

ÜBERSICHT

zu wichtigen Forschungsleistungen und zur Methodenentwicklung in GLOWA-Elbe

Projektleiter: F.Wechsung, Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung e.V.

Die Forschungsarbeiten in GLOWA Elbe folgen sowohl methoden- (anwendungsorientierten) als auch handlungsorientierten Zielen, wobei die Methodenentwicklung eine wesentliche Vorleistung für die handlungsorientierten Untersuchungen und weitergehenden Arbeiten darstellt.

Zu den methodischen Vorleistungen und Produkten zählen:

- die Erstellung von konsistenten Datenbasen,
- die Ausweitung des ursprünglichen Einsatzgebietes vieler Modelle und die in diesem Zusammenhang erbrachten Validitätsnachweise,
- die abgestimmte Kombination unterschiedlicher Modelle zur Untersuchung komplexer Fragestellungen sowie
- die generelle Vorgehensweise bei der Ermittlung von Ausmaß und Richtung des globalen Wandels, seinen Wirkungen und geeigneten Anpassungsstrategien.

Die methodischen Arbeiten lassen sich in vier Schwerpunkte gliedern:

1. Gesamtelbische Modellierung
2. Großräumige Wasserbewirtschaftungsmodellierung mit integrierter sozio-ökonomischer Bewertung im Spree/Havel Gebiet
3. Analysen, Modellanpassungen zu spezifischen Fragestellungen in Teilregionen
4. Integrierte Strategien zur nachhaltigen Bewältigung von Wassernutzungskonflikten

1. Gesamtelbische Modellierung

Klima

Es wurde ein konsistenter Klimadