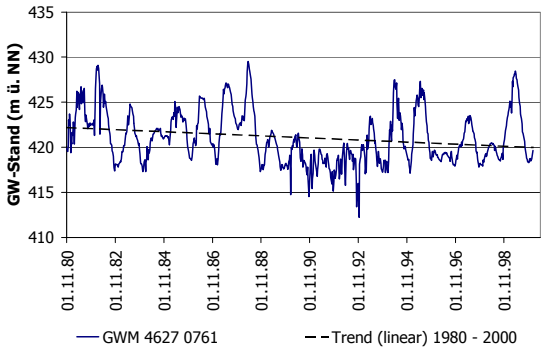


Abb. 1: Langjähriger Trend der Grundwasserstände im Speisungsgebiet.

sunken sind (Fig 1). Hydrogeologisch bedingt sind die Beträge der Abnahme in den Entlastungsgebieten geringer als in den Speisungsgebieten. Durch den aufwärts gerichteten Druck-Gradienten wirken sich die Grundwasserstände der liegenden Schichten direkt auf die Grundwasserstände in der Aue aus, wie die Detailmessungen im Altengotternschen Ried gezeigt haben. In Flurabstandsbereichen kleiner als 140 cm wirken jedoch verstärkt die nutzungsbedingten Einflüsse auf den Wasserhaushalt in der Aue. Die derzeitige technische Kapazität zur kommunalen Grundwassernutzung im gesamten Einzugsgebiet Nägelstädt beträgt ca. 0,5 m^3/s, wovon jedoch gegenwärtig nur 36% genutzt werden, da die Region überwiegend an die Fernwasserversorgung angeschlossen ist. Es kann somit davon ausgegangen werden, dass trotz einer prognostizierten Reduzierung des unterirdischen Abflusses um ca. 40 % die Bereitstellungssicherheit somit auch in kritischen Perioden noch gegeben ist, so dass die Bereitstellungsdefizite, die durch verringerten Oberflächenwasserabfluss ausgewiesen werden (KLÖCKING *et al.*, 2003), durch Grundwasserförderung ausgeglichen werden können.

Die **Untersuchungen zur Hydrochemie** hatten das Ziel, die räumliche Verteilung der wesentlichen Nährstoffparameter im Einzugsgebiet und vertikale Verteilung in den Entlastungsgebieten zu ermitteln. Die Ergebnisse lassen erkennen, dass in den Speisungsgebieten die agrarisch genutzten, flurferneren Standorte aktuelle Nitratgehalte von unter 25 mg/l aufweisen. Die flurfernen Standorte mit waldreichem Einzugsgebiet liegen bei unter 10 mg/l, während die flurnäheren, agrarisch genutzten Standorte in der unmittelbaren Umgebung der Unstrutaue Nitrat mit über 50 mg/l, mit Spitzen bis 200 mg/l aufweisen. In den Auensedimenten selbst zeigt sich ein vertikal differenziertes Nitrat-Abbaupotenzial, das die Nitratgehalte bis unter 10 mg/l sinken lässt (Fig. 2). Die N-Befrachtung der Unstrut kommt somit im Wesentlichen aus den Speisungsgebieten und nicht aus der Auenniederung. Die sich ändernde Wasserversorgungs- und Abflusssituation muss sich im Düngemanagement niederschlagen, um einen Anstieg der N-Verlagerung zu minimieren.

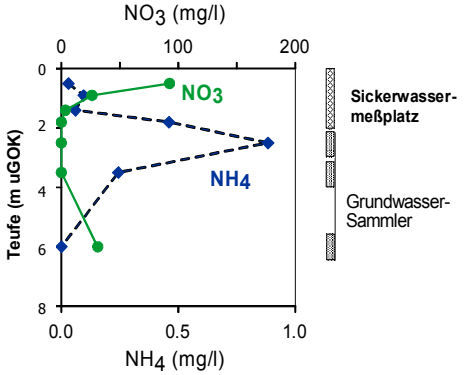


Abb. 2: Vertikale Nitrat- und Ammonium-Verteilung in der Aue (mittlere Gehalte über den Messzeitraum).

Referenzen

TLS (2000): Thüringer Landesamt für Statistik (Hrsg.): Statistischer Bericht – Bodennutzung Thüringen 1999. Erfurt, Februar 2000.

Klöcking, B. et al. (2003): Woher kommt das Wasser? – Die Modellierung des Wasser- und Stoffhaushaltes unter dem Einfluss des globalen Wandels Abstract in diesem Band

4.1.2 Wie ändert sich die Landnutzung? – Ergebnisse betrieblicher und ökosystemarer Impactanalysen

Uta Maier[1], Steffi Knoblauch[1], Thomas Sommer[2] und Beate Klöcking[3]

[1] Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Naumburger Straße 98, 07743 Jena, u.maier@jena.tll.de; http://www.tll.de
[2] Dresdner Grundwasserforschungszentrum e.V., Meraner Straße 10, 01217 Dresden
[3] Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Am Hochanger 11 85354 Freising (vormals PIK Potsdam)

Keywords: Unstrut, Landwirtschaft, Landnutzung

Zusammenfassung

Die Auswirkungen des → globalen Wandels (Politik, Klima) auf den Agrarsektor werden im Bereich des Unstruteinzugsgebietes, als Raum mit intensiver landwirtschaftlicher Nutzung, untersucht. Einzelbetriebliche Ergebnisse von Auswahlbetrieben liefern nach Übertragung im bottom-up-Verfahren Aussagen für die Landnutzung und ermöglichen ökonomische Bewertungen für den Untersuchungsraum. In Übereinstimmung mit den IPCC-Entwicklungsszenarien A1 (Globalisierung/ Liberalisierung) und B2 (Ökologisierung/ Regionalisierung) entstehen Landnutzungsmuster für die Zeithorizonte bis 20 Jahre und den Zeithorizont 2046-2055, die globale klimatische Veränderungen einbeziehen. Diese Landnutzungsszenarien in Verbindung mit optimierten Düngungsstrategien sind Eingangsparameter für ökosystemare Untersuchungen.

Ziele und Methodik

Ziel der Untersuchungen war es, die Auswirkungen agrarpolitischer Entwicklungen (WTO, GAP, EU) und klimatischer Veränderungen mit den sich daraus entstehenden Konflikten auf die Landnutzung, die Düngungsstrategie und das ökonomische Betriebsergebnis für das agrarisch intensiv genutzte Einzugsgebiet der Unstrut anhand typischer landwirtschaftlicher Betriebe zu analysieren. Dazu wurden nach einem Klassifizierungs- (40 Klassen) und Wichtungsverfahren fünf Betriebe ausgewählt, die als typische Vertreter einer Klasse wesentliche Faktorausstattungen (Boden, Tierbestand) erfassen und die ökologische Situation im Untersuchungsraum repräsentieren. Für letzteres diente das ökologische Betriebsbewertungsverfahren „Kriterien umweltverträglicher Landbewirtschaftung" (KUL). Die Simulation von agrarpolitisch- und klimabedingten Landnutzungsänderungen erfolgt auf der Basis einzelbetrieblicher Berechnungen. Einem buttom-up-Verfahrten folgend werden die Ergebnisse nach Zuweisung betriebsspezifischer Multiplikatoren (Ackerfläche, landwirtschaftliche Nutzfläche) auf das Untersuchungsgebiet hochgerechnet und erlauben sektorale Aussagen für den Bereich Landwirtschaft. Für das Untersuchungsgebiet stehen damit Landnutzungsszenarien (Anbaustrukturen) zur Verfügung, aus deren Anbauflächenverhältnissen 40-gliedrige Fruchtfolgen ermittelt werden. Ertragsabhängige Düngungsempfehlungen als Eingangsparameter ökonomischer und ökologischer Bewertungen, und die Einstufung der Böden nach Ertragspotenzialen liefern ein optimales Düngungsregime, das in Verbindung mit den entwickelten Anbauszenarien (Landnutzungen) und ihren Fruchtfolgen weiteren Wasser- und Stoffhaushaltsmodellierungen zur Verfügung stehen.

Ergebnisse

Es wurden Entwicklungsszenarien definiert, die sich an die IPCC Szenarien A1 und B2 anlehnen. Der Einfluss von Klimawirkungen wird in einem A1K-Szenario ermittelt und die Auswirkungen dieser Entwicklungen auf die Landwirtschaft stehen im Vergleich zum AGENDA -definierten *Referenzszenario (2010).*

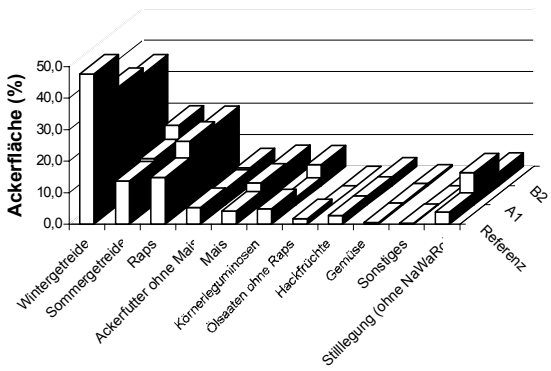


Abb. 1: Veränderung der Landnutzung - Globalisierung/ Liberalisierung (A1) und Ökologisierung /Regionalisierung (B2) im Vergleich zum AGENDA-definierten Referenzszenario

Die Landnutzung für die **Entwicklungsszenarien A1 und B2** im Vergleich zur Referenz zeigen, dass der Anbau von Wintergetreide zugunsten von Sommergetreide zurückgeht (Abb. 1), verursacht durch phytosanitär begründete Restriktionen. Raps erweitert sich durch seine relative Vorzüglichkeit um ca. 5 %. Auch mit der Entkopplung der Flächenzahlungen findet die Ausdehnung des Anbaus von Ackerfutter nicht statt. Der Anbau von Körnerleguminosen dehnt sich im B2- Szenario, bedingt durch mögliche Beihilfezahlungen, die bei der Erfüllung der Fruchtartendiversifizierung möglich sind, aus. Der Klimaeinfluss führt zu abgeleiteten Ertragsänderungen für die einzelnen Fruchtarten (Modellierung SWIM) und fließt in die betrieblichen Planungen ein. Es entsteht ein **Landnutzungsszenario A1K**. Durch die Änderung der Vorzüglichkeiten der einzelnen Ackerkulturen reagieren die Landwirtschaftsbetriebe mit veränderten Anbaumustern. Ertragsrückgänge bei Wintergetreide und Ertragssteigerungen bei Sommergetreide ändern die Vorzüglichkeit dieser Fruchtartengruppen und der Anbau von Wintergetreide geht um mehr als 4 % zugunsten von Sommergetreide zurück. Die Anbaufläche von Sommergetreide erhöht sich um ca. 8 %. Der Anbau von Raps verliert ca. 5 % seiner Anbaufläche. Der Anbau von Ackerfutter ohne Mais bleibt nahezu gleich. Ertragseinbußen aus futterenergetischer Sicht bei Ackerfutter ohne Mais werden durch Ertragserhöhungen bei Mais kompensiert. Die Erweiterung des Ertragsumfangs bei Mais um 0,4 % beruht auf der Ausdehnung des Anbaus an Körnermais, der durch die Ertragszuwächse an seiner Vorzüglichkeit gewinnt. Hier wird der Anbauumfang um ca. 0,5 % ausgebaut. Der Umfang des Anbaus an Körnerleguminosen halbiert sich, von 2,4 % auf 1,1 %. Der Anbau von Ölsaaten ohne Raps gewinnt unter neuen klimatischen Bedingungen an Bedeutung und stellt sich bei ca. 1,7 % Anbauumfang ein (Abb. 2).

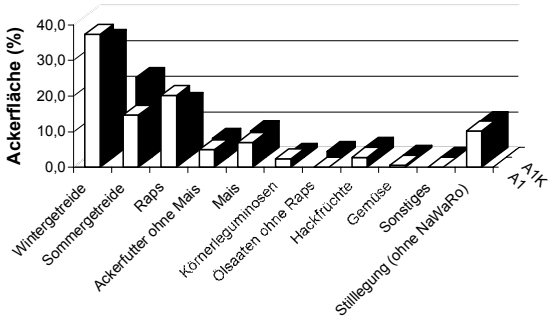


Abb. 2: Veränderung der Landnutzung - Globalisierung/Liberalisierung (A1) und mit Klimawirkungen (A1K/ Zeithorizont 2046-2055)

Die ökonomischen Bewertungen hinsichtlich Nettowertschöpfung je Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche zeigen deutliche Einkommensverluste in der Landwirtschaft, die von 5,3 % in A1 bis 12 % in B2 betragen. Im klimabeeinflussten Szenario A1K vermindert sich das Einkommen gegenüber A1 nochmals um ca. 6 %.

4.1.3 Das Unstrutgebiet – Die Modellierung des Wasser- und Stoffhaushaltes unter den Bedingungen des globalen Wandels

Beate Klöcking[1], Thomas Sommer[2], Bernd Pfützner[3] und Steffi Knoblauch[4]

[1] Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Am Hochanger 11, 85354 Freising (vormals: PIK Potsdam), bkl@lwf.uni-muenchen.de
[2] Dresdner Grundwasserforschungszentrum e.V., Meraner Straße 10, 01217 Dresden,
[3] Büro für Angewandte Hydrologie, Wollankstraße 117, 13187 Berlin
[4] Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Naumburger Straße 98, 07743 Jena

Keywords: Unstrut, Impactanalyse, Ökohydrologische Modellierung, Fruchtfolgengenerator, Modellkopplung

Zusammenfassung

Im Rahmen des Teilprojektes „Unstrut" wurde ein ökohydrologisches Einzugsgebietsmodell auf der Basis des NA-Modell ArcEGMO entwickelt. Dieses kann über eine Programm-SHELL mit einem Grundwasserströmungsmodell gekoppelt werden. Das NA-Modell wurde um ein Talsperrenmodul erweitert und um ein Teilmodul zur Abbildung der Biomassedynamik landwirtschaftlicher Kulturpflanzen in Kopplung mit der Boden-C/N-Dynamik, das an Lysimeter-Daten validiert wurde. Ein Fruchtfolgengenerator stellt die Schnittstelle zu den an der TLL abgeleiteten Anbauszenarien dar. Die simulierten Auswirkungen (Landnutzung und Klima) des → A1-Entwicklungsszenarios auf die Abflussdynamik für das Einzugsgebiet des Unstrutpegels Nägelstedt ergab, dass es zu einem starken Rückgang der Grundwasserneubildung kommen wird, der zu einer weiteren Verschärfung der Niedrigwassersituation führt, in deren Folge es zum Absinken der Bereitstellungssicherheiten für Bewässerungswasser kommt. Das geringere pflanzenverfügbare Wasserangebot kann die Einhaltung niedriger N-Überschuss-Salden erschweren.

Ziel und Methodik

Das Ziel der Arbeit war die Simulation der Auswirkungen des globalen Wandels auf den Wasser- und Stickstoffhaushalt des agrarisch geprägten Einzugsgebietes der Unstrut am Beispiel der in GLOWA-Elbe abgeleiteten Entwicklungsszenarien. Dazu wurde ein ökohydrologisches Einzugsgebietsmodell entwickelt, das neben der Gewässerbewirtschaftung auch das Bewirtschaftungsmanagement landwirtschaftlicher Flächen beschreiben, sowie mit einem Grundwasserströmungsmodell gekoppelt werden kann (Fig. 1). Das neu in das NA-Modell integrierte Teilmodul zur Abbildung der Biomassedynamik land- und forstwirtschaftlicher Kulturpflanzen (PSCN-Modul: **P**lant-**S**oil-**C**arbon-**N**itrogen Model) entstand durch die Kopplung komplexer Wachstumsmodelle für Wald- und landwirtschaftliche Flächen mit einem detaillierten Bodenmodell. Durch die Implementierung eines Fruchtfolgengenerators konnte die landwirtschaftliche Anbaustruktur der Region entsprechend den an der TLL entwickelten Anbauszenarien genau wiedergegeben werden. Die Validierung des PSCN-Moduls erfolgte anhand der Detailmessungen auf der Lysimeter-Anlage Altengotternsches Ried. Es wurden Messwerte zur Bodenfeuchte, zur Bodentemperatur, zum Sickerwasser, zum Nitrataustrag, den NO_3-

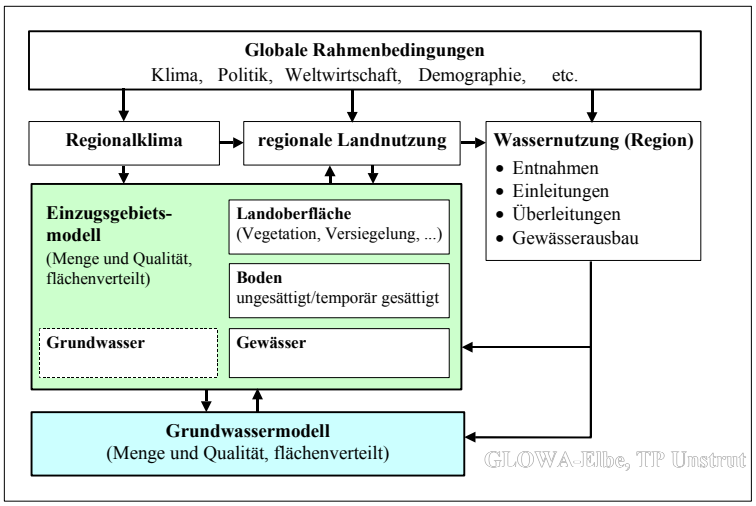
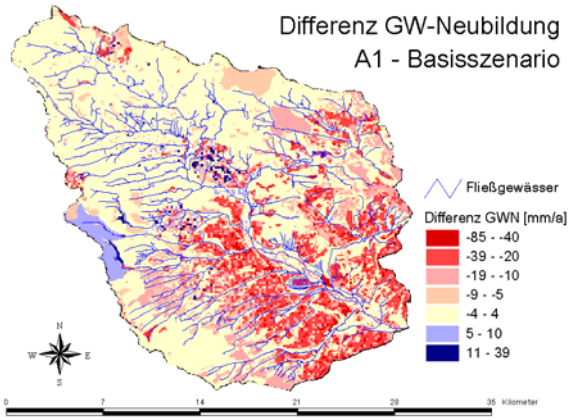


Abb. 1: Modellierungsmethodik im TP Unstrut

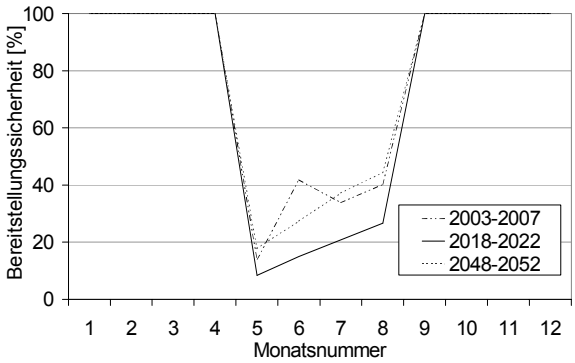
und NH_4-Gehalten sowie zur Biomasse in die Modellvalidierung einbezogen. Das ebenfalls neu entwickelte Talsperrenmodul von ArcEGMO wurde für das Bewirtschaftungsregime der Talsperre Seebach getestet.

Ergebnisse

Es wurden die Auswirkungen des → A1-Entwicklungsszenarios (Landnutzung und Klima) auf die Abflussdynamik für das Einzugsgebiet des Unstrutpegels Nägelstedt simuliert. Hinsichtlich des **Wasserhaushalts** zeigt der Vergleich des Szenarios A1 mit dem Basisszenario, dass es zu einem starken Rückgang der Grundwasserneubildung kommen wird (Fig. 2a), der insbesondere auf die Neubildungsverhältnisse im Winterhalbjahr zurückzuführen ist. Außerdem wird eine Verschärfung von sommerlichen Niedrigwassersituationen prognostiziert. Dies führt zu starken Abflussrückgängen in allen Monaten und einer weiteren Verschärfung der Niedrigwassersituation. In Folge dessen kommt es zum Absinken der Bereitstellungssicherheiten für Bewässerungswasser (Fig. 2b).



a) Veränderung der mittleren jährlichen Verteilung der Grundwasserneubildung



b) Mögliche künftige Defizite in der Nutzwasserbereitstellung am Beispiel der Talsperre Seebach

Abb. . 2: Vergleich Szenario A1 (2045-2055) zum Basisszenario (1990-2000)

Hinsichtlich des **Stoffhaushalts** muss davon ausgegangen werden, dass das geringere pflanzenverfügbare Wasserangebot die Einhaltung niedriger N-Überschuss-Salden erschwert, was ein entsprechendes Düngemanagement erfordert. Die Vorsommertrockenheit führt häufig zu Ertragseinbußen, wodurch der N-Entzug geringer ausfallen kann (Fig. 3). Dem können sinkende GW-Stände entgegenwirken, die zu verlängerten Fließstrecken zum Grundwasser führen, wodurch die präferenzielle Verlagerung abnehmen kann.

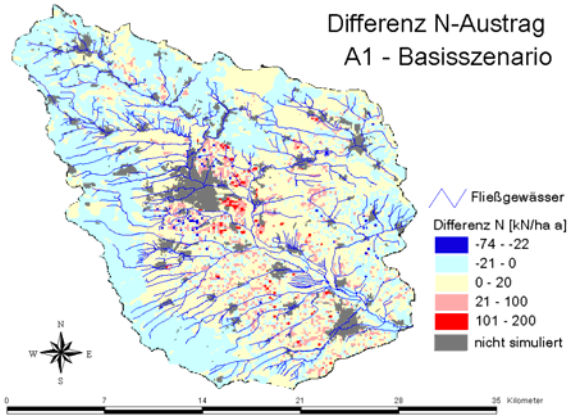


Abb. 3: Veränderung des Stickstoffaustrags (Vergleich A1-Szenario zu Basisszenario)

Referenzen

Klöcking, B., Pfützner, B., Sommer, T. & Schmidt, C. (2002): Kopplung des Einzugsgebietsmodells ArcEGMO mit einem Grundwassermodell für die Simulation des Wasserhaushalts der oberen Unstrut. In: Wittenberg, H. , M. Schöninger (Hrsg.) Wechselwirkung zwischen Grundwasserleitern und Oberflächengewässern, Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 1, 77-82.

Klöcking, B., Ströbl, B., Knoblauch, S., Maier, U., Pfützner, B., Gericke, A. (2003): Development and allocation of land-use scenarios in agriculture for hydrological impact studies. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, Volume 28, Issues 33-36, 1311-1321.

4.2 SPREE/HAVEL

4.2.1 Grundlagen für die Wirkungsanalyse im Spree-/Havelgebiet

4.2.1.1 Methodik und Anwendung des Integrativen Methodischen Ansatzes von GLOWA Elbe

Frank Messner[1], Michael Kaltofen[2], Oliver Zwirner[1], Hagen Koch[2] und Frank Wechsung[3]

[1] UFZ, Department Ökonomie, Soziologie und Recht, PF 500136, 04301 Leipzig
Frank.Messner@ufz.de; http://www.ufz.de
[2] BTU Cottbus, Lehrstuhl für Hydrologie und Wasserwirtschaft, PF 101 344, 03013 Cottbus
[3] Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung e.V., PF 60 12 03, 14412 Potsdam

Keywords: Wasserbewirtschaftung, globaler Wandel, integrative Bewertung

Zusammenfassung

Zur Analyse der Wirkungen des globalen Wandels auf den regionalen Wasserhaushalt im Elbegebiet sowie zur Bewertung von Handlungsstrategien der Wasserbewirtschaftung im Kontext des globalen Wandels wurde im GLOWA-ELBE-Projekt ein integrativer methodischer Ansatz (IMA) entwickelt und im Pilotprojekt des Spree-Flusseinzugsgebietes angewendet. Dieser Ansatz lässt sich im Wesentlichen charakterisieren durch vier Analyseschritte (Szenarienableitung, Bestimmung von Indikatoren, Impaktanalysen und integrative Bewertung), die in vier Forschungsphasen der Analyse des globalen Wandels iterativ umgesetzt werden. Die Anwendung des IMA-Ansatzes im Spreegebiet zeigte insbesondere, dass die Einbeziehung der Stakeholder vor Ort, die Analysen der Handlungsebene und der Ebene des globalen Wandels sowie die interdisziplinäre integrative Bewertung auf Basis von disziplinären Impaktanalysen bedeutsame Analyseelemente sind. Sie ermöglichen es, großskalige und komplexe Konfliktkonstellationen analytisch zu erfassen und Handlungsstrategien zu entwickeln und zu bewerten.

Ergebnisse

Der IMA-Ansatz von GLOWA Elbe wurde zur spezifischen Analyse von Prozessen des globalen Wandels so konzipiert, dass die vier Analyseschritte zur Ableitung von Szenarien in Kooperation mit lokalen Stakeholdern (1), zur Bestimmung von Indikatoren zur Messung der Szenarioeffekte (2), zur Analyse der Wirkungen der Szenarien (3) sowie zur integrativen Bewertung der Szenarien (4) iterativ in vier Forschungsphasen zum globalen Wandel durchgeführt werden. Diese vier Forschungsphasen zum globalen Wandel umfassen dabei eine Status-quo-Analyse zur Reproduktion der bestehenden Konstellation mit den vorhandenen Modellinstrumenten (A), eine modellgestützte Status-quo-Analyse unter Einbeziehung von Klimawandel zur statischen Analyse von Effekten eines Klimawandels unter derzeitigen Bedingungen (B), eine Analyse von globalen Wandelszenarien, die sowohl Klimawirkungen als auch sozioökonomische Wandelprozesse einbezieht (C) sowie letztlich eine umfassende Analyse und Bewertung von Entwicklungsszenarien zur Untersuchung der Effektivität von Politikstrategien im Kontext globaler Wandelprozesse (D).

In der konkreten Anwendung dieses Ansatzes im Spreegebiet zeigte sich die spezifische Bedeutung dieser Vorgehensweise. In der Analyse der Handlungsebene und im konkreten Diskurs mit den Stakeholdern (Schritt 1, Phase A+B) zeigte sich bei den Stakeholdern eine enorme Unsicherheit hinsichtlich der Wirksamkeit derzeitiger Politikstrategien in Bezug auf unterschiedliche Zukunftspfade. Zur Einbeziehung der Unsicherheit über das mangelnde Wissen über Zukunftsentwicklungen wurden daher vier verschiedene Entwicklungsrahmen definiert, die jeweils unterschiedliche Zukunftsvisionen charakterisieren. Am Ende der Forschungsphase C, als den Stakeholdern diese möglichen globalen Wandelszenarien für die Untersuchungsregion präsentiert wurden (vgl. BTU et al. 2002), bestand die Möglichkeit, gemeinsam Politikstrategien zu formulieren, die die ungünstigen Wirkungen verschiedener

Zukunftsentwicklungen – insbesondere Klimawandel und reduzierter Abbau von Braunkohle in der Region – frühzeitig berücksichtigen. Als Resultat konnten fünf alternative Handlungsstrategien der Wasserbewirtschaftung formuliert werden, die Gegenstand der weiteren Szenarioanalyse waren. Ebenso wurden unter Einbeziehung der Entscheidungsträger und der Stakeholder acht Indikatoren zur Messung von relevanten Szenarioeffekten bestimmt.

Im Zentrum der Forschungsphase D stand die integrative Analyse und Bewertung der Effekte der Handlungsstrategien (Schritte 3+4) im Kontext verschiedener Wandelszenarien. Voraussetzung für eine erfolgreiche Analyse war hierbei eine enge Zusammenarbeit bei der Modellierung der wasserwirtschaftlichen Wirkungen und ihrer sozioökonomischen Auswirkungen auf die relevanten Wassernutzer. Während die wasserwirtschaftlichen Modellierungen die Sicherheit der Wasserverfügbarkeit an verschiedenen Pegeln zu bestimmen hatten, mussten Ökonomen mit Bezug auf die wasserwirtschaftlichen Modellierungsergebnisse die Schwellenwerte und –funktionen definieren, bei denen gesellschaftliche Wohlfahrtsschäden eintreten. Unter Verwendung von drei verschiedenen Gruppen von Bewertungskriterien (ökonomischer Nettonutzen, gemittelte Wasserverfügbarkeit für spezifische Regionen sowie Bedarfsdeckung beim ökologischen Mindestabfluss) wurden die Szenarien letztlich bewertet.

Wenngleich eine abschließende Bewertung der Szenarien unter Einbeziehung der Stakeholder noch aussteht (ist vorgesehen für GLOWA II), so ist zu konstatieren, dass drei Elemente des IMA in der Analyse Wasserkreislaufes im globalen Wandel besondere Bedeutung zukommt: (1) die Mobilisierung von lokalem Wissen und die Praktizierung von anwendungsbezogener Forschung durch Integration von Stakeholder in den Forschungsprozess; (2) die interdisziplinäre Forschung in der Modellierung und Abschätzung von Prozessen des globalen Wandels sowie (3) die interdisziplinäre und integrative Vorgehensweise in der abschließenden Bewertung von Szenarien.

Referenzen

BTU, UFZ und WASY: Ergebnisse des Stakeholder Fachgesprächs „Wasserbewirtschaftung unter geänderten Rahmenbedingungen“ am 18.6.2002, Bericht, 2002, 70 S.

Koch, H., M. Kaltofen, U. Grünewald, F. Messner, M. Karkuschke, O. Zwirner und M. Schramm: Scenarios of Water Resources Management in the Lower Lusatian Mining District, Germany. In: Hüttl, R. F. (Hg.), International Conference „Disturbed Landscapes“, Ecological Modelling, Special Issue (eingereicht).

Messner, F., Zwirner, O., Karkuschke, M. (2004): Participation in Multicriteria Decision Support for the Resolution of a Water Allocation Problem in the Spree River Basin. Land Use Policy, Special Issue (in press, akzeptiert im Juli 2003)

Messner, F. (2004): Scenario Analysis in the Elbe River Basin as Part of Integrated Assessment. In: Erickson, J., Messner, F., Ring, I. (Hg.), Sustainable Watershed Management in Theory and Practice, (ch. 4), Elsevier Science.

4.2.1.2 Großräumige Wasserbewirtschaftungsmodelle als Instrumentarium für das Flussgebietsmanagement

Stefan Kaden[1], Michael Schramm[2] und M. Redetzky[2]

WASY Gesellschaft für wasserwirtschaftliche Planung und Systemforschung mbH
[1]Waltersdorfer Straße 105, 12526 Berlin; [2]Goetheallee 21, 01309 Dresden
S.Kaden@wasy.de ; http://www.WASY.de

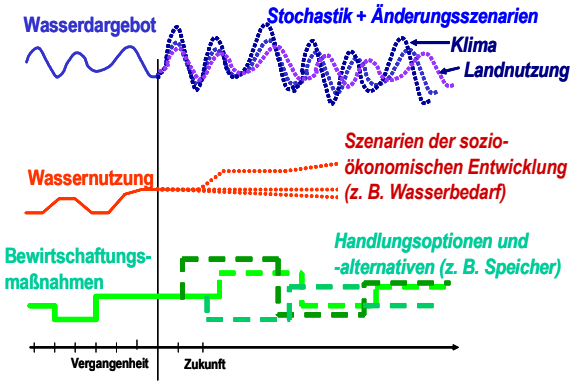
Keywords: Wasserbewirtschaftung, Flussgebietsmanagement, Langzeitsimulation, stochastische Bewirtschaftungsmodelle

Zusammenfassung

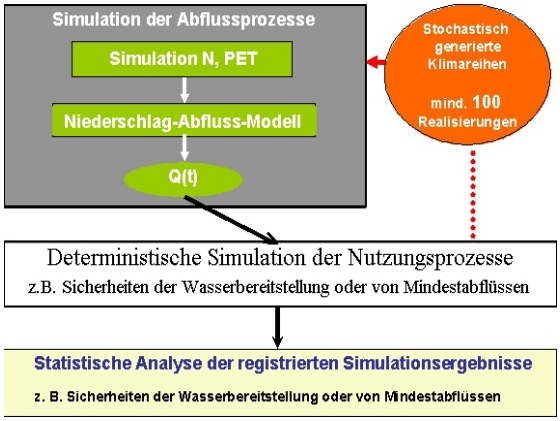
Im Rahmen der Teilaufgabe 2.1 „Bergbaubeeinflusstes Einzugsgebiet - Obere Spree" des Verbundvorhabens GLOWA Elbe war es das Ziel, bereits heute bestehenden Wasserverfügbarkeitskonflikte im Betrachtungsraum Obere Spree unter geänderten Rahmenbedingungen im Kontext des globalen Wandels zu untersuchen. Hierfür kam die Methode der stochastischen Langzeitsimulation mit dem Simulationssystem ArcGRM® zum Einsatz, die eine raum-zeitlich differenzierte, integrierte Analyse der hydrologisch / wasserwirtschaftlichen Aspekte und Probleme des Wasserressourcenmanagements im Flussgebiet ermöglicht. Die Methodik wird im Überblick vorgestellt. Ergebnisse werden in den Beiträgen zur Oberen Spree und zum Spreewald vorgestellt.

Ergebnisse

Die Abbildung illustriert den Handlungsrahmen der Wasserbewirtschaftung. Zur Berücksichtigung der Unsicherheit der Prognose des zukünftigen Wasserdargebotes und damit der Wasserverfügbarkeit hat sich die Anwendung der Monte-Carlo-Methode durchgesetzt. Die entsprechende Methodik liegt dem Bewirtschaftungsmodell ArcGRM (Schramm 1994; Kaden und Redetzky, 2000) zugrunde.



Die Methode der stochastischen Bewirtschaftungsmodellierung umfasst:



- stochastische Simulation der Systeminputs (Niederschlag, Abflüsse u. a.),
- deterministische Nachbildung der Wassernutzungen im Flussgebiet unter Beachtung von Rangfolgeregeln,
- Registrierung interessierender Systemzustände (Speicherfüllungen, Abflüsse an bestimmten Gewässerprofilen im Vergleich zu Mindestabflüssen, Defizite bei der Wasserbereitstellung u. a.)
- eine statistische Analyse der registrierten Systemzustände als Grundlage einer Bewertung der jeweils untersuchten Bewirtschaftungsvariante.

Durch Integration wasserverfügbarkeitsbezogener monetärer Bewertungsfunktionen in die Registrierung ist die direkte Verknüpfung mit ökonomischen Bewertungen gewährleistet.

® Eingetragenes Warenzeichen der WASY GmbH. Neuer Programmname WBalMo.

Die Systemstruktur eines Bewirtschaftungsmodells weist u. a. folgende Merkmale auf:

- schematische Darstellung des Gewässernetzes in einem Flussgebiet durch Bilanzprofile mit Angabe der Fließrichtung,
- lage- und größengerechte Berücksichtigung der Wassernutzungen (z. B. Entnahmen, Einleitungen) durch Zuordnung zu den Bilanzprofilen,
- Einbeziehung von Feuchtgebieten als „Wassernutzer" durch Integration entsprechender Wasserhaushaltsmodelle (vgl. Beitrag Spreewald)
- Einbeziehung von Speichern durch Angaben zu ihrer Lage, zu ihrer Betriebsraumgröße und zu ihrer Regulierung.

Die Festlegung der Systemstruktur stützt sich auf die detaillierte Erfassung der Wassernutzungen, Wasserbewirtschaftungseinrichtungen und -strategien. Daran schließt sich deren Klassifizierung und Zusammenfassung an. Dabei wird so weit gegangen, dass unter wasserwirtschaftlichen und ökonomischen Gesichtspunkten noch signifikante Effekte wahrgenommen werden können.

Die räumliche und zeitliche Dynamik der sozioökonomischen, wasserabhängigen und vom globalen Wandel betroffenen Bereiche kann durch eine dreistufige Zeitstruktur reflektiert werden:

- Die erste Zeiteinheit ist der Monat als typischer Bilanzierungszeitraum.
- Die zweite Zeiteinheit ist in der Regel die Periode, die mehrere Jahre umfasst (oft Fünfjahrperioden). Von Periode zu Periode dürfen der Wasserbedarf der Wassernutzer, Speicherbetriebsräume oder die Speicherabgabefunktionen variieren. Die Registrierung erfolgt getrennt für jede definierte Periode, so dass eine periodenbezogene Einschätzung der Zuverlässigkeit der Wasserbereitstellung möglich ist.
- Die dritte Zeiteinheit ist der Prognosezeitraum (hier 50 Jahre).

Eine wichtige Grundlage der Anwendung der dargestellten Methodik ist die Simulation des natürlichen Wasserdargebots unter Verwendung von Klimareihen als Input. Hierauf wird im Beitrag näher eingegangen.

Besonders berücksichtigt werden musste im Vorhaben auch das Wechselspiel zwischen großräumigen Untersuchungen (gesamtes Spreegebiet) und hochaufgelösten Detailuntersuchungen (hier Spreewald). Hierfür wurde eine spezielle genestete Lösung für das Bewirtschaftungsmodell ArcGRM entwickelt.

Referenzen

Grünewald, U., M. Kaltofen, S. Kaden, M. Schramm (2001): Länderübergreifende Bewirtschaftung der Spree und der Schwarzen Elster, KA - Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall, 2001(48) Nr. 2, S. 205 -213

Kaden, S. und M. Redetzky (2000): Simulation von Bewirtschaftungsprozessen. Beitrag zum Kolloquium der Bundesanstalt für Gewässerkunde Koblenz/Berlin Sept. 1999

Schramm, M. (1994): Die Bewirtschaftungsmodelle LBM und GRM und ihre Anwendung auf das Spreegebiet. In: Wasserbewirtschaftung an Bundeswasserstraßen. Ausgewählte Beiträge zum Kolloquium am 02. 02. 1994 in Berlin, BfG Mitteilung Nr. 8, Koblenz 1995. 7-19

4.2.1.3 Probleme der Integrierten Wasserbewirtschaftung im Spree-/Havelgebiet im Kontext des globalen Wandels

Uwe Grünewald

Brandenburgische Technische Universität Cottbus, Lehrstuhl für Hydrologie und Wasserwirtschaft, PF 101 344, 03013 Cottbus
Uwe.Gruenewald@tu-cottbus.de ; http://www.hydrologie.tu-cottbus.de

Keywords: Braunkohlebergbau, Grundwasserhebung, Wasser- und Stoffhaushalt, integrierte Wasserbewirtschaftung, flusseinzugsgebietsbezogene und länderübergreifende Handlungsstrategien

Zusammenfassung

Jahrzehntelanger exzessiver Abbau von Braunkohle hat u. a. im Einzugsgebiet der Spree durch die erforderlichen bergbaulichen Grundwasserhebungen und –haltungen zu erheblichen regionalen und überregionalen wasserhaushaltlichen Beeinflussungen geführt. Die Intensität dieser Beeinflussungen war dabei im Laufe dieser Entwicklung stark von globalen Ereignissen abhängig. So stellten z. B. die Weltkriege, die Nahost- und Ölkrisen, die Autarkiebestrebungen der DDR bezüglich der Rohstoff- und Energiegewinnung, der wirtschaftliche und politische Zusammenbruch der DDR und der damit verknüpfte abrupte Rückgang der Kohleförderungen im Niederlausitzer Braunkohlenrevier jeweils auch entsprechende erhebliche Eingriffe zunächst in den Wasserhaushalt, später vor allem auch in den Stoffhaushalt, dar. Um diese in ihrer Wirkung zu dämpfen und einzugrenzen, bedurfte und bedarf es einer hinsichtlich Grund- und Oberflächenwasser sowie hinsichtlich Wassermenge und –beschaffenheit integrierte Wasserbewirtschaftung im Flussgebietsmaßstab.

Ergebnisse

Bei der Aufhellung der wassermengen- und wasserbeschaffenheitsmäßigen Beeinflussungen duch den Bergbau im Spreegebiet im Kontext des globalen Wandels konnte auf unterschiedlich detaillierte Methoden und Verfahren der wasserwirtschaftlichen Bilanzierung im Flussgebietsmaßstab sowie entsprechender Stoffflussanalysen zurückgegriffen werden.

Erstere reichen von einfachen Summenbilanzen über Längsschnittbilanzen bis hin zu detaillierten wasserwirtschaftlichen Bilanzen auf der Basis der Monte-Carlo-Simulation. Bei den stoffhaushaltlichen Analysen, die vor allem nach den abrupten Stilllegungen eines Großteils der Tagebaue nach der deutschen Wiedervereinigung schlagartig an ökonomischer und ökologischer Bedeutsamkeit gewannen, lieferten Entwicklungsprognosen der bergbaubedingten Wasserbeschaffenheit für die Tagebauseen und –seensysteme günstige methodische Ansätze für eine zusätzliche Berücksichtigung der Einflüsse des Klimawandels.

Da integrierte Wasserbewirtschaftung nur über ein Netzwerk von Akteuren im Flusseinzugsgebiet zu bewältigen war und ist, konnten die bereits vor der GLOWA-Projektbearbeitung vielfältig bestehenden Verflechtungen zu den verschiedenen „Stakeholdern" genutzt werden, um flusseinzugsgebietsbezogene und länderübergreifende Handlungsstrategien zu konzipieren. Bedingt durch strukturellen, akteursbezogenen, institutionellen usw. Wandel unterliegen diese im regionalen Kontext bereits einer hohen Dynamik. Sie liefern demzufolge günstige Voraussetzungen, um sie im Kontext des globalen Wandels gemeinsam zu diskutieren und zu bewerten.

Referenzen

Gröschke, A., Uhlmann, W., Rolland, W., Grünewald, U. (2002): *Hydrochemische Entwicklung Lausitzer Tagebauseen während der Flutung am Beispiel des Restloches Gräbendorf.* In: Hydrologie und Wasserbewirtschaftung. 46, H. 6, 256-267.

Grünewald, U. (2001)*: Water resources management in river catchments influenced by lignite mining.* In: Ecological Engineering 17. Special Issue: Ecology of post mining landscapes, Amsterdam, London, New York u. a. O.: Elsevier Science Publishers, 143-152.

Grünewald, U. (2001): *Sanierung des regionalen Wasser- und Stoffhaushaltes. Erarbeitung von Prognosen zur Entwicklung der Wassermenge und –beschaffenheit, Ableitung von Risiken und Handlungsbedarf.* In: GEOAgentur Berlin Brandenburg (Hrsg.) in Kooperation mit Forschungszentrum Bergbaufolgelandschaften der BTU Cottbus: InfoForum Rekultivierung. Gestörte Kulturlandschaften. Handlungsbedarf in Berlin und Brandenburg. Dokumentation. 6. November 2001, 57-66.

Grünewald, U., Ipsen, D., Kartofen, M., Karkuschke, M., Koch, H., Messner, F., Schramm, M., Schuster, S., Simon, K.-H., Wehrle, A., Zwirner, O. (2002)*: Sustainable Water Resources Management and Regional Development in the Upper Spree River Basin Heavily Influenced by Lignite Open Pit Mining.* In: GLOWA. German Programme on Global Change in the Hydrological Cycle. Phase I, (2000-2003), Status Report 2002, GSF Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, Projektträger des BMBF für Umwelt- und Klimaforschung, München, April 2002, 9-13.

4.2.2 Obere Spree

4.2.2.1 Wasserwirtschaftliche Handlungsstrategien im Spreegebiet oberhalb Berlins

Michael Kaltofen[1,2], Hagen Koch[1] und Michael Schramm[2]

[1] Brandenburgische Technische Universität Cottbus, Lehrstuhl für Hydrologie und Wasserwirtschaft, PF 101 344, 03013 Cottbus

[2] WASY Gesellschaft für wasserwirtschaftliche Planung und Systemforschung mbH, NL Dresden, Goetheallee 21, 01309 Dresden

kaltofen_mail@web.de ; http://www.hydrologie.tu-cottbus.de ; http://www.wasy.de

Keywords: Wasserbewirtschaftung, wasserwirtschaftliche Planung, Langfristsimulation, Stochastik, Langfristbewirtschaftungsmodell, globaler Wandel, Klimafolgen

Zusammenfassung

Die bereits heute bestehenden Wasserverfügbarkeitskonflikte im Spreegebiet oberhalb Berlins wurden im Kontext des globalen Wandels untersucht. Als für die Wasserverfügbarkeit relevante Themenfelder wurden die Zukunft des Braunkohlebergbaus und der Klimawandel identifiziert. Die Effekte diesbezüglicher Szenarien wurden mit dem Langfristbewirtschaftungsmodell ArcGRM analysiert und gemeinsam mit Entscheidungsträgern Handlungsstrategien in den Flussgebieten von Spree und Schwarzer Elster abgeleitet. Für die resultierenden Szenarien zeigen die mit dem ArcGRM ermittelten wasserwirtschaftlichen Indikatoren, dass das bestehende wasserwirtschaftliche System die Effekte der Annahmen zum globalen Wandel nicht ausgleichen kann. Eine Umverteilung der Wasserressourcen z. B. für die Flutung der Tagebauseen führt deshalb zu Defiziten bei anderen Wassernutzern. Eine Entspannung der Situation ist durch Zuführung von Wasser aus anderen Flussgebieten erreichbar, für die erhebliche Kosten anzunehmen sind. Für einen Teil der Effekte wurden im ArcGRM ökonomische Indikatoren durch Transferfunktionen berechnet.

Ergebnisse

Grundlage der wasserwirtschaftlichen Analysen bildet das Langfristbewirtschaftungsmodell ArcGRM. Gemeinsam durch die Projektpartner BTU Cottbus und WASY GmbH wurde dazu das ArcGRM GLOWA aufgebaut, das durch eine Erweiterung des Planungsmodells der Bundesländer Sachsen, Brandenburg und Berlin entstand. Dazu war zunächst der Planungszeitraum des Modells um 20 Jahre auf den Zeitraum 2003-2052 auszudehnen und die Modellobjekte, die die Wassernutzung und –bewirtschaftung in den Einzugsgebieten der Spree und der Schwarzen Elster abbilden, entsprechend fortzuschreiben. Dazu zählen insbesondere die Wasserentnahmen, z. B. durch die Kraftwerke, die Binnenfischerei oder zur Flutung der Tagebauseen, die Einleitung von Wasser durch Klärwerke und den Bergbau, Infiltrationsverluste im Gewässernetz sowie die Rückhaltung und Abgabe von Wasser durch Talsperren und Speicher. Die Entwicklung der Einzugsgebiete sowie der Einfluss der Grundwasserabsenkung auf die Abflüsse waren bis 2052 zu erfassen. Hier wurde eng mit den zuständigen Fachabteilungen der genannten Bundesländer und der Vattenfall Europe Mining and Generation (vormals LAUBAG und VEAG) zusammengearbeitet.

Auf dieser Grundlage konnte die Wasserverfügbarkeit für die Szenarien des globalen Wandels und die Basisstrategie der Wasserbewirtschaftung an den interessierenden Querschnitten für nutzungsbezogene Zeithorizonte ermittelt werden. Von besonderer Bedeutung waren die Zuflüsse nach Berlin und zum Spreewald, die Defizite der Binnenfischerei, der Flutungsverlauf sowie die Funktion der Talsperren, Speicher und Überleitungen. Darüber hinaus waren weitere wasserwirtschaftliche Indikatoren wie Konditionierungsmittelbedarf, Überleitungsmenge aus der Neiße für die Flutung usw. abzuleiten und zu modellieren. Zugleich wurden Transferfunktionen zur Ermittlung wasserverfügbarkeitsabhängiger ökonomischer Indikatoren konzipiert und ArcGRM-gerecht umgesetzt.

Die Analyse der wasserwirtschaftlichen Auswirkungen des angenommenen Klimawandels und Auslaufens des Bergbaus zeigte eine überwiegende Verschärfung der Wasserverfügbarkeitskonflikte. Das Auslaufen des Bergbaus verringert die Wasserverfügbarkeit nach 2040. Ihr durch die betroffenen Bundesländer akzeptiertes Niveau um 2030 kann dann nicht gehalten werden, da die ausbleibende Grubenwassereinleitung in Trockenzeiten nicht vollständig ausgleichbar ist. Der Rückgang der Oberflächenwasserverfügbarkeit ist durch den angenommenen Klimawandel wesentlich stärker. In trockenen Sommermonaten kann es nach 2040, wenn die Klimawirkungen zunehmen und sich mit dem Auslaufen des Bergbaus überlagern, zu extremen Wassermangelsituationen kommen, z. B. würde dann der Berlinzufluss über die Spree in trockenen Sommermonaten praktisch zum Erliegen kommen.

Davon ausgehend wurden auf einem Fachgespräch mit Entscheidungsträgern der Region Handlungsstrategien zur Bewältigung des Wassermangels konzipiert. Sie sehen einerseits eine Umverteilung der Wasserressourcen durch geänderte Prioritäten der Wasserbereitstellung und andererseits die Zuführung von Wasser aus dem Einzugsgebiet der Oder vor. Diese Handlungsstrategien wurden wiederum für das Bewirtschaftungsmodell ArcGRM GLOWA aufbereitet. Die für die resultierenden Szenarien berechneten wasserwirtschaftlichen Indikatoren zeigen beispielsweise für die Handlungsstrategie Prioritäre Flutung, dass der Flutungsprozess deutlich beschleunigt werden kann. Allerdings haben andere Nutzer, wie die Teichwirtschaften der Binnenfischerei, stärkere Defizite in Kauf zu nehmen. Die Überleitung von Wasser führt zwar zu einer Entspannung der Situation für die bevorteilten Wassernutzer, birgt aber Probleme hoher Errichtungs- und Betriebskosten. Für eine ökonomische Bewertung von Nutzen und Kosten wurde ein Teil der wasserabhängigen Effekte z. B. der Tourismus an den Tagebauseen, die Wasserbereitstellungskosten, die Konditionierungskosten usw. über Transferfunktionen mit den kontinuierlich mit dem ArcGRM GLOWA ermittelten Wasserverfügbarkeiten verknüpft.

Referenzen

BTU, UFZ und WASY (2002): Ergebnisse des Stakeholder Fachgesprächs „Wasserbewirtschaftung unter geänderten Rahmenbedingungen“ am 18.6.2002, Bericht, 70 S.

Kaltofen, M., H. Koch, M. Schramm, U. Grünewald und S. Kaden (2004): Anwendung eines Langfristbewirtschaftungsmodells für multikriterielle Bewertungsverfahren – Szenarien des globalen Wandels im bergbaugeprägten Spreegebiet. In: Hydrologie und Wasserbewirtschaftung (2).

Koch, H., M. Kaltofen, U. Grünewald, F. Messner, M. Karkuschke, O. Zwirner und M. Schramm: Scenarios of Water Resources Management in the Lower Lusatian Mining District, Germany. In: Hüttl, R. F. (Hg.), International Conference „Disturbed Landscapes“, Ecological Modelling, Special Issue (eingereicht).

4.2.2.2 Integrierte wasserwirtschaftlich-ökonomische Bewertung von Flussgebietsbewirtschaftungsstrategien

Frank Messner[1], Michael Kaltofen[2], Hagen Koch[2], Oliver Zwirner[1] und Matthias Karkuschke[1]

[1] Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH, Department Ökonomie, Soziologie und Recht, PF 500136, 04301 Leipzig
[2] Brandenburgische Technische Universität Cottbus, Lehrstuhl für Hydrologie und Wasserwirtschaft, PF 101 344, 03013 Cottbus
Frank.Messner@ufz.de; http://www.ufz.de

Keywords: Wasserbewirtschaftung, globaler Wandel, Nutzen-Kosten-Analyse, integrative Bewertung,

Zusammenfassung

Im Kontext der interdisziplinären Analysen im Spreegebiet unter Verwendung des IMA-Ansatzes wurden die wasserwirtschaftlichen und sozioökonomischen Auswirkungen verschiedener Szenarien analysiert und bewertet. Dabei wurde die Bewertung durch direkte Einbindung von Bewertungs- und Transferfunktionen in das Wasserbewirtschaftungsmodell ArcGRM vorgenommen. Die Ergebnisse der integrativen Bewertung deuten darauf hin, dass die derzeitige Wasserbewirtschaftungsstrategie im Spree-Havel-Gebiet sub-optimal ist und durch Politikoptionen wie zusätzliche Wasserüberleitungen bzw. prioritäre Flutung der Tagebauseen verbessert werden könnte. Es zeigt sich weiterhin, dass unterschiedliche Wassernutzer im Untersuchungsgebiet sehr unterschiedlich von den möglichen Effekten des globalen Wandels und möglicher Politikänderungen betroffen werden.

Ergebnisse

Ausgangspunkt der integrativen Bewertung der Szenarioeffekte waren die Analyse der wasserwirtschaftlichen Wirkungen in Bezug auf die Wasserverfügbarkeit anhand des Modells ArcGRM (vgl. Beitrag Kaltofen et al.) sowie sozioökonomische Untersuchungen zu den Wirkungen veränderter Wasserverfügbarkeiten für die betroffenen Wassernutzer auf Basis der ArcGRM-Ergebnisse. Hinsichtlich der sozioökonomischen Analysen wurde zu Beginn unter Verwendung eines theoretischen Schemas die Abhängigkeit eines Wassernutzers von der Oberflächenwasserverfügbarkeit qualitativ ergründet. Anschließend wurden teils unter Verwendung von Methoden der ökonomischen Nutzen-Kosten-Analyse teils unter Anwendung ergänzender Bewertungskriterien quantitative Bewertungsfunktionen erstellt, um die sozioökonomischen Wirkungen veränderter Wasserverfügbarkeiten zu bewerten.

Da sich ökonomische Bewertungsfunktionen für die Wassernutzer nicht direkt auf die wichtigste Variable des ArcGRM – die Sicherheit in der Wasserverfügbarkeit – beziehen, sondern oft auf abgeleitete Größen (wie z.B. die Größe der Teichfläche der Binnenfischer, die mit dem verfügbaren Wasser entstehen, oder der Endzeitpunkt der Tagebauseenflutung und damit der Beginn der touristischen Nachnutzung) waren weiterhin Transferfunktionen notwendig, um eine relevante Schnittstelle zwischen sozioökonomischer Bewertungsfunktion und wasserwirtschaftlicher Modellierung zu schaffen. Durch die Verknüpfung der ArcGRM-Variablen Sicherheit in der Wasserverfügbarkeit, der Transferfunktion und der Bewertungsfunktion war es letztlich möglich, sozioökonomische Bewertungsfunktionen direkt in das ArcGRM einzubinden und damit simultan Wasserverfügbarkeiten und ihre sozioökonomischen Wirkungen zu modellieren. Es ist allerdings zu erwähnen, dass diese Integration nicht bei allen Wassernutzern optimal gelang. Aufgrund von Inkonsistenzen zwischen dem ArcGRM und den Methoden der sozioökonomischen Bewertung konnten in manchen Fällen nur second-best-Lösungen für Bewertungsfunktionen gefunden werden.

Die Szenario-Ergebnisse der integriert wasserwirtschaftlich-sozioökonomischen Bewertungen können in folgender Weise interpretiert werden:

- Es zeigte sich, dass die Wirkungen der fünf wasserwirtschaftlichen Handlungsstrategien in den vier Entwicklungsrahmen hinsichtlich der Richtung der Wirkung sehr ähnlich sind. Bei keinem der betrachteten Einzelkriterien kommt es zu dem Umstand, dass sich eine Strategie unter anderen Zukunftsbedingungen in eine völlig andere Richtung entwickelt. Dieses allgemeine Ergebnis erleichtert zweifellos die Auswahl einer geeigneten politischen Bewirtschaftungsstrategie.
- Gleichzeitig mussten jedoch erhebliche Niveauunterschiede zwischen den einzelnen Entwicklungsrahmen konstatiert werden. So sind die Wasserverfügbarkeiten in den Regionen Berlin und Spreewald in den Entwicklungsrahmen mit Klimawandel signifikant geringer als in den Szenarien mit stabilem Klima. Es wurde weiterhin deutlich, dass Wassernutzer, die stark von gesellschaftlichen und ökonomischen Rahmenbedingungen abhängig sind (z.B. der Tourismus oder die Binnenfischerei), mit hohen Niveaueffekten auf sozioökonomischen Wandel reagieren. Bei einigen Wassernutzern ist daher die Sensitivität gegenüber dem globalen Wandel deutlich höher als gegenüber Änderungen in der Wasserbewirtschaftung.
- Schließlich ist hinsichtlich der Einschätzung der günstigsten Strategie zur Wasserbewirtschaftung zu konstatieren, dass die gegenwärtige Strategie nicht auf lange Sicht weitergeführt werden sollte. Vielmehr wäre zu überlegen, diese Strategie um Optionen wie die Überleitung von Oderwasser zu ergänzen oder die Prioritäten der Wasserverteilung zugunsten der Tagebauseenflutung und der Sicherung der ökologischen Mindestabflüsse zu verändern. Eine eindeutig optimale bzw. günstigste Strategie ist aus den vorliegenden wissenschaftlichen Ergebnissen nicht ableitbar, sondern muss (und wird) in Kooperation mit den Stakeholdern und Entscheidungsträger der Region gefunden werden.

Referenzen

BTU, UFZ und WASY: Ergebnisse des Stakeholder Fachgesprächs „Wasserbewirtschaftung unter geänderten Rahmenbedingungen“ am 18.6.2002, Bericht, 2002, 70 S.

Koch, H., M. Kaltofen, U. Grünewald, F. Messner, M. Karkuschke, O. Zwirner und M. Schramm: Scenarios of Water Resources Management in the Lower Lusatian Mining District, Germany. In: Hüttl, R. F. (Hg.), International Conference „Disturbed Landscapes“, Ecological Modelling, Special Issue (eingereicht).

Messner, F., Kaltofen, M., Grünewald, U., Karkuschke, M., Koch, H., Schramm, M., Zwirner, O. (2003): Bergbaubeeinflusstes Einzugsgebiet Obere Spree – Nachhaltige Wasserbewirtschaftung und regionale Entwicklung, Abschlussbericht zum Teilgebietsprojekt Obere Spree im Rahmen des GLOWA-ELBE-Projektes, Cottbus, Leipzig und Dresden, Oktober 2003, 79 S.

4.2.3 Spreewald

4.2.3.1 Das Integrationskonzept Spreewald und Ergebnisse zur Entwicklung des Wasserhaushalts

Ottfried Dietrich

Leibniz-Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung (ZALF) e. V.,
Institut für Landschaftswasserhaushalt, Eberswalder Str. 84, 15374 Müncheberg
odietrich@zalf.de ; http://www.zalf.de

Keywords: globaler Wandel, Feuchtgebiete, Wasserhaushalt, Wasserbilanzmodell, Spreewald

Zusammenfassung

Das Integrationskonzept Spreewald organisiert die interdisziplinäre Zusammenarbeit für die Bearbeitung hydrologisch/wasserwirtschaftlicher, bodenkundlicher, vegetationsökologischer und sozioökonomischer Fragestellungen zur Wirkung des globalen Wandels in einem Feuchtgebiet. Dabei werden in den einzelnen Fachgebieten autark arbeitende Modelle angewendet, die eine gemeinsame Datenbasis nutzen. Ergebnisse des einen Fachgebiets (Modells) bilden Eingangsgrößen für das nächste Fachgebiet. Gemeinsam entwickelte Szenarien wurden berechnet und die Ergebnisse bewertet.

Szenariosimulationen mit dem Wasserbewirtschaftungsmodell ArcGRM Spreewald (neu WBalMo Spreewald) zeigen für den Zeitraum bis 2050 eine Zunahme des Wasserdefizits im Feuchtgebiet Spreewald in den Sommermonaten. Die Speisungszuflüsse aus dem Einzugsgebiet können dieses Defizit nicht im Gesamtgebiet kompensieren. Daraus folgen tiefere Grundwasserstände im Sommer, die jedoch entsprechend der Zuflusscharakteristik und -verteilung räumlich differenziert auftreten. Veränderungen im Wasserhaushalt einzelner Teileinzugsgebiete infolge bergbaulicher Aktivitäten haben auch zukünftig einen großen Einfluss auf den Wasserhaushalt des Spreewaldes, vergleichbar mit der Wirkung sich verändernder klimatischer Bedingungen.

Ergebnisse

Für die Bearbeitung der hydrologisch/wasserwirtschaftlichen Fragestellungen wurde das Modelsystem ArcGRM Spreewald als Kombination aus einem Wasserbewirtschaftungsmodell (ArcGRM) und einem Bilanzmodell für grundwasserregulierte Niederungsflächen (WABI) aufgebaut (Dietrich et al. 2003). Beide Basismodelle mussten entsprechend der besonderen Anforderungen des Untersuchungsgebietes weiterentwickelt und erweitert werden, was ihren zukünftigen Anwendungsbereich ausdehnt.

ArcGRM Spreewald übernimmt im Integrationskonzept Spreewald eine zentrale Funktion. Es übernimmt aus anderen Teilprojekten von GLOWA-Elbe die Klimawerte und Gebietszuflüsse als Randbedingungen. Aus anderen Vorhaben des Teilgebietsprojektes Spreewald werden Informationen zu Verdunstung, Boden oder Landnutzung bereitgestellt. ArcGRM Spreewald liefert diesen Vorhaben Ergebnisse zur Entwicklung der Grundwasserverhältnisse unter den veränderten Bedingungen des globalen Wandels. Dieses ist ein entscheidender Parameter für die zukünftige Entwicklung der Vegetation, den Niedermoorerhalt/-degradierung oder den landwirtschaftlichen Ertrag und damit für die Nutzung der Flächen.

In Szenariountersuchungen wurden zunächst die Auswirkungen veränderter klimatischer Bedingungen auf den Wasserhaushalt des Feuchtgebietes bis zum Jahre 2050 untersucht. Als Indikatoren für Veränderungen im Wasserhaushalt des Feuchtgebietes dienen die Gebietsverdunstung, der Zusatzwasserbedarf, das Zusatzwasserdefizit und die Einhaltung der Zielgrundwasserstände in den Staubereichen. In weiteren Szenarien wurden die Möglichkeiten und die Wirkung einer auf Niedermoorschutz ausgerichteten Nutzung und Wasserbewirtschaftung der Niedermoorflächen analysiert.

Die Ergebnisse zeigen, dass es infolge des Temperaturanstieges und erhöhter potentieller Verdunstung zu einem Anstieg der realen Verdunstung um rd. 7 Mio. m³ im Zeitraum April bis September von Periode 2003/07 bis 2048/52 kommt. Diese erhöhte Verdunstung und leicht abnehmende Sommerniederschläge führen zu einem Anstieg des Zusatzwasserbedarfs von rd. 30 mm/Monat im Median der berechneten 100 Realisierungen. Da das verfügbare Wasserdargebot insgesamt nicht ansteigt, wächst der Median des Zusatzwasserdefizits im Sommer auf rd. 45 mm/Monat bis 2050 an. Damit erhöhen sich die Unsicherheiten in der Bedarfsdeckung und führen in der Folge häufiger zu tiefer absinkenden Grundwasserständen. Bleibt die Wasserbewirtschaftung und Flächennutzung, wie in den Ist-Zustandsszenarien unterstellt, unverändert, werden die Auswirkungen auf die Grundwasserstände im Untersuchungsgebiet sehr differenziert ausfallen. Die nördlichen und südlichen Bereiche der Niederung sowie die gegenwärtig vorrangig mit Zuflüssen aus dem Einzugsgebiet der Malxe versorgten Bereiche des Oberspreewalds werden deutlich stärker von absinkenden Grundwasserständen betroffen sein, als die zentralen, vorrangig von der Spree versorgten Bereiche. Die Ursachen liegen in den unterschiedlichen Entwicklungen der einzelnen Teileinzugsgebiete begründet, die auch zukünftig, wie im Fall der Malxe, stärker von ökonomischen Entwicklungen beeinflusst werden können als von klimatischen Veränderungen. Die differenzierten Auswirkungen innerhalb des Gebietes (Dietrich et al. 2003) zeigen weiterhin, dass eine kleinräumigere Betrachtung durchaus sinnvoll ist, zumal dieses die Ebene ist, in der Entwicklungsplanungen für die nächsten Jahrzehnte vonstatten gehen.

Die Anhebung der Stauziele auf den Niedermoorflächen führt im Moorschutzszenario zu einer leichten Zunahme des Wasserverbrauchs auf den betreffenden Flächen. Da das Wasserdargebot insgesamt unverändert bleibt, kommt es zu einer Umverteilung des verfügbaren Zusatzwassers im Gebiet. Die Moorschutzflächen mit höherer Versorgungspriorität als die unterhalb von ihnen liegenden Flächen können ihren erhöhten Bedarf zum einen aus dem auf den Flächen zusätzlich gespeichertem Wasser decken, reduzieren aber auch das Wasserdargebot für die unterhalb liegenden Flächen (Dietrich & Quast 2004).

Referenzen

Dietrich, O., Quast J. & M. Redetzky (2003): ArcGRM Spreewald - ein Modell zur Analyse der Wirkungen des globalen Wandels auf den Wasserhaushalt eines Feuchtgebietes mit Wasserbewirtschaftung. In: Kleeberg, H.-B. (Hrsg.) Klima – Wasser – Flussgebietsmanagement im Lichte der Flut. Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, Heft 4, S. 215-223.

Dietrich, O. & J. Quast (2004): Wirkungen des globalen Wandels auf den Wasserhaushalt von Feuchtgebieten – Modelluntersuchungen am Beispiel des Spreewaldes. Archiv für Naturschutz und Landschaftsforschung, Heft 1 (im Druck).

4.2.3.2 Auswirkungen von Klima- und Grundwasserstandsänderungen auf die Biomasseproduktion und die Degradierung von Niedermooren im Spreewald

Marco Lorenz, Kai Schwärzel und Gerd Wessolek

Technische Universität Berlin, Institut für Ökologie, Fachgebiet Standortkunde/ Bodenschutz, Salzufer 11-12, 10587 Berlin
Marco.Lorenz@tu-berlin.de; http://www.bodenkunde.info

Keywords: Niedermoor, Grünlandertrag, CO_2-Freisetzung, Moorschwund, Moordegradierung

Zusammenfassung

Vor dem Hintergrund der Problematik globaler Klimaveränderungen beschäftigte sich das Teilvorhaben 2.6 innerhalb des Teilgebietsprojektes Spreewald mit der Prognose der Auswirkung globaler Veränderungen auf bodenhydrologische Zustandsgrößen, die Ertragsentwicklung von Grünland und die Degradierung von Niedermooren anhand von Szenarienberechnungen.

Hierzu wurden bodenhydrologische Einheiten für das Spreewaldgebiet zur Modellierung des Gebiets- und Bodenwasserhaushaltes abgeleitet.

Aus den Ergebnissen zur Modellierung des Bodenwasserhaushaltes konnten potenzielle Erträge für unterschiedliche Grünlandgesellschaften unter bestimmten Randbedingungen (Bodenart, Grundwasserstand, Nährstoffangebot) ermittelt werden.

Ebenso wurde ein Modul zur Abschätzung der Degradierung von Niedermooren integriert, das auf Grundlage der Torfart, der Moormächtigkeit, der Grundwasserstände, der Nutzung und der Klimabedingungen flächenhafte Aussagen zur Freisetzung des klimarelevanten Gases CO_2 und des Torfschwundes für die Niedermoore des Spreewaldes zulässt.

Die Untersuchungen von Dietrich et al. (vgl. VH 2.3) zeigen, dass die Grundwasserstände an den Randbereiche der Niederung am stärksten abfallen. Die Folgen sind höhere Ertragseinbußen auf Grünland als in der zentralen Niederung. Im Mittel über die gesamte Grünlandfläche gehen die Erträge unter den Bedingungen des B2-Basisszenarios um ca. 5 % zurück.

Die mittleren CO_2-Freisetzungsraten steigen mit zunehmender Temperaturerhöhung und sinkenden Grundwasserständen an. Demzufolge ist im B2-Basiszenario im Mittel mit einem erheblichen Anstieg des Torfschwundes zu rechnen. Der höchste Torfschwund tritt im B2-Basisszenario aufgrund der stärkeren Grundwasserabsenkungen an den Randbereichen der Niederung auf.

Die Ergebnisse zeigen, dass die angenommenen Veränderungen der Klimaverhältnisse erhebliche Auswirkungen auf das Feuchtgebiet Spreewald haben. Die Veränderungen im Bodenwasserhaushalt wirken sich sowohl auf ökologische als auch ökonomische Größen aus.

Zusammen mit weiteren Modellergebnissen zur Änderung des Wasserdargebotes (VH 2.3), der Vegetationsentwicklung (VH 2.7) und der sozioökonomischen Folgen (VH 2.8) ist so ein komplexes Feuchtgebietsmodellsystem (ArcGRM-BOWAS-VEGMOS-MODAM) entstanden, mit dem Gebietsaussagen zu unterschiedlichen Fragen des Wassermanagements und dessen Auswirkungen auf ökologische und ökonomische Größen unter veränderten Klima- und Wasserbewirtschaftungsszenarien getroffen werden können.

Ergebnisse

Zur Berechnung der Grünlanderträge wurde ein Ansatz verwendet, der durch die Verknüpfung von potenziellen Erträgen für eine Fläche mit den realen bzw. angenommenen Klimaverhältnissen über ertragsbeeinflussende Trockenstressfaktoren für eine Dynamisierung der Grünlandertragsberechnungen sorgt. Die Trockenstressfaktoren (E_{real}/E_{pot}) wurden mit Hilfe eines Bodenwasserhaushaltsmodells für die jeweilige Vegetationsperiode in Abhängigkeit von Bodenart, Grundwasserstand und Klimabedingungen auf Monatsbasis berechnet. Das

Verhältnis von realer zu potenzieller Verdunstung ist ein Maß für die Wasserversorgung der Vegetation. In Zusammenarbeit mit Herrn Dr. Käding von der Versuchsstation Paulinenaue (ZALF) wurden mittlere Ertragsniveaus für unterschiedliche Grünlandgesellschaften in Abhängigkeit von Boden, Grundwasserstand und Nährstoffversorgung definiert. Auf Grundlage dieser Untersuchungen wurden, mit Hilfe der Ergebnisse des Wasserbewirtschaftungsmodells ArcGRM Spreewald (VH 2.3) und des Vegetationsentwicklungsmodells VEGMOS (VH 2.7), zusammen mit den Bewirtschaftungsvorgaben bzw. –szenarien des Modells MODAM die zu erwartenden Grünlanderträge flächenhaft für unterschiedliche Boden-, Klima-, Wasserhaushalts- und Bewirtschaftungsbedingungen berechnet. Die Ergebnisse konnten für das gesamte Spreewaldgebiet auf der Grundlage eines GIS regionalisiert und bewertet werden.

An vier für den Spreewald repräsentativen Standorten wurden die anstehenden Torfe im Hinblick auf ihre CO_2-Freisetzung unter verschiedenen Temperatur- und Feuchtebedingungen im Labor untersucht. Mit Hilfe der Labormessungen, Kartierungen im Gebiet und Ergebnissen von Arbeiten aus dem Rhinluch und Paulinenaue (RENGER ET AL. 2002, WESSOLEK ET AL. 2002, MUNDEL 1976) können mittlere, jährliche Torfmineralisationsraten abgeleitet werden, aus denen der mittlere Torfschwund pro Jahr als Funktion von Grundwasserstand und Klimaverhältnissen bestimmt wurde. Die Ergebnisse wurden auf Staubereichsebene mit Hilfe der Grundwasserstände (ArcGRM Spreewald) und einer Moorkarte (LUA Brandenburg) auf Grundlage eines GIS für das Spreewaldgebiet regionalisiert und die zu erwartenden Folgen bewertet.

Die höchsten Ertragseinbußen treten im B2-Basisszenario, aufgrund der stärker abfallenden Grundwasserstände an den Randbereiche der Niederung auf. Ertragseinbussen sind auf ca. 30 % der Grünlandflächen des Spreewaldes zu erwarten (v.a. an den Randbereiche), Ertragssteigerungen auf ca. 5 %, v.a. in der zentralen Niederung. Auf dem Grossteil der Grünlandflächen (65 %) sind die Ertragsänderungen jedoch kleiner als 5 dt TM/ha·a. Im Mittel über die gesamte Grünlandfläche gehen die Erträge unter den getroffenen Voraussetzungen um ca. 5 % zurück.

Der höchste Torfschwund tritt im B2-Basisszenario aufgrund der stärkeren GW-Absenkungen an den Randbereichen der Niederung auf (zwischen 2003 und 2052 bis zu 25 cm). Da die Torfmächtigkeiten auf diesen Flächen heute schon sehr gering ist, sind diese Niedermoore als sehr gefährdet einzustufen. Die Klimaänderung verkürzt die Lebensdauer dieser Niedermoore um fast 30 %. In der zentralen Niederung liegt der Torfschwund zwischen 0-15 cm. Hier finden sich überwiegend Flächen mit mächtigeren Torfen, so dass diese Niedermoore innerhalb der betrachteten 50 Jahre nicht als sehr gefährdet einzustufen sind. Die Lebensdauer verkürzt sich unter Klimaveränderung jedoch um ca. 20 %. Trotz der Unterschiede zwischen den verschiedenen Bereichen ist allgemein von einer zunehmenden Degradierung der Niedermoore unter den veränderten Klimabedingungen auszugehen.

Referenzen

Mundel, G. (1976): Untersuchungen zur Torfmineralisation in Niedermooren. Arch. Acker-Pflanzenbau Bodenkd., Berlin (20) 10, S. 669-679.

Renger, M., G. Wessolek., K. Schwärzel, R. Sauerbrey & C. Siewert (2002): Aspects of peat conservation and water management. J. Plant Nutr. Soil Sci, 165, S. 487-493.

Wessolek, G., K. Schwärzel, M. Renger, R. Sauerbrey & C. Siewert (2002): Soil hydrology and CO_2 mineralization of peat soils. J. Plant Nutr. Soil Sci, 165, S. 494-500.

4.2.3.3 Entwicklung der Vegetation im Spreewald und Bewertung aus naturschutzfachlicher Sicht

Ulrich Bangert, Gero Vater, Jutta Heimann und Ingo Kowarik

Technische Universität Berlin, Institut für Ökologie, FG Ökosystemkunde/Pflanzenökologie, Rothenburgstr. 12, D-12165 Berlin
ulrich.bangert@tu-berlin.de; http://www.tu-berlin.de/~oekosys

Keywords: Bewertung, Feuchtgebiet, globaler Wandel, Naturschutz, Risikoanalyse Vegetation, Wasserhaushalt

Zusammenfassung

Die Vegetationsentwicklung im Spreewald wurde ausgehend von den hydroökologischen Amplituden der Vegetationstypen modelliert. Unter den Bedingungen des globalen Klimawandels ist mit einer verstärkten Zunahme wechselfeuchter, sommertrockener Standorte zu rechnen, insbesondere in den Randgebieten sowie im Versorgungsbereich des Großen Fließes im inneren Spreewald. In der Folge gehen Vegetationstypen wie Feuchtwiesen und nasse Erlenwälder zurück, und die Invasibilität der Standorte für Neophyten wächst. Um die Folgen bewerten zu können, wurde ein Verfahren zur naturschutzfachlichen Risikoanalyse entwickelt, das die Stakeholder in die Lage versetzt, verschiedene Handlungsstrategien zu prüfen und zu optimieren.

Ergebnisse

Für das im Rahmen von Glowa-Elbe erarbeitete Vegetationsentwicklungsmodell Spreewald (VEGMOS) wurden Leit-Vegetationstypen und Leit-Hydrotoptypen der flächendeckend kartierten Biotoptypen (LAGS 1996) ermittelt. Als Datenbasis wurden vorhandene Vegetationsaufnahmen genutzt. Unter Anwendung des Vegetationsformenkonzeptes (Koska et al. 2001) wurden mit Hilfe ökologisch-soziologischer Artgruppen Grundwasserflurabstandsamplituden der Winter- und Sommerhalbjahre definiert, die für verschiedene Vegetationstypen charakteristisch sind. Diese Standortsparameter wurden in Ökogramme übernommen, die die Regelbasis von VEGMOS bilden. Im Modell wird davon ausgegangen, dass eine Veränderung des Vegetationstyps stattfindet, wenn die modellierte Änderung des Grundwasserflurabstandes größer ist als die im Ökogramm angegebene Amplitude. Aus den Ökogrammregeln wurde die potenzielle Vegetation unter den veränderten Bedingungen abgeleitet. Eingangsdaten des Vegetationsentwicklungsmodells sind Pegelstände, die als Output des Wasserbewirtschaftungsmodells WBalMo (ehemals ArcGRM) Spreewald für 5-Jahres-Zeitscheiben von 2003 bis 2053 modelliert worden sind (Dietrich et al. 2003). Die Modellrechnungen erfolgten für das Referenzszenario sowie das Klimawandelszenario jeweils mit und ohne einen verstärkten Moorschutz im Biosphärenreservat.

Die modellierten Veränderungen sind im Klimawandelszenario stärker ausgeprägt als im Referenzszenario. Ganzjährig grund- und stauwasserbeeinflusste Hydrotoptypen gehen zurück. In einigen Staubereichen, vor allem in den Randbereichen sowie im Versorgungsbereich des Großen Fließes, verschwinden sie vollständig. An ihre Stelle treten Hydrotoptypen, bei denen die Grundwasseroberfläche ganzjährig unterhalb des Hauptwurzelraumes liegt sowie, mit noch höherem Anteil, Hydrotoptypen, die nur im Winter Grundwasserkontakt haben (stark wechselfeuchte/-nasse Hydrotoptypen). Als Folge kann davon ausgegangen werden, dass im Klimawandelszenario bis zum Jahr 2053 die für den Spreewald typischen nassen Erlenwälder um 12 % gegenüber 3 % im Referenzszenario abnehmen werden. An ihre Stelle treten als potenzielle Vegetation Traubenkirschen-Erlen-Eschenwälder. Beim Feuchtgrünland, zu dem unter anderem artenreiche Feuchtwiesen zählen, beträgt die Abnahme 37 % (9 %). In der modellierten Vegetation nehmen Artgruppen mit breiten Feuchteamplituden sowie Artgruppen der stark wechselfeuchten Standorte zu. Das veränderte Wassermanagement im Moorschutzszenario beeinflusst die Ergebnisse nur geringfügig.

Die Zunahme der Standortdynamik begünstigt die Ausbreitung von Neophyten (Kowarik 2001). Ausgehend von ihren derzeitigen Vorkommen wurde die Ausbreitung der potenziell problematischen Arten Robinie (*Robinia pseudoacacia*) und Indisches Springkraut (*Impatiens glandulifera*) modelliert. Vor allem für die Gebiete, in denen im Moorschutzszenario eine Torfregeneration durch Anhebung des Wasserstandes angestrebt wird, wächst die Invasibilität der Biotope für *Impatiens glandulifera*. Dieser Trend wird verstärkt, wenn sich gleichzeitig die Grünlandwirtschaft aus diesen Gebieten weiter zurückzieht. Die Invasibilität für *Robinia pseudoacacia* nimmt durch das Trockenfallen ehemals grundwassernaher Böden in den Randbereichen des Spreewaldes im Klimawandelszenario zu.

Bei der Frage, wie die Ergebnisse in Kriterien übersetzt werden, mit denen die ökologischen und sozioökonomischen Folgen des globalen Wandels im Spreewald integrativ bewertet werden können, stellt sich die Frage, wie die modellierten Veränderungen aus Sicht des Naturschutzes zu bewerten sind. Da aus ökologischen Daten allein keine Wertungen vorgenommen werden können, sondern nur vor dem Hintergrund gesellschaftlicher Ziele, wurde eine naturschutzfachliche Risikoanalyse (ERAW) als Modul in das VEGMOS implementiert, welche die in Planwerken formulierten Ziele des Naturschutzes berücksichtigt. Es handelt sich um eine GIS-implementierte Datenbankanwendung, in der verschiedene Wasserbewirtschaftungsvarianten in ihrer Wirkung auf die vegetations- und biotoptypenbezogenen Schutzgüter des Naturschutzes analysiert werden können. Als Risiko gilt, wenn die modellierten Änderungen des Grundwasserflurabstandes die aus Ökogrammen abgeleiteten Empfindlichkeitsschwellen der Vegetationseinheiten überschreiten, und diese von besonderer Bedeutung für den Naturschutz sind. Die Risikoanalyse ist so angelegt, dass die Empfindlichkeitsschwellen und die naturschutzfachlichen Wertungen modifiziert werden können, da sie als normative Setzungen als Ergebnis eines gesellschaftlichen Diskurses verändert werden können. Diese Option ermöglicht es den Stakeholdern, verschiedene Varianten zu simulieren. Die Ergebnisse werden als Histogramme und Karten ausgegeben und können in eine integrative Bewertung eingebunden werden. Es wird gezeigt, wie auf der Grundlage der Risikoanalyse eine Handlungsstrategie zur Bewirtschaftung der Staubereiche des Spreewaldes entwickelt werden kann, mit dem die besonders wertvollen Biotope und Landschaftsbildelemente auch im B2-Basisszenario langfristig erhalten werden können.

Referenzen

Dietrich, O., J. Quast & M. Redetzky (2003): ArcGRM Spreewald - ein Modell zur Analyse der Wirkungen des globalen Wandels auf den Wasserhaushalt eines Feuchtgebietes mit Wasserbewirtschaftung. In: Kleeberg, H.-B. (Hrsg.) Klima – Wasser – Flussgebietsmanagement im Lichte der Flut. Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, Heft 4, S. 215-223.

Koska, I., M. Succow & U. Clausnitzer (2001): Vegetation als Komponente landschaftsökologischer Naturraumkennzeichnung. In: Succow, M & H. Joosten (Hrsg.) (2001): Landschaftsökologische Moorkunde. 2. Aufl. Schweizerbart, Stuttgart, 622 S.

Kowarik, I. (2001): Biological Invasions as Result and Vector of Global Change. In: Contributions to Global Change Research. A Report by the German National Commitee on Global Change Research, Bonn, S. 80-88.

4.2.3.4 Ökologisch – ökonomische Bewertung eines verminderten Wasserdargebot im Spreewald

Malte Grossmann

Fachgebiet Landschaftsökonomie, Institut für Landschafts- und Umweltplanung, TU Berlin, FR 2-7, Franklinstr. 28/29, 10587 Berlin.
grossmann@imup.tu-berlin.de; http://www.tu-berlin.de/fak7/ilup/fg-hartje/

Keywords: Feuchtgebiete, ökonomische Bewertung, Spreewald, Wassernutzung, Kosten-Nutzen-Analyse

Zusammenfassung

Aufgrund der klimatischen Verhältnisse sind viele Feuchtgebiete im Nord-Ost deutschen Tiefland der Elbe auf die Zuflüsse aus den Gewässern des Einzugsgebiet für den Erhalt ihres Feuchtgebietscharakter angewiesen. Aus ökonomischer Sicht sind diese Feuchtgebiete daher als Wassernutzer aufzufassen, welche mit anderen Wassernutzungen im Einzugsgebiet um eine ausreichende Wasserversorgung konkurrieren. Mit der Wasserentnahme durch Feuchtgebiete ist eine multifunktionalen Nutzung verbunden, welche bei der Wasserallokation im Einzugsgebiet berücksichtigt werden müssen.

Der Vergleich von Referenz und Klimaszenarien zeigt für den Zeitraum bis 2050 entsprechend der Zunahme des Wasserdefizits im Feuchtgebiet abnehmenden Netto Nutzen. Gleichzeitig sinkt die Wassernutzungseffizienz, d.h. das für ein gleichbleibendes Nutzenniveau müsste in Zukunft mehr Wasser aus der Spree entnommen werden. Die Effizienz vom Mitteleinsatz für den Naturschutz ist abhängig von der Wasserversorgung. Durch eine Umverteilung des verfügbaren Zusatzwassers im Gebiet kommt es vor allem zu einer Benachteiligung der Landwirtschaft in den Randbereichen der Niederung.

Ergebnisse

Aufgrund der klimatischen Verhältnisse sind viele Feuchtgebiete im Nord-Ost deutschen Tiefland der Elbe auf die Zuflüsse aus den Gewässern des Einzugsgebiet für den Erhalt ihres Feuchtgebietscharakter angewiesen. Aus ökonomischer Sicht sind diese Feuchtgebiete daher als Wassernutzer aufzufassen, welche mit anderen Wassernutzungen im Einzugsgebiet um eine ausreichende Wasserversorgung konkurrieren. Bei der Bewertung von Handlungsoptionen steht daher die Effizienz der Verwendung der knappen Ressource Wasser im Mittelpunkt des Interesses. Als Indikatoren der ökonomischen Effizienz der Wassernutzung wird der Netto Nutzen (NN) aus der Wassernutzung sowie die Wassernutzungseffizienz (NN / Entnahme) verwendet.

Die Ergebnisse verdeutlichen zunächst, das mit der Wasserentnahme durch Feuchtgebiete substantielle ökonomische Werte verbunden sind, die bei der Wasserallokation im Einzugsgebiet berücksichtigt werden müssen. Dabei handelt es sich um Werte die sich aus einer multifunktionalen Nutzung der Wasserentnahme für die untersuchten Nutzenbestandteile Landwirtschaft, Kahnschifffahrt, Erholung, Teichwirtschaft, CO2 Senke und Naturschutz ergeben. So liegt z.B. der Gewinnbeitrag der Kahnschifffahrt pro Jahr mit ca. 1,3 Mio € zuzüglich dem mit der Reisekosten ermittelt Erholungswert der Kahnschifffahrt von 5,4 Mio. €, ungefähr in der selben Größenordnung wie der Netto Nutzen aus der landwirtschaftlichen Grünlandnutzung. Die externen Kosten der aktuellen Feuchtgebietsnutzung in Form von CO_2 Emissionen bewertet zu volkswirtschaftlichen Grenzkosten der Vermeidung bewertet zu volkswirtschaftlichen Grenzkosten der Vermeidung, liegen bei ca. – 600.000 €/a. Der Vorteil der angewandten Kosten-Nutzen-Methode besteht jedoch in einem systematischer Vergleich verschiedener Szenarien auf der Grundlage gemeinsamer Kriterien für die Messung der Kosten und Nutzen. Es handelt sich daher nicht um den absoluten, sondern um den relativen Wert von Feuchtgebieten, für die eine zuverlässige Schätzung vorgenommen werden kann.

Im Bereich der Untersuchten Klima und Zuflussbedingungen kann der Netto Nutzen um einen Betrag von mindestens 1.500.000 €/a Variieren. Dies Entspricht dem Spektrum möglicher volkswirtschaftlicher Opportunitätskosten welche bei einer Unterschreitung der aktuellen Stauziele entstehen können. Der Vergleich von Referenz und B2-Klimaszenarien zeigt für den Zeitraum bis 2050 entsprechend der Zunahme des Wasserdefizits im Feuchtgebiet abnehmenden Netto Nutzen. Gleichzeitig sinkt die Wassernutzungseffizienz, d.h. das für ein gleichbleibendes Nutzenniveau müsste in Zukunft mehr Wasser aus der Spree entnommen werden. Dies gilt auch für das Szenario mit verstärktem Moorschutz. Die Anhebung der Stauziele auf den Niedermoorflächen erhöht zwar die Effizienz des Mitteleinsatz für den Naturschutz bzw. den Moorbodenschutz insgesamt, sie schwankt jedoch in Abhängigkeit von der Wasserversorgung. Es werden Vermeidungskosten von 10€ – 400€ pro zusätzlich vermiedener t CO_2 realisiert. Da das Wasserdargebot insgesamt unverändert bleibt, kommt es zu einer Umverteilung des verfügbaren Zusatzwassers im Gebiet und dadurch zu einer Benachteiligung der Landwirtschaft in den Randbereichen der Niederung. Die Bewertung der relativen Vorzüglichkeit einer Ausdehnung der wiedervernässten Moorbereiche im Umfang von 7800 ha hängt entscheidend von der Wertschätzung für den Naturschutz ab. Sie müsste ca. 500 € ha betragen um zu einem positiven Netto Nutzen zu kommen. Die Zahlungsbereitschaft wurde nicht untersucht – aus potentiell vergleichbaren Maßnahmen an der Elbe zur Wiederherstellung der Auendynamik werden jedoch Zahlungsbereitschaften von 7200 € ha berichtet. Der Netto Nutzen des Moorschutzes im untersuchten Umfang könnte somit positiv ausfallen und die verstärkte Konzentration der verfügbaren Wassermengen zugunsten von Kernbereichen von Feuchtgebieten als ökonomisch vorteilhafte Anpassungsstrategie an ein vermindertes Wasserdargebot angesehen werden.

4.2.4 Berlin/Untere Havel

4.2.4.1 Integrierende Studien zum Berliner Wasserhaushalt

Volker Wenzel

Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung e.V., Telegrafenberg A51, 14473 Potsdam
wenzel@pik-potsdam.de; http://www.pik-potsdam.de

Keywords: Alternativen, Kriterien, Stakeholder, Konfliktanalyse, Ranking

Zusammenfassung

Zur Vereinheitlichung und Koordinierung der Forschungsprozesse im Projekt GLOWA-Elbe wurde ein Integrativer Methodischer Ansatz (IMA) einschließlich eines stringenten Sprachkalküls entwickelt (z.B. Wenzel, 2001) und für den Berliner Wasserhaushalt sowie dessen Einbettung in das Spree-Havel-Gebiet mit allen seinen Schritten angewendet. Neben der genannten räumlichen und auch zeitlichen (2000 - 2050) Abgrenzung des Studienobjektes zwingt dieser Ansatz zur präzisen Formulierung von Aufgabenstellungen bzw. von zu lösenden Problemen, in diesem Falle in Form des folgenden *Masterszenarios*:

Gewährleistung von Wasserversorgungssicherheit und einer erwarteten Wasserqualität in Berlin unter den Bedingungen des globalen Wandels.

Die Lösung des Problems war danach im wesentlichen in 4 komplexen Arbeitsschritten zu erarbeiten, deren Inhalte unten skizziert werden. Die ersten beiden Schritte und zum Schluß auch der vierte erfolgen unter intensiver Partizipation von betroffenen Institutionen und Interessenvertretern (Stakeholdern), die dafür in 9 Gruppen zusammengefaßt sind: Stadtentwicklung, Umweltpolitik, Gesundheitspolitik, Wasserversorger, Stromversorger, Schifffahrt, Umweltschützer, Badegäste und Fischwirtschaft / Angler.

1. Definition potentieller Lösungsstrategien (Alternativen)

Identifikation potentieller Handlungsfelder; Auswahl von Handlungsoptionen je Handlungsfeld, Alternativen als Bündel solcher Handlungsoptionen

2. Definition von Bewertungskriterien

Auswahl von Indikatoren; Modellierung aggregierter Indexvariablen als Funktionen von Indikatoren; Auswahl von Kriterien zum Vergleich mit den normierten Werten der Indexvariablen (Schwellenwertbezug)

3. Impaktanalysen für alle Alternativen

Aufbau eines integrierten Gesamtmodells zum Wasserhaushalt Berlins durch Verknüpfung erprobter Einzelmodelle wie LUSIM, ArcEGMO, ArcGRM, QSIM, EMMO etc. (Wenzel et al., 2002) ; Szenarien-Rechnungen für die Alternativen

4. Bewertung

Aufbau von Impaktmatrizen aus Ergebnissen der Impaktanalysen; Multikriterielle Analysen mittels NAIADE (Munda, 1995; Wenzel, 2001a); Aufbau von Equity-Matrizen aus subjektiven Bewertungen durch die Stakeholder; Equity-Analysen mittels NAIADE, Nutzung von Koalitionsdendrogrammen für Kompromißlösungen.

Konkret wurden Optionen für die Handlungsfelder Senatswasserpolitik, Klärwerksleistung, Regenwasserbewirtschaftung, Energiepolitik, Flußregulierung und Umweltschutz definiert und daraus 4 Berliner Alternativen zusammengesetzt: *Business as usual, Moderate Energie- und Wasserpolitik, Umverteilungen, Wirksamere Klärtechnologie*.

Für die Einbettung des Berliner Raumes in das gesamte Spree-Gebiet wurde die 1. Alternative: *Basis = Business as usual* variiert entsprechend den im Teilprojekt Obere Spree definierten Alternativ-Szenarien 2. *Flutung*, 3. *Reduzierte Fließe* und 4. *Oderwasserüberleitung*.

Zwei Komponeneten des globalen Wandels werden überlagernd wirksam: Klimaänderung und Urbanisierungstrend. Die Quantifizierung beider wurde orientiert am IPCC-Emissionsszenario A1.

Ergebnisse

Zur oben skizzierten Aufgabenstellung wurden für die betrachteten Alternativen die für die Bewertung heranzuziehenden Indexvariablen als Elemente der Impaktmatrix berechnet und auf verschiedenen Stufen der räumlichen und zeitlichen Aggregation als interpretierbare Kurvenverläufe dargestellt. Die Rankings für verschiedene Konstellationen liefern ein klares Bild, welche der betrachteten Alternativen jeweils empfohlen werden können:

- Die definierten moderaten Steuerungsmaßnahmen, gegebenenfalls noch kombiniert mit Oderwasserüberleitung
- Bei Integration der Qualitätskriterien werden die definierten Umweltschutzmaßnahmen in den Vergleichen signifikant wirksam.

Die durch die Equity-Analyse gelieferten Koalitionsdiagramme erlauben gezielte Verhandlungen zwischen den jeweils richtigen Partnern zu initiieren und führen, iterativ angewendet, zu Kompromißlösungen.

Referenzen

Munda, G. (1995): Multicriteria Evaluation in a Fuzzy Environment. Theory and Applications in Ecological Economics. Physica-Verlag: Berlin.

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung (Hrg.) (2001): Abwasserbeseitigungsplan Berlin. Kulturbuchverlag:Berlin.

Weigert, B., Steinberg, C. (2001): Nachhaltige Entwicklung in der Wasserwirtschaft. Konzepte, Planung und Entscheidungsfindung. Schriftenreihe Wasserforschung 7, Wasserforschung e.V., Berlin.

Wenzel, V. (2001): Integrated assessment and multicriteria analysis. Physics and Chemistry of the Earth. Part B, 26/7-8, pp 541-545

Wenzel, V. (2001a): Nachhaltigkeitsstudien und NAIADE: Entscheidungshilfe und Konfliktanalyse. Schriftenreihe Wasserforschung Band 7, 241-256.

Wenzel, V., Eidner, R., Finke, W., Oppermann, R., Rachimow, C. (2002): Integrated water resources management in terms of quantity and quality in the Berlin region under the conditions of global change. Water Resources and Environmental Research, ICWRER 2002, Dresden

Wenzel, V. (2003): Solving urban regional water household and quality problems under Global change. IUGG2003, State of the Planet. Abstracts Week B, Sapporo (Japan), June 30 – July 11, 2003.

4.2.4.2 Veränderungen im Wasserdargebot und in der Wasserverfügbarkeit im Großraum Berlin

Claudia Rachimow[1], Bernd Pfützner[2] und Walter Finke[1]

[1] Bundesanstalt für Gewässerkunde, Postfach 200253, 56002 Koblenz
Rachimow@bafg.de; http://www.bafg.de
[2] Büro für Angewandte Hydrologie, Wollankstraße 117, 13187 Berlin
Bernd.Pfuetzner@bah-berlin.de; http://www.bah-berlin.de

Keywords: ArcEGMO, ArcGRM, Berlin, globaler Wandel, Klima, Havel, Langfristbewirtschaftung, Nutzungsentwicklungen, Spree, Szenarien, Wasserdargebot, Wasserverfügbarkeit

Zusammenfassung

Ziel des Teilprojektes war es, die Auswirkungen des globalen Wandels in Klima und Gesellschaft unter Beachtung der zu erwartenden Veränderungen im oberhalb gelegenen Spreegebiet (Beendigung bzw. Weiterführung des Bergbaus) bezüglich Wasserdargebot und –verfügbarkeit auf den Großraum Berlin zu untersuchen. Die Szenariountersuchungen für die Einzugsgebiete der Unteren Spree und Unteren Havel im Raum Berlin basieren auf den Ergebnissen zu Sozioökonomie und Klima einerseits und andererseits auf den Ergebnissen aus den Teilprojekten Obere Spree und Spreewald, die die Randbedingungen für Wasserdargebot und Wasserverfügbarkeit im Raum Berlin bilden.

Die Berechnungen des Wasserdargebotes wurden mit dem hydrologischen Modellierungssystem ArcEGMO durchgeführt. Simuliert wurden der Wasserhaushalt und die Abflüsse für sieben Einzugsgebiete in Berlin (Gebietsgrößen 100 bis 500 km²) und das Einzugsgebiet der oberen Havel bis Berlin (3.100 km²) für den Zeitraum 2001 bis 2055. Es wurden, basierend auf den Klimaszenarien A1 und B2, je 100 Abflusszeitreihen und flächendifferenzierte Wasserhaushaltsgrößen für jedes Einzugsgebiet bzw. jeden Bilanzquerschnitt erzeugt, die als unmittelbare Eingangsgrößen für die Bewirtschaftungsmodellierung verwendet werden konnten.

Die Wasserverfügbarkeit wurde mit dem Berlinbaustein des Langfristbewirtschaftungsmodells ArcGRM GLOWA berechnet. Auf der Grundlage von Vorstellungen von Vertretern der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin und des Landesumweltamtes Brandenburg zur Nutzungsentwicklung der größten Wassernutzer Berlins, wie der Berliner Wasserbetriebe (Wasserwerke und Kläranlagen) und des Energieversorgers BEWAG (Kühlwasser), wurden verschiedene Varianten aufgestellt und bilanziert. Zur Beurteilung der einzelnen Varianten wurden Indikatoren, wie die Überschreitungswahrscheinlichkeiten der Mindestabflüsse an allen wichtigen Pegeln und die Bedarfsbefriedigung der Nutzer berechnet. Diese sind dann in die Bewertung eingegangen, wie unter Punkt 4.2.4.1 (V. Wenzel) dargelegt.

Ergebnisse

Es konnten beträchtliche klimainduzierte Änderungen im Gebietswasserhaushalt und in den Abflussverhältnissen ausgewiesen werden. Der Einfluss der Bebauungsentwicklung auf das Wasserdargebot ist dagegen relativ gering. Für das Szenario A1 ist eine drastische Abnahme der Abflüsse zu erwarten. Im Einzugsgebiet der oberen Havel beispielsweise geht der Abfluss von gegenwärtig ca. 12 m³/s auf ca. 9 m³/s bis 2035 und auf ein Niveau von 8 m³/s ab 2050 zurück. Für das Szenario B2 fällt diese Abnahme geringer aus. Der Mittelwert über den Gesamtzeitraum liegt hier bei ca. 9,8 m³/s. Ein wesentlicher Unterschied zwischen beiden Szenarien ist die stärker ausgeprägte Dynamik im Szenario B2 gegenüber moderateren Schwankungen im Szenario A1. Zur Wasserverfügbarkeit liegen Ergebnisse für verschiedene Varianten unter Szenario A1 vor. Für alle untersuchten Pegel im Raum Berlin ist analog zu den Ergebnissen für die größten Zuflüsse Berlins an den Pegeln Borgsdorf/Havel und Große Tränke/ Spree ersichtlich, dass sich eine Verschlechterung der Wasserverfügbarkeit ab ca. 2035 bei allen Szenarien, die auf einer Beendigung des Bergbaus in der Oberen Spree basieren, auch durch bisher geplante Ausgleichsmaßnahmen nicht aufhalten lässt. So sinkt z.B. die Einhaltung des Mindestdurchflusses von 8 m³/s am Pegel Sophienwerder im Monat Juli

der Periode 2048-2052 auf 67 %. In Periode 2001-2005 sind das noch 97%. Die Befriedigung des Bedarfs für das Wasserwerk Friedrichshagen (Spreefassung) wird ab ca. 2035 kritisch und kann nur mit gleichzeitiger Grundwasserabsenkung erfüllt werden. Eine Überleitung von Oderwasser in einer Größenordnung von 3 bis 6 m^3/s kann der prognostizierten Wasserknappheit entgegenwirken. Beim Oderwasserszenario bleibt die Einhaltung des Mindestdurchflusses von 6 m^3/s am Pegel Mühlendamm über den gesamten Zeitraum bei ca. 90%. Eine Reduzierung der Entnahmen und Einleitungen der Berliner Wasserbetriebe um ca. 1/3 erwies sich zwar für die Bedarfsbefriedigung der Nutzer als die günstigste der gerechneten Varianten, jedoch geht dies auf Kosten der Einhaltung der Mindestdurchflusswerte der Pegel der Stadtspree ab Periode 2023-2027, da diese dann weniger durch Klarwasser erhöht werden. Die historisch entstandene Umverteilung des Wassers in Berlin kann also nicht ignoriert werden. Dies betrifft neben der Stadtspree auch Biotope, wie z.B. das Wuhletal, das nach der Schließung der Kläranlage Falkenberg trocken zu fallen droht, da die Wuhle zu 80% aus Klarwasser gestützt worden war.

Referenzen

Pfützner, B. (ED.) (2002): Modelldokumentation ArcEGMO, http://www.arcegmo.de ISBN 3-00-011190-5

Rachimow, C., Pfützner, B. & W. Finke (2003): Untersuchungen zum Einfluss des globalen Wandels in Klima und Gesellschaft auf Wasserdargebot und -verfügbarkeit im Großraum Berlin. Bundesanstalt für Gewässerkunde. Bericht 1387.

Ströbl, B., Wenzel, V. & B. Pfützner (2003): Simulation der Siedlungsflächenentwicklung als Teil des Globalen Wandels und ihr Einfluss auf den Wasserhaushalt im Großraum Berlin / Potsdam Institut für Klimafolgenforschung (PIK). Potsdam. - PIK-Report 82

Wenzel, V., Eidner, R., Finke, W., Oppermann, R. & C. Rachimow (2002): Integrated water resources management in terms of quantity and quality in the Berlin region under the conditions of global change. Water Resources and Environmental Research, ICWRER 2002, Dresden

Wenzel, V., Oppermann, R., Eidner, R., Finke, W. & C. Rachimow (2002): Stakeholder driven integrative studies of water availability and quality in the urbanized region of Berlin considering global change impacts. GLOWA, Status Report 2002 (Phase I, 2000-2003)

4.2.4.3 Auswirkungen auf die Gewässergüte im Berliner Gewässernetz

Tanja Bergfeld, Torsten Strube und V. Kirchesch

Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), Am Mainzer Tor 1, 56002 Koblenz
bergfeld@bafg.de ; kirchesch@bafg.de ; http://www.bafg.de
Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB), Müggelseedamm 310, 12587 Berlin
strube@igb-berlin.de ; http://www.igb-berlin.de

Keywords: globaler Wandel, Gewässergüte, Modell, QSim, EMMO, Szenarien, Müggelsee, Fließgewässer Berlin

Zusammenfassung

Mit den Ökosystemmodellen EMMO (Müggelsee) und QSim (Fließgewässer Berlin) wurden verschiedene Szenarien und Alternativen des globalen Wandels für die Gewässergüte des Berliner Gewässersystems simuliert. Dabei wurden die Perioden 1 (2003-2007) und 10 (2048-2052) betrachtet. Während für die Periode 10 für den Müggelsee in allen betrachteten Szenarien eine Verringerung der Nährstoffbelastung und der Algenbiomasse modelliert wird, verringert sich in den Fließgewässern Berlins nur die Nährstoffbelastung. Die Algenbiomasse und der Sauerstoffgehalt ändern sich aber kaum. Das für den Müggelsee ungünstigste Szenario bezüglich seiner Gewässergüte ist die Oderwasserüberleitung. Die Oder wird –trotz starker Reduktion– auch in Zukunft mehr Stickstoff führen als die Spree oberhalb des Müggelsees. In der Unteren Spree und Berliner Flusshavel wirkt sich das Oderwasserszenario im Vergleich zum Basisszenario positiv auf die Gewässergüte aus. Im Teltowkanal dagegen ändert sich der Zustand kaum. Als beste Alternative wird eine veränderte Energiepolitik mit reduzierten Kühlwassereinleitungen in die Berliner Fließgewässer empfohlen. Eine ganzjährige Umleitung der Kläranlage Ruhleben in die Untere Spree würde zu keiner deutlichen Beeinträchtigung der Gewässergüte führen. Die Auswirkungen auf die Badegewässerqualität könnten durch Membranfiltration völlig reduziert werden.

Ergebnisse

Im Kontext des globalen Wandels (insbesondere des Klimawandels) werden zukünftige Probleme und Konflikte behandelt, die sich auf Grund alternativer Land- und Wassernutzungen im Ballungsraum Berlin und im Spreegebiet ergeben können. Für die Modellierung der Gewässergüte wurden die Modelle EMMO und QSim eingesetzt. Das Modell EMMO ist ein speziell für Flachseen entwickeltes Ökosystemmodell. Es wurde um ein Temperaturschichtungsmodul erweitert. Das Modell QSim ist ein Gewässergütemodell für Fließgewässer, das um einen quasi-zweidimensionalen Ansatz erweitert wurde. An meteorologischen Zeitreihen wurde die Realisierung 32 des Klimaszenarios A1 verwendet (Gerstengarbe, dieser Band). Die Angaben zur Wassermenge wurden vom Wasserbewirtschaftungsmodell ArcGRM GLOWA für vier Szenarien übergeben (Rachimow, dieser Band). Die Gewässergüteparameter der oberen Spree mussten für beide Modelle und Perioden abgeschätzt werden, da keine simulierten Eingangswerte verfügbar waren. Die Ergebnisse der beiden Gewässergütemodelle wurden mit NAIADE multikriteriell bewertet (Wenzel, dieser Band). Im folgenden werden die Ergebnisse von Basis- und Oderwasserszenario (Rachimow, dieser Band) vorgestellt. Für das Basisszenario wurden drei weitere Handlungsalternativen der Berliner Klär- und Kraftwerke einbezogen. Bei der Betrachtung der Gewässergüte wird die Belastung mit Zehr- und Nährstoffen berücksichtigt; Xenobiotika werden nicht betrachtet.

Das Ökosystemmodell EMMO des IGB simuliert die Gewässergüte und Trophie im Müggelsee beim Basis- und Oderwasserszenario. Der Vergleich von Periode 1 und 10 des Basisszenarios zeigt, dass sich das Temperaturmaximum im Müggelsee durch das Klimaszenario um ca. 3 Wochen von Juli (Periode 1) nach August (Periode 10) verschiebt. Die Schichtungsdauer steigt von 75 (Periode 1) auf 87 Tage (Periode 10) an. Der See geht jedoch nicht in den dimiktischen Zustand über, sondern bleibt ein polymiktischer Flachsee. Im Basisszenario verringern sich Stickstoff- und Phosphorkonzentration von Periode 1 zur Periode 10 im Mittel um

35% bzw. 10%, was zu einer Verringerung der Biomasse der Sommerblaualgen um 30% und der der Kieselalgen um 25% führt. In der Jahresdynamik des Stickstoffs zeigt sich vor allem in den Monaten November bis April eine deutliche Abnahme der Konzentration, während in den Sommermonaten nur eine geringe Abnahme zu erkennen ist. In der Jahresdynamik des Phosphors zeigt sich die Verringerung in den Monaten Oktober – April, wobei durch die insgesamt längere Schichtungsdauer im August/September mehr Phosphor aus dem Sediment resuspendiert wird. In der Periode 10 reagieren die Blaualgen darauf v.a. mit einem späteren Wachstum.

Der Vergleich des Oderwasserszenarios mit dem Basisszenario der Periode 10 ergibt beim Oderwasserszenario eine im Mittel 38% höhere Stickstoffkonzentration, aber eine um 5,5% geringere Phosphorkonzentration. Das verursacht eine um 45% höhere Blaualgenbiomasse und eine um 7% gestiegene Kieselalgenbiomasse. In der Jahresdynamik zeigt sich das in einer höheren Konzentration des Stickstoffs während der Monate Juni – November und in einer geringeren Konzentration des Phosphors in den Monaten September – Oktober.

Das Gewässergütemodell QSim der BfG simulierte die Gewässergüte und die Trophie zweier Fließstränge im Berliner Gewässernetz. Der Abschnitt Nord umfasst hauptsächlich die Untere Spree, der Abschnitt Süd den Teltowkanal.

Der Sauerstoffgehalt im Abschnitt Nord ändert sich bei den untersuchten Szenarien und Alternativen nur geringfügig. Die für die Periode 10 im Einzugsgebiet geplanten gütetechnischen Maßnahmen scheinen geeignet, die negativen Auswirkungen der Abflussverminderung auf den Sauerstoffhaushalt auszugleichen. Die Simulation einer Oderwasserüberleitung für die Periode 10 führt zu einer nur geringen Belastung des Sauerstoffhaushaltes. Im Abschnitt Süd führt die Oderwasserüberleitung indirekt durch einen erhöhten Zufluss aus dem belasteten Teltowkanal am Britzer Kreuz zu einer zusätzlichen Belastung des Sauerstoffhaushaltes. Eine ganzjährige Einleitung der Kläranlage Ruhleben in die Spree würde entgegen den Erwartungen im Abschnitt Nord an der Spreemündung und im Abschnitt Süd bei Kohlhasenbrück zu keinen merklichen Unterschieden im Sauerstoffgehalt führen. Im Gegensatz zum Sauerstoffhaushalt wird der Nährstoffhaushalt durch den Ablauf der KA Ruhleben in beiden Abschnitten deutlich belastet. Es zeigt sich, dass eine Erweiterung der Kläranlagen Stahnsdorf und Ruhleben mit Membranfiltrationstechnologie (Alternative 4) die Stickstoffbelastung stark verringert. Dadurch würden auch die Badestellen in der Havel von den fäkalcoliformen Bakterien aus Kläranlagen entlastet werden, so dass eine ganzjährige Einleitung der Kläranlage Ruhleben in die Spree möglich wäre, ohne die Badewasserqualität zu beeinträchtigen. Die Oderwasserüberleitung führt erwartungsgemäß zu einer etwas höheren Nährstofffracht. Der Nährstoff- und Sauerstoffhaushalt im Abschnitt Süd bleibt bei allen Alternativen stark belastet.

Die Trophie ändert sich bei den verschiedenen Szenarien und Alternativen nur geringfügig. Die reduzierte Belastung beider Flussabschnitte in der Periode 10 durch geringere Algenbiomassenfrachten flussaufwärts des Untersuchungsgebietes führt nur zu leicht erniedrigten Algengehalten. Denn durch die reduzierten Abflüsse und die erhöhte Globalstrahlung erhöht sich die Aufenthaltszeit und verbessern sich die Lichtbedingungen für das Algenwachstum, sodass dennoch hohe Algengehalte im Modell erreicht werden.

Bei der Betrachtung der Gewässergüte in den Berliner Fließgewässern wird deutlich, dass sich im Abschnitt Nord wesentlich bessere Verhältnisse als im Abschnitt Süd einstellen. Die Simulationen zeigen, dass in der Periode 10 die negativen Folgen sinkender Abflüsse im Berliner Gewässernetz durch eine verringerte Belastung aus dem Einzugsgebiet teilweise ausgeglichen werden. Umgekehrt kommt es aber zu kritischen Zuständen der Gewässergüte und der Trophie, wenn die angenommene Verringerung der Stoffeinträge in Oder und Spree ausbleibt.

Für die abschließende Bewertung der Badewasser- und Gewässerqualität mittels NAIADE (Wenzel, dieser Band) gehen vom Modell EMMO die Parameter Chlorophyll-*a* und die Biomasse der Blaualgen und vom Modell QSim die Parameter Sauerstoff, TOC-, Nitrat-, Nitrit-, Ammonium-, Gesamt-Phosphat- und ortho-Phosphat-Gehalt sowie der Chlorophyll *a*-Gehalt ein.

Referenzen

Kirchesch, V. & A. Schöl (1999): Das Gewässergütemodell QSim – ein Instrument zur Simulation und Prognose des Stoffhaushalts und der Planktondynamik von Fließgewässern. – Hydrologie & Wasserbewirtschaftung 43 (6) :302 – 309

Schellenberger, G., Behrendt, H., Kozerski, H.-P., Mohaupt, V. (1983): Ein mathematisches Ökosystemmodell für eutrophe Flachgewässer. Acta Hydrophysika, 28(1/2):109-172.

Schöl, A., Kirchesch, V., Bergfeld, T., Schöll, F., Borcherding, J. & D. Müller (2002): Modelling the Chlorophyll a content of the River Rhine – interrelation between riverine algal production and population biomass of grazers, rotifers and the zebra mussel, Dreissena polymorpha. Internat. Rev. Hydrobiol. 87 (2-3):295 - 317

Strube, T., Benz, J., Brüggemann, R., Behrendt, H. (2003): Entwicklung eines Wassergütemodells unter Nutzung der Prozessdatenbank ECOBAS. In: Gnauck, A. (Hrsg.) Theorie und Modellierung von Ökosystemen. Workshop Kölpinsee, Shaker-Verlag, Aachen. 263-273.

MODELLVERZEICHNIS GLOWA-ELBE I

Name des Modells:	**ArcEGMO**
Kurzbeschreibung:	Prozessbasiertes Modellsystem zur flächendifferenzierten dynamischen Modellierung der hydrologischen und wasserwirtschaftlichen Prozesse, Pflanzenwachstum, Nährstoffflüsse (Stickstoff und Kohlenstoff) auf der Einzugsgebiet- und Regionalskala
Entwickler:	Büro für Angewandte Hydrologie, Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung e.V.
Referenzen:	Pfützner, B. (ed.) (2002) : Description of ArcEGMO. Official homepage of the modelling system ArcEGMO, http://www.arcegmo.de. Becker, A., Klöcking, B., Lahmer, W. & B. Pfützner (2002): The Hydrological Modelling System ARC/EGMO. In: Mathematical Models of Large Watershed Hydrology (Eds.: Singh, V.P. and Frevert, D.K.). Water Resources Publications, Littleton/Colorado.
Name des Modells:	**ArcGRM** *(siehe WBalMo)*
Name des Modells:	**BOWAS**
Kurzbeschreibung:	Modellierung der Bodenwasserhaushaltskomponenten (ETIreal, GWneu, Vkap,Wasserspannung Wurzelraum) und der CO_2-Freisetzung aus Torfen **Eingangsparameter:** bodenhydraulische Funktionen, Witterungsparameter, Pflanzenhöhe, Bedeckungsgrad, Wurzeltiefen, Bestandeswiderstände, CO_2-Produktionsfunktionen
Entwickler:	Prof. G. Wessolek, TU-Berlin, Institut für Ökologie, FG Standortkunde/Bodenschutz
Referenzen:	Wessolek, G. (1989): Einsatz von Wasserhaushalts- und Photosynthesemodellen in der Ökosystemanalyse. Landschaftsentwicklung und Umweltforschung, Nr. 61. Wessolek, G., K. Schwärzel, M. Renger, R. Sauerbrey & C. Siewert (2002): Soil hydrology and CO2 mineralization of peat soils. J. of Plant Nutr. & Soil Science. 165, 494-500.
Name des Modells:	**EGMO-D**
Kurzbeschreibung:	konzeptionelles hydrologisches Niederschlags-Abfluss-Modell zur Simulation von Monatsmittelwerten der Abflüsse für Flachlandgebiete aus einem horizontal und vertikal gegliederten Einzugsgebiet unter Berücksichtigung unterschiedlicher ober- und unterirdischer Einzugsgebiete durch Bergbaueinfluss.
Entwickler:	Institut für Wasserwirtschaft Berlin, WASY Gesellschaft für wasserwirtschaftliche Planung und Systemforschung mbH
Referenzen:	Schramm, M. (1995): Die Bewirtschaftungsmodelle LBM und GRM und ihre Anwendung auf das Spreegebiet. In: BfG-Mitteilungen (8). S. 7-19. Koblenz. Glos, E. (1984): Die Einzugsgebietsmodellversion EGMO-D für Durchflussberechnungen in Dekaden- bis Monatszeitschritten. Teilbericht 11 zu Lauterbach, D. u. a.: ASU Spree, 1. Ausbaustufe. Forschungsbericht, Institut für Wasserwirtschaft, Berlin, http://www.wasy.de/deutsch/produkte/arcgrm/index.html

Name des Modells:	**ERAW** (Ecological Risk Assessment for Wetland Vegetation)
Kurzbeschreibung:	Modul des Vegetationsentwicklungsmodells Spreewald (VEGMOS) für eine flächendifferenzierte Risikoanalyse zu den Folgen eines geänderten Wasserhaushaltes in Feuchtgebieten vor dem Hintergrund naturschutzfachlicher Zielsetzungen.
Entwickler:	U. Bangert, G. Vater, J. Heimann, Technische Universität Berlin, Institut für Ökologie, FG Ökosystemkunde/Pflanzenökologie
Referenzen:	Bangert, U., G. Vater, J. Heimann & I. Kowarik (2003): Ecological risk assessment for wetland vegetation in the Spreewald under conditions of altered water supply. Verh. Ges. Ökol. 33, 332.
Name des Modells:	**EMMO** (Ecological Müggelsee MOdel)
Kurzbeschreibung:	Ökosystemmodell zur Beschreibung der bio- und geochemischen Stoffkreisläufe in polymiktischen Seen unter Einbeziehung der Algen (3 Gruppen), des Zooplankton, des Zoobenthos, der Fische und des Sedimentes.
Entwickler:	Leibniz Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei
Referenzen:	Schellenberger, G., Behrendt, H., Kozerski, H.-P. & V. Mohaupt (1983): Ein mathematisches Ökosystemmodell für eutrophe Flachgewässer. Acta Hydrophysica, 28(1/2):109-172. Strube, T., Benz, J., Brüggemann, R. & H. Behrendt (2003): Entwicklung eines Wassergütemodells unter Nutzung der Prozessdatenbank ECOBAS. Bericht zum 5. Workshop "Theorie und Modellierung von Ökosystemen", Kölpinsee 2001.
Name des Modells:	**GERRIS/HYDRAX** (Hydrodynamisches Modell)
Kurzbeschreibung:	HYDRAX ist ein eindimensionales hydrodynamisches Modell für die Berechnung der Wasserstände, Abflüsse und Fliessgeschwindigkeiten in Oberflächengewässern. Die Saint Venant Gleichungen werden für netz- und baumartige Gewässergraphen gelöst. Das Modell wurde 1983 im Institut für Wasserwirtschaft (DDR) entwickelt und später von der Bundesanstalt für Gewässerkunde übernommen und weiterentwickelt. Angewendet wird es im Spree – Havel – Bereich von der BfG, der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung und dem Land Berlin. Im Auftrag der BfG hat das Büro Wasser und Umwelt eine gemeinsame Benutzeroberfläche (GERRIS) für HYDRAX und das Gewässergütemodell QSim entwickelt. Die Ergebnisse der Wassermengensimulation von HYDRAX werden als Eingabedaten für die Gütesimulation von QSIM benutzt.
Entwickler:	HYDRAX: Bundesanstalt für Gewässerkunde GERRIS: Büro Wasser und Umwelt
Referenzen:	Busch, N., Fröhlich, W., Lammersen, R., Oppermann, R. & G. Steinebach (1999): Strömungs- und Durchflussmodellierung in der Bundesanstalt für Gewässerkunde. – BfG-Mitteilung 19, Mathematische Modelle in der Gewässerkunde, S. 70 – 82.

Name des Modells:	**LUSim** (Land Use SIMulation)
Kurzbeschreibung:	Regelbasierte Verortung vorgegebener Bilanzen für die Trends zur Landnutzungsänderung; z.B. Versiegelungstrends: Verortung nach Regeln bzgl. Eignung und Umgebungssituation von Flächenelementen
Entwickler:	Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung e.V.
Referenzen:	Ströbl, B., Wenzel, V. & B. Pfützner (2003): Simulation der Siedlungsflächenentwicklung als Teil des globalen Wandels und ihr Einfluß auf den Wasserhaushalt im Großraum Berlin. PIK-Report No. 82, Potsdam.
Name des Modells:	**MONERIS** (Modelling Nutrient Emissions in River Systems)
Kurzbeschreibung:	Konzeptionelles Modellsystem zur flussgebietsdifferenzierten und pfadbezogenen Modellierung von Nährstoffeinträgen und –frachten in kleines, mesoskaligen und großen Flusssystemen.
Entwickler:	Leibniz Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei
Referenzen:	Behrendt, H., Huber, P., Kornmilch,M., Opitz, D., Schmoll, O., Scholz, G. & R. Uebe (2000): Nutrient balances of German river basins. UBA-Texte, 23/2000, 261p. Behrendt, H., Huber, P., Kornmilch,M., Opitz, D., Schmoll, O., Scholz, G. & R. Uebe (2002): Estimation of the nutrient inputs into river basins - experiences from German rivers. Regional Environemental Changes, 3, 107-117. http://62.141.185.25/npbilanz/
Name des Modells:	**NAIADE** (Novel Approach to Imprecise Assessment and Decision Environment)
Kurzbeschreibung:	Softwaresystem zur Multikriteriellen Analyse und zur Konfliktanalyse durch Verarbeitung einer Impaktmatrix (Alternativen vs. Bewertungskriterien) bzw. einer Equitymatrix (Alternativen vs. Interessengruppen)
Entwickler:	JRC of EC, Ispra (Italy)
Referenzen:	Munda, G. (1995): Multicriteria Evaluation in a Fuzzy Environment: Theory and Applications in Ecological Economics. Physica-Verlag, Berlin.
Name des Modells:	**QSIM** (**Q**ualitäts**sim**ulation)
Kurzbeschreibung:	Die Prozesse des mikrobiellen Stoffumsatzes von Sauerstoff, Kohlenstoff, Stickstoff, Phosphor und Silizium und die Biomassen der beteiligten Organismengruppen (Bakterien, Algen, Zooplankter, benthische Filtrierer) werden im deterministischen Gewässergütemodell QSim über mathematische Gleichungen berechnet. In der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) wird QSim seit 1979 zur Simulation und Prognose des Stoff- und Sauerstoffhaushalts von Fließgewässern entwickelt und angewendet.
Entwickler:	Bundesanstalt für Gewässerkunde
Referenzen:	Kirchesch, V. & A. Schöl (1999): Das Gewässergütemodell QSim – ein Instrument zur Simulation und Prognose des Stoffhaushalts und der Planktondynamik von Fließgewässern. – Hydrologie & Wasserbewirtschaftung 43 (6), S. 302 – 309.

	Schöl, A., Kirchesch, V., Bergfeld, T. & D. Müller (1999): Model-based analysis of oxygen budget and biological processes in the regulated rivers Moselle and Saar: modelling the influence of benthic filter feeders on phytoplankton. Hydrobiologia 410, S. 167 – 176. Schöl, A., Kirchesch, V., Bergfeld, T., Schöll, F., Borcherding, J. & D. Müller (2002): Modelling the Chlorophyll a content of the River Rhine – interrelation between riverine algal production and population biomass of grazers, rotifers and the zebra mussel, Dreissena polymorpha. Internat. Rev. Hydrobiol. 87 (2-3), S. 295 – 317.
Name des Modells:	**RAUMIS** (Regionales Agrar- und Umweltinformationssystem für Deutschland)
Kurzbeschreibung:	mathematisches nicht-lineares Programmierungsmodell zur geschlossenen, regional differenzierten ex-post Abbildung des deutschen Agrarsektors; Wirkungsanalysen alternativer Agrar- und Umweltpolitiken auf Landwirtschaft, Landnutzung und Agrar-Umwelt-Indikatoren (z.B. Stickstoff, Phosphor, Erosion)
Entwickler:	Institut für Agrarpolitik, Marktforschung und Wirtschaftsoziologie der Universität Bonn
Referenzen:	Henrichsmeyer, W. et al (1996): Entwicklung des gesamtdeutschen Agrarsektormodells RAUMIS96. Endbericht zum Kooperationsprojekt. Forschungsbericht für das BML (94 HS 021), vervielfältigtes Manuskript, Bonn/Braunschweig. Cypris, Ch. (2000): Positive mathematische Programmierung (PMP) im Agrarsektormodell RAUMIS, Schriftenreihe der Forschungsgesellschaft für Agrarpolitik und Agrarsoziologie, Bd.
Name des Modells:	**REMO** (REgional MOdel)
Kurzbeschreibung:	dreidimensionales atmosphärisches hydrostatisches Klimamodell, 0.5° und 0.16° horizontale Auflösung
Entwickler:	Max Planck Institut für Meteorologie
Referenzen:	Jacob, D. (2001): A note to the simulation of the annual and interannual variability of the water budget over the Baltic Sea drainage basin, Meteorol. Atmos. Phys.77, p. 61-73. http://www.mpimet.mpg.de/de/depts/ia/rc/remo_char.php
Name des Modells:	**STAR** (STAtistisches Regionalmodell)
Kurzbeschreibung:	Multivariates statistisches Modell, das unter Verwendung von meteorologischen Beobachtungen und generalisierten Entwicklungstendenzen die wahrscheinlichste zukünftige Klimaentwicklung einer Region abschätzt.
Entwickler:	Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung e.V.
Referenzen:	Werner, P.C. & F.-W. Gerstengarbe (1997): Proposal for the development of climate scenarios. Climate Research, 8, 3, 171-182.

Name des Modells:	**SWIM** (Soil and Water Integrated Model)
Kurzbeschreibung:	Prozessbasiertes Modellsystem zur flächendifferenzierten dynamischen Modellierung der hydrologischen Prozesse, Pflanzenwachstum, Nährstoffflüsse (Stickstoff und Phosphor) und Erosion auf der Einzugsgebiet- und Regionalskala
Entwickler:	Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung e.V.
Referenzen:	Krysanova, V., Müller-Wohlfeil, D.I. & A. Becker (1998): Development and test of a spatially distributed hydrological / water quality model for mesoscale watersheds. Ecological Modelling 106 (1-2), 261-289. Krysanova, V., Wechsung, F., Arnold, J., Srinivasan, R. & J. Williams (2000): PIK Report Nr.69 "SWIM (Soil and Water Integrated Model), User Manual", 239p. http://www.pik-potsdam.de/~valen/swim_manual
Name des Modells:	**VEGMOS**
Kurzbeschreibung:	Das Vegetationsentwicklungsmodell Spreewald leitet flächendifferenziert die potenzielle Vegetation im Spreewald unter zukünftig geänderten Bedingungen des Wasserhaushalts ab. Datenbasis: Biotoptypenkarte, Vegetationsaufnahmen Regelwerk: Vegetationsformenkonzept (Koska et al. 2001), Ökogramme Eingangsdaten: Pegelstände (hier aus dem ArcGRM Spreewald)
Entwickler:	G. Vater, U. Bangert, J. Heimann, Technische Universität Berlin, Institut für Ökologie, FG Ökosystemkunde/Pflanzenökologie, Rothenburgstr. 12, 12165 Berlin ulrich.bangert@tu-berlin.de; http://www.tu-berlin.de/~oekosys
Referenzen:	Bangert, U., G. Vater, J. Heimann & I. Kowarik (2002): Modelling vegetation development as a contribution to long range wetland management in the Spreewald. Verh. Ges. Ökol. 32, 265. Heimann, J., U. Bangert, G. Vater, A. Wolter & I. Kowarik (2002): Auswirkungen des Klimawandels auf den Spreewald. Garten und Landschaft 8, 15-17. Koska, I., M. Succow & U. Clausnitzer (2001): Vegetation als Komponente landschaftsökologischer Naturraumkennzeichnung. In: Succow, M & H. Joosten (Hrsg.) (2001): Landschaftsökologische Moorkunde. 2. Aufl. Schweizerbart, Stuttgart, 622 S. Vater, G., U. Bangert, J. Heimann, & I. Kowarik (2003): Modelling vegetation development on the basis of hydrological and land use data. Verh. Ges. Ökol. 33: 303.

Name des Modells:	**WABI** (**WA**sser**BI**lanzmodell)
Kurzbeschreibung:	WABI berechnet die Flächenwasserbilanz für grundwasserregulierte Niederungsgebiete, Zeitschritt Monat, berücksichtigt Grundwasserflurabstände bei Verdunstungsermittlung und Speicherberechnung, Zuflüsse aus Einzugsgebiet und Steuerung der Grundwasserstände mittel Regulierungsanlagen
Entwickler:	Leibniz-Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung e.V.
Referenzen:	Dietrich, O., R. Dannowski & J. Quast (1996): GIS-based water balance analyses for fen wetlands. - International Conf. on Application of Geografic Information Systems in Hydrology and Water Resources Management, HydroGIS'96. 16-19 April, Vienna, Vol. of Poster Papers: 83-90; Vienna. Anwendungen u. a. für Friedländer Große Wiese und Rhinluch auf Rasterbasis im GIS sowie Rhinluch, Drömling und Spreewald als Wasserbilanzmodell integriert in einem WBalMo (ArcGRM)
Name des Modells:	**WaterGAP** (Water - Global Analysis and Prognosis)
Kurzbeschreibung:	Globales integriertes Modell zur Berechnung von Wasserressourcen (Abfluss, Grundwasserneubildung, Durchfluss) und Wassernutzung (in den Sektoren Haushalt, Bewässerung, Vieh, produzierendes Gewerbe und Wärmekraftwerke), räumliche Auflösung 0.5° x 0.5°, zeitliche Auflösung: Monate (dynamisch), ausgerichtet auf Szenarienerstellung.
Entwickler:	Wissenschaftliches Zentrum für Umweltsystemforschung, Universität Kassel
Referenzen:	Alcamo, J., Döll, P., Henrichs, T., Kaspar, F., Lehner, B., Rösch, T. & S. Siebert (2003): Development and testing of the WaterGAP 2 global model of water use and availability. Hydrological Sciences Journal, 48(3), 317-338. Döll, P., Kaspar, F. & B. Lehner (2003): A global hydrological model for deriving water availability indicators: model tuning and validation. Journal of Hydrology, 270 (1-2), 105-134. Döll, P. & S. Siebert (2002): Global modeling of irrigation water requirements. Water Resources Research, 38(4), 8.1-8.10, DOI 10.1029/2001WR000355. Vassolo, S. & P. Döll (2004): Global-scale gridded estimates of thermoelectric power and manufacturing water use. Water Resources Research. (eingereicht)

Name des Modells:	**WBalMo® (vormals ArcGRM)**
Kurzbeschreibung:	Simulationssystem für die detaillierte Oberflächenwasserbilanzierung von natürlichem Wasserdargebot und Wasserbedarf für die langfristige wasserwirtschaftliche Rahmen- und Bewirtschaftungsplanung in Flussgebieten unter Berücksichtigung der stochastischen Variabilität des Wasserdargebots und variabler sozioökonomischer und wasserwirtschaftlicher Rahmenbedingungen.
Entwickler:	WASY Gesellschaft für wasserwirtschaftliche Planung und Systemforschung mbH
Referenzen:	Schramm, M. (1995): Die Bewirtschaftungsmodelle LBM und GRM und ihre Anwendung auf das Spreegebiet. In: BfG-Mitteilungen (8). S. 7-19. Koblenz 1995. Kaden, S. & M. Redetzky (2000): Simulation von Bewirtschaftungsprozessen. In: BfG-Mitteilungen, Wasserbewirtschaftung an Bundeswasserstraßen - Probleme, Methoden, Lösungen - Kolloquium am 14./15. September 1999. Koblenz, Berlin. Köngeter, J., Demny, G., Kaden, S. & J. Walther (2003): Steuerung der bergbaubelasteten Gewässerbeschaffenheit der Spree in den Bergbaufolgelandschaften der Lausitz. In: Nachhaltige Entwicklung von Folgelandschaften des Braunkohlebergbaus. Tagungsband, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. http://www.wasy.de/deutsch/produkte/arcgrm/index.html
Name des Modells:	**WBalMo Spreewald (ArcGRM Spreewald)**
Kurzbeschreibung:	Wasserbilanzmodell für das Feuchtgebiet Spreewald, Kombination aus einem Langfristbewirtschaftungsmodell WBalMo (ArcGRM) und einem Flächenwasserbilanzmodell (WABI), berücksichtigt bei Wasserbilanzierung Grundwasserflurabstände, Flächennutzung, Bodenarten und Verteilung der Einzugsgebietszuflüsse über das Gewässersystem sowie Steuerung der Grundwasserstände mittel Regulierungsanlagen
Entwickler:	Leibniz-Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung e.V.
Referenzen:	Dietrich, O., Quast, J. & M. Redetzky (2003): ArcGRM Spreewald - ein Modell zur Analyse der Wirkungen des globalen Wandels auf den Wasserhaushalt eines Feuchtgebietes mit Wasserbewirtschaftung. In: Kleeberg, H.-B. (Hrsg.): Klima – Wasser – Flussgebietsmanagement - im Lichte der Flut -. Beiträge zum Tag der Hydrologie am 20./21. März 2003 in Freiburg, Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, Heft 4, S. 215-223.

® vormals ArcGRM, WBalMo und ArcGRM sind eingetragene Warenzeichen der WASY GmbH

PROJEKTSTRUKTUR

GLOWA-ELBE I: 2000-2003
Projektleitung: A. Becker/F. Wechsung (PIK)

Teilprojekt 1 Gesamtelbe

- Vorhaben 1.1: Vernetzung und Management der interdisziplinären Integration (PIK)
- Vorhaben 1.2: Ökohydrologische Modellierung des Wasser- und Stoffkreislaufs (PIK)
- Vorhaben 1.3: Regionalisierung des makroskaligen Angebotsverhaltens landwirtschaftlicher Betriebe (FAA)
- Vorhaben 1.4: Flussgebietsdifferenzierte Modellierung der Nährstoffeinträge (IGB)
- Vorhaben 1.5: Makroskalige Integration: Modellierung von Wasserdargebot und Wassernutzung sowie Bilanzierung des Stickstoffaustrages
- Vorhaben 1.6: Integrierte Wasserbewirtschaftung nach Menge und Güte (PIK)
- Vorhaben 1.7: Landschaft als Fokus zur nachhaltigen Entwicklung (UniK)

Teilprojekt 2 Pilotstudie Spree/Havel

genestete Studien

Obere Spree

- Vorhaben 2.2: Nachhaltige Wasserbewirtschaftung und regionale Entwicklungen unter Berücksichtigung von Wassermenge und -beschaffenheit (BTU)
- Vorhaben 2.4: Bergbaubeeinflusstes Einzugsgebiet-Ökonomische Bewertung und Partizipation (UFZ)
- Vorhaben 2.9: Modellaufbau zur Wassermengen- und –beschaffenheitsbewirtschaftung (WASY)
- Vorhaben 1.7: Landschaftskonferenzen und Bürgerszenarien in der Niederlausitz (UniK)

Spreewald

- Vorhaben 2.3: Wasserhaushalt- und managementstrategien für das Feuchtgebiet Spreewald (ZALF)
- Vorhaben 2.6: Auswirkungen von Klima- und Grundwasserstandsänderungen auf bodenhydraulische Zustandsgrößen (TUB)
- Vorhaben 2.7: Auswirkungen eines verminderten Wasserdargebots und Klimaveränderungen auf die Vegetation im Spreewald (TUB)
- Vorhaben 2.8: Optimierung der Landnutzung im Spreewald bei verändertem Wasserangebot (TUB)

Ballungsraum Berlin/ Untere Havel

- Vorhaben 2.1: Integrierte Wasserbewirtschaftung nach Menge und Güte im Großraum Berlin und Havel unter den Bedingungen des globalen Wandels (BfG)
- Vorhaben 2.5: Modellentwicklung für Stoffeinträge und aquatische Ökosysteme sowie Szenarienbewertung im Berliner Raum (IGB)
- Vorhaben 2.10: Ermittlung des Wasserdargebots im Großraum Berlin (BAH)
- Vorhaben 1.6: Integrierte Wasserbewirtschaftung (PIK)

Teilprojekt 3 Unstrut

- Vorhaben 3.1: Gebietsbezogene ökosystemare Impaktanalyse (PIK)
- Vorhaben 3.2: Erstellung von landwirtschaftlichen Landnutzungsszenarien für die Unstrut und Evaluierung betrieblicher Auswirkungen (TLL)
- Vorhaben 3.3: Wasser- und Stoffhaushaltsmodellierung – Grundwasser (DGFZ)
- Vorhaben 3.5: Ermittlung des Wasserdargebots in der Unstrut (BAH)

Teilprojekt 4 Klima

- Vorhaben 4.1: Entwicklung von regionalen Klimaänderungsszenarien für das Gebiet der Elbe unter Einbeziehung des atmosphärischen Stoffeintrags (FUB)
- Vorhaben 4.2: Entwicklung von Klimaänderungsszenarien für das Gebiet der Elbe und ausgewählte Teilgebiete (PIK)
- Vorhaben 4.3: Regionale Klimasimulation zur Untersuchung der Niederschlagsverhältnisse bei heutigen und zukünftigen Klimaten (MPI)

VERZEICHNIS DER ABKÜRZUNGEN

ArcEGMO	ArcInfo basiertes gegliedertes hydrologisches Modellsystem *(siehe auch Modellverzeichnis)*
ArcGRM	langfristiges Wasserbewirtschaftungsmodell *(siehe auch Modellverzeichnis)*
ArcView	GIS Software
BEWAG	Betreiber der Kraft- und Heizkraftwerke Berlins
BOWAS	Bodenwasserhaushaltsmodell *(siehe auch Modellverzeichnis)*
DSI	dynamischer Zirkulationsindex
DWD	Deutscher Wetterdienst
ECHAM	Name des GCM des MPI für Meteorologie, Hamburg
ECOBAS	Prozessdatenbank
EMMO	Modell für Gewässergütesimulation *(siehe auch Modellverzeichnis)*
GAP	Gemeinsame Agrarmarktpolitik der EU
GCM	Global Climate Model (General Circulation Model)
GIS	Geographisches Informationssystem
IPCC	Intergovermental Panel of Climate Change
LUSim	ArcView gestütztes Softwaresystem
MODAM	Multikriterielles Entscheidungshilfesystem für das Management von Agrarökosystemen
MONERIS	Wasser- und Stoffhaushaltsmodell *(siehe auch Modellverzeichnis)*
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
OPYC	Ozean General Circulation MOdel *(siehe auch Modellverzeichnis)*
QSIM	Modell für Gewässergütesimulation *(siehe auch Modellverzeichnis)*
RAUMIS	Agrarmarktmodell *(siehe auch Modellverzeichnis)*
REMO	regionales Klimamodell *(siehe auch Modellverzeichnis)*
SciLab	Simulationssoftware
STAR	STAtistisches Regionalmodell
SWIM	GIS-basiertes gegliedertes ökohydrologisches Modellsystem *(siehe auch Modellverzeichnis)*
TOC	Total Organic Carbon (gesamter organischer Kohlenstoff)
VEGMOS	Vegetationsentwicklungsmodell *(siehe auch Modellverzeichnis)*
WABI	Wasserhaushaltsmodell *(siehe auch Modellverzeichnis)*
WaterGAP	integriertes globales hydrologisches Modell *(siehe auch Modellverzeichnis)*
WATSIM	partielles Gleichgewichtsmodell *(siehe auch Modellverzeichnis)*
WTO	World Trade Organization

GLOSSAR

Das Glossar beinhaltet Kategorien und Termini des Integrativen Methodischen Ansatzes (IMA). Die einzelnen Projekte haben in unterschiedlichem Ausmaß von diesen Termini Gebrauch gemacht. In den Teilprojekten Gesamtelbe und Unstrut ging es vorrangig, um die Präzisierung von Entwicklungsrahmen. Im Teilprojekt Spree/Havel wurden diese in Entwicklungsszenarien mit alternativen Handlungsstrategien kombiniert und multikriteriell bewertet. Eine umfassende Anwendung des IMA für das gesamte Elbeeinzugsgebiet ist konzipiert, ihre Realisierung muss aber späteren Forschungsprojekten (z.B. GLOWA-Elbe II) vorbehalten werden.

(kursiv gedruckte Begriffe werden im Glossar gesondert definiert)

Bevölkerungsszenario

Szenario des globalen Wandels für den Teilaspekt Bevölkerung im *Entwicklungsrahmen*.

Bewertungskriterium

Explizit zur Bewertung der Wirkungen einer *Handlungsstrategie* genutzter Maßstab; basiert auf einem oder mehreren Indikatoren und beinhaltet (im Gegensatz zum Indikator) eine normative Bewertungskomponente.

Indikator

Zustandsgröße, Variable oder Schätzgröße, die im Konsens mit Stakeholdern zur Messung und Bewertung der Wirkungen von alternativen Handlungsstrategien herangezogen wird.

Entscheidungsträger

Person oder Personengruppe, die über die Prozesse, die den untersuchten *Konfliktbereich* betreffen, Entscheidungsmacht haben.

Entwicklungsrahmen

Zusammenfassung von *Wandelszenarien* externer Triebkräfte (Driving Forces), die innerhalb der Untersuchungsregion von Einzelakteuren nicht beeinflussbar sind (Bevölkerungsentwicklung, Wirtschaftswachstum, technologischer Wandel etc.). Jedem Entwicklungsrahmen liegen spezielle Annahmen zu Grunde, die auf einer besonderen Zukunftsvision beruhen.

Entwicklungsszenario

Kombination eines *Entwicklungsrahmen*s und einer alternativen *Handlungsstrategie*. Es stellt im Rahmen des *IMA* ein *Szenario* umfassendster Art dar, weil alle zu betrachtenden Teilaspekte – externe Triebkräfte des globalen Wandels und alternative Handlungsstrategien – vollständig festgelegt sind.

Equity-Analyse

Analyse der Beurteilungen von Handlungsstrategien eines Konfliktbereichs durch die *Stakeholder*. Dabei werden die Abweichungen zwischen den einzelnen Bewertungen gemessen, wodurch in einem iterativen Prozess Kompromisslösungen aufgezeigt werden können.

Flussgebietsmanagement (auch: *Wassermanagement*)

Gesamtheit der Maßnahmen, die dazu dienen, die Gewässer so zu bewirtschaften, dass sie dem Wohl der Allgemeinheit und im Einklang mit ihm auch dem Nutzen einzelner dienen, vermeidbare Beeinträchtigungen ihrer ökologischen Funktionen und der direkt von ihnen abhängenden Landökosysteme und Feuchtgebiete im Hinblick auf den Wasserhaushalt unterbleiben und damit insgesamt eine nachhaltige Entwicklung gewährleistet wird (sinngemäß aus Novelle des Wasserhaushaltsgesetzes vom 25.06.2002). Aus dieser Gesamtaufgabe, die auch das Grundwassermanagement einschließt, werden für GLOWA-Elbe II die Kon-

fliktbereiche Oberflächenwasserverfügbarkeit, Oberflächengewässergüte und Hochwasserrisiko fokussiert.

Gewichtung von Kriterien (auch Kriteriengewichtung)

Zuordnung von Präferenzen in Bezug auf die vorliegenden Bewertungskriterien. Es kann mit einer Kriteriengewichtung (eines Entscheidungsträgers oder einer Stakeholder-Konsens-Gewichtung) gearbeitet werden oder auch alternativ mit vielen Einzelgewichtungen der verschiedenen Stakeholder.

Globaler Wandel

Veränderungen der Umwelt, die den Charakter des Systems Erde zum Teil irreversibel modifizieren und deshalb direkt oder indirekt die natürlichen Lebensgrundlagen für einen Großteil der Menschheit spürbar beeinflussen. Dabei wird unter dem Begriff *Umwelt* die Gesamtheit aller Prozesse und Räume verstanden, in denen sich die Wechselwirkungen zwischen Natur und Zivilisation abspielt. Die globalen Veränderungen der Umwelt sind sowohl natürlich bedingt als auch anthropogen. (WBGU 1993) Im GLOWA-Elbe-Projekt wird als Unterkategorien des globalen Wandels auch von gesellschaftlichem Wandel und Klimawandel gesprochen.

Handlungsfelder

Öffentliche Politikbereiche oder private Bereiche, in denen entscheidungsrelevante Optionen für Managementaktivitäten existieren (*Handlungsoptionen*), die durch einzelne Entscheidungsträger durchgesetzt werden können.

Handlungsoption

Einzelne Option oder Maßnahme in einem Politikbereich oder privaten Bereich (*Handlungsfeld*), die zur Behebung oder Minderung eines Konflikts in der Untersuchungsregion beitragen kann oder könnte.

Handlungsstrategie

Kombination von *Handlungsoptionen* eines oder verschiedener *Handlungsfeld*er zur Lösung eines Konfliktes in der Untersuchungsregion.

Hochwasserrisiko

Der Begriff wird vereinfachend wie folgt verstanden (vgl. Hollenstein 1997, Schanze 2003):

Hochwasserrisiko = Hochwasserereignis * Schadenspotenzial

<u>wobei</u>:

Hochwasserereignis: (Überflutungsfläche * -höhe * -dauer) / Wiederkehrwahrscheinlichkeit

Schadenspotenzial: A. (Gebäudewert + Wertschöpfung) * Schadensfunktion[1] *oder*

B. Schaden je Überflutungshöhe (GLOWA-Elbe II)

Das Schadenspotenzial wird in Schadenskosten angegeben, welche aus Schadensbild und Kosten für dessen Behebung ermittelt werden.

IMA – Integrativer Methodischer Ansatz für GLOWA-Elbe

Wissenschaftliches Konzept mit einer speziellen Bewertungsphilosophie zur Analyse und Bewertung von Szenarien unter den Unsicherheiten des globalen Wandels. Es liefert im Rahmen von GLOWA-Elbe einheitliche methodische Kategorien und gibt mit speziellen Forschungsschritten und –phasen eine allgemeingültige Vorgehensweise zum Erreichen der Projektziele vor.

[1] Ansatz ProAqua

Ist-Zustand (auch *Status quo*)

Ausgangszustand zu Beginn der Simulationsperiode eines *Entwicklungsszenario*s oder eines Wandelszenarios.

Klimaszenario (auch: Klimawandelszenario)

Wandelszenario für den Teilaspekt Klima des *Entwicklungsrahmens.*

Klima-Referenzszenario

Wandelszenario für den Teilaspekt Klima des Entwicklungsrahmens, bei dem von einer Beibehaltung des gegenwärtigen Klimas ausgegangen wird.

Konfliktanalyse

Analyse der gegenwärtigen und zukünftigen konfligierenden Akteursinteressen im Untersuchungsraum.

Kosten-Wirksamkeitsanalyse

Volkswirtschaftliches monokriterielles Bewertungsverfahren für Handlungsstrategien, in dem die privaten und sozialen Kosten zur Erreichung eines vorgegebenen Zielzustandes als Bewertungsmaßstab verwendet werden.

Kriterium siehe Bewertungskriterium

Konfliktbereich

Problemlage oder Konfliktkonstellation innerhalb des Untersuchungsraumes, für die Lösungen gefunden werden soll. In GLOWA Elbe werden drei Konfliktbereiche analysiert: Oberflächenwasserverfügbarkeit, Oberflächenwassergüte, Hochwasserrisiko.

Monokriterielle Bewertung von Handlungsstrategien

Bewertung von *Handlungsstrategien* unter Verwendung eines Bewertungskriteriums unter Einsatzes eines speziellen Bewertungsansatzes (Beispiel für GLOWA Elbe: *Nutzen-Kosten-Analyse*, *Kostenwirksamkeitsanalyse*, ökologische Bewertung von Wasserstandsänderungen etc.)

Multi-Indikatoren-Matrix

Matrix mit den a*lternativen Handlungsstrategien* eines Konfliktbereichs und den Datenwerten für die Indikatoren als Zeilen und Spalten; Input für die *multikriterielle Bewertung* von *Handlungsstrategien.*

Multi-Kriterien-Matrix

Matrix mit den *Alternativen Handlungsstrategien* eines Konfliktbereichs und den *Bewertungskriterien* als Zeilen und Spalten; Input für die *multikriterielle Bewertung* von *Handlungsstrategien.*

Multikriterielle Bewertung von Handlungsstrategien
(auch: multikriterielle Entscheidungsanalyse)

Bewertung von Handlungsstrategien unter Verwendung verschiedener zuvor unter Stakeholderbeteiligung definierter Bewertungskriterien mittels des Einsatzes von multikriteriellen Bewertungsverfahren und –algorithmen (Beispiel für GLOWA Elbe: PROMETHEE-Verfahren, NAIADE-Verfahren).

Nachhaltige Entwicklung

Eine Entwicklung, die den Bedürfnissen der heutigen Generation entspricht, ohne die Möglichkeiten zukünftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen und ihren Lebensstil zu wählen (Brundtland-Kommission 1987).

Nutzen-Kosten-Analyse

Monokriterielles Bewertungsverfahren, in dem die Wohlfahrtswirkungen einer Handlungsstrategie in Form der aggregierten Nutzen und Kosten der betroffenen Akteure ermittelt werden und die aggregierte Nutzen-Kosten-Differenz oder –Relation als Bewertungsmaßstab verwendet wird.

Ranking der Entwicklungsszenarien

Ergebnis einer multikriteriellen Entscheidungsanalyse, das die analysierten Entwicklungsszenarien auf Basis der Gewichtung der Bewertungskriterien in einer Reihenfolge von günstigen bis zu ungünstigen Szenarien auflistet.

Referenz-Handlungsstrategie (auch: Referenzstrategie)

Handlungsstrategie, die die gegenwärtige Politikausrichtung inklusive aller gegenwärtig durchgeführten Handlungsoptionen in dem untersuchten Konfliktbereich charakterisiert. Alle anderen Handlungsstrategien werden im Vergleich zu dieser Referenz, die ein business as usual darstellt, analysiert und bewertet.

Referenzszenario

Ein Bündel von Wandelszenarien, das als Referenz für die Analyse verschiedener Entwicklungsrahmen verwendet wird. Es beinhaltet eine wahrscheinliche oder als wahrscheinlich wahrgenommene gesellschaftliche Entwicklung ohne Klimawandel.

Stakeholder

Betroffene Personen und/oder Interessengruppen in einem Konflikt inklusive der Behörden und Entscheidungsträger, die Entscheidungsbefugnis zum Umgang mit dem Konflikt besitzen.

Stakeholderanalyse

Analyse der Stakeholderkonstellation zur Ermittlung der Interessenkonflikte zwischen Stakeholdern und zur Ermittlung der Entscheidungsstruktur im untersuchten Konfliktbereich.

Status quo (auch: *Ist-Zustand)*

Ausgangszustand zu Beginn der Simulationsperiode eines *Entwicklungsszenario*s oder eines *Wandelszenarios*.

Status-quo-Analyse

Analyse und modellgestützte Abbildung des Zustandes ausgewählter Parameter in der Gegenwart mit dem Ziel, die Genauigkeit eines Modells zu testen. Referenzzeitraum ist ein Basisjahr oder eine Basisperiode.

Szenario des globalen Wandels: siehe *Wandelszenario*

Technologieszenario

Wandelszenario für den Teilaspekt 'Technologieentwicklung' im Kontext des Entwicklungsrahmens.

Trade-Off-Analyse

Analyse im Rahmen einer multikriteriellen Entscheidungsanalyse zur Ermittlung der Spielräume in den *Kriteriengewichtungen*, bei denen eine Veränderung des Ergebnisses noch nicht eintritt. Das Ergebnis gibt Hinweise auf Kompromiss- Handlungsstrategien zwischen Stakeholdern.

Trend

Lineare oder nicht-lineare Beschreibung einer zukünftigen Entwicklung zwischen *Ist-Zustand* und Zustand zu einem Zeitpunkt in der Zukunft.

Verhaltensszenario

Wandelszenario für den Teilaspekt 'Verhalten/Verhaltensentwicklung' im Kontext des Entwicklungsrahmens.

Versiegelungsszenario

Wandelszenario für den Teilaspekt 'Versiegelung von Böden' im Kontext des Entwicklungsrahmens.

Wassermanagement (auch: *Flussgebietsmanagement*)

Gesamtheit der Maßnahmen, die dazu dienen, die Gewässer so zu bewirtschaften, dass sie dem Wohl der Allgemeinheit und im Einklang mit ihm auch dem Nutzen einzelner dienen, vermeidbare Beeinträchtigungen ihrer ökologischen Funktionen und der direkt von ihnen abhängenden Landökosysteme und Feuchtgebiete im Hinblick auf den Wasserhaushalt unterbleiben und damit insgesamt eine nachhaltige Entwicklung gewährleistet wird (sinngemäß aus Novelle des Wasserhaushaltsgesetzes vom 25.06.2002). Aus dieser Gesamtaufgabe, die auch das Grundwassermanagement einschließt, werden für GLOWA-Elbe II die Konfliktbereiche Oberflächenwasserverfügbarkeit, Oberflächengewässergüte und Hochwasserrisiko fokussiert.

Wandelszenario (synonym mit *Szenario des globalen Wandels*)

Quantifizierter Entwicklungspfad einer externen Triebkraft des globalen Wandels (driving force) über einen vorgegebenen Zeitraum. Die betroffene externe Triebkraft zeichnet sich dadurch aus, dass sie durch Aktivitäten von Einzelakteuren in der Untersuchungsregion nicht beeinflusst werden kann (Bevölkerungsentwicklung, Wirtschaftswachstum, technologischer Wandel etc.).

Unterbegriffe:

gesellschaftliches Wandelszenario: Wandelszenario mit einer gesellschaftlichen Triebkraft wie z.B. Nachfrageentwicklung auf Märkten, Technikentwicklung etc.

***Klimawandelszenario*:** Wandelszenario mit Bezug auf die Klimaentwicklung

Wirkungsanalysen

Wissenschaftliche Analysen zur Ermittlung der Wirkungen von Wandel- oder Entwicklungsszenarien.

Zukunfts-Unsicherheitsanalyse

Analyse von Entwicklungsszenarien mit gleichen Handlungsstrategien, aber verschiedenen Entwicklungsrahmen. Die Ergebnisse geben Auskunft darüber, welches Risiko mit der Umsetzung einzelner Handlungsstrategien verbunden ist.

MITARBEITER UND INSTITUTIONEN DES VERBUNDVORHABENS

INSTITUTION	MITARBEITER
Brandenburgische Technische Universität (BTU) Fak. Umweltwissenschaften und Verfahrenstechnik, Lehrstuhl für Hydrologie und Wasserwirtschaft PF 101344, 03013 Cottbus	Prof. Dr. Uwe Grünewald, Dr. Michael Kaltofen, Hagen Koch
Technische Universität Berlin (TUB) Institut für Landschafts- und Umweltplanung, FG Vergleichende Landschaftsökonomie Franklinstr. 29, 10587 Berlin	Prof. Dr. Volkmar Hartje, Malte Grossmann
Institut für Ökologie, FG Ökosystemkunde/Pflanzenökologie Rothenburgstr. 12, 12165 Berlin	Prof. Dr. Ingo Kowarik, Dr. Jutta Heimann, Gero Vater, Dr. Ulrich Bangert, Heiner Stoffregen
Institut für Ökologie, FG Standortkunde/Bodenschutz Salzufer 11-12, 10587 Berlin	Prof. Dr. Gerd Wessolek, Dr. Kai Schwärzel, Marco Lorenz
Freie Universität Berlin (FUB) Institut für Meteorologie, Carl-Heinrich-Becker-Weg 6-10, 12165 Berlin	Dr. Eberhard Reimer, Dr. Wolfgang Enke, Dr. Peter Nevir, Dr. Dirk Koslowsky, Ines Langer, Andrea Östreich
Universität Kassel (UniKS) FB Stadt- und Landschaftsplanung Mönchebergstr. 17, 34125 Kassel	Prof. Dr. Detlev Ipsen, Uli Reichhardt, Holger Weichler, Steffi Schuster, Astrid Wehrle
Wissenschaftliches Zentrum für Umweltsystemforschung Kurt-Wolters-Str. 3, 34109 Kassel	Prof. Dr. Petra Döll, Dr. Sara Vassolo
Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung e.V. (PIK) Telegrafenberg A31, 14473 Potsdam	PD Dr. Alfred Becker, Dr. Frank Wechsung, Peggy Gräfe, Dr. Valentina Krysanova, Fred Hattermann, Dr. Volker Wenzel, Dr. Friedrich-W. Gerstengarbe, Dr. Peter C. Werner, Martin Wodinski, Dr. Beate Klöcking, Dr. Maarten Krol, Ylva Hauf, Reinhard Weng
Max-Planck-Institut für Meteorologie (MPI) Bundesstr. 55, 20146 Hamburg	Dr. Daniela Jacob, Dr. Katharina Bülow
Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) Schnellerstr. 140, 12439 Berlin	Dr. Reinhard Oppermann, Claudia Rachimow, Dr. Walter Finke, Jens Schaper, Dr. Regina Eidner, Dr. Tanja Bergfeld
Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH (UFZ) Sektion Ökonomie, Soziologie und Recht, Permoserstr. 15, 04318 Leipzig	Prof. Dr. Bernd Hansjürgens, Dr. Frank Messner, Matthias Karkuschke, Oliver Zwirner
Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungs-forschung (ZALF) e.V., Institut für Landschaftswasserhaushalt Eberswalderstr. 84, 15374 Müncheberg	Prof. Dr. Joachim Quast, Dr. Ottfried Dietrich
Forschungsgesellschaft für Agrarpolitik und Agrarsoziologie e.V. (FAA) c/o ZADI, Villichgasse 17, 53177 Bonn	Prof. Dr. W. Henrichsmeyer, Dr. Horst Gömann, Peter Kreins, Christian Julius
Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB) Müggelseedamm 310, 12587 Berlin	Dr. Horst Behrendt, Dr. Rainer Brüggemann, Torsten Strube
Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL) Naumburger Str. 98, 07743 Jena	Prof. Dr. G. Breitschuh, Dr. Steffi Knoblauch, Uta Maier
Dresdener Grundwasserforschungszentrum e.V. (DGFZ) Meraner Str. 10, 01217 Dresden	Prof. Dr. L. Luckner, Dr. Thomas Sommer
Gesellschaft für wasserwirtschaftliche Planung und Systemforschung mbH (WASY) Waltersdorfer Str. 105, 12526 Berlin	Dr. Stefan Kaden, Dr. Michael Schramm
Büro für Angewandte Hydrologie (BAH) Wollankstr. 117, 13187 Berlin	Dr. Bernd Pfützner

DANKSAGUNG

Wir bedanken uns bei allen Mitwirkenden und Beteiligten, die zum Gelingen des GLOWA-Elbe I Verbundvorhabens beigetragen haben.

Dr. Alfred Becker
- Projektleiter 2000-2002-

Dr. Frank Wechsung
- Projektleiter 2002-2003-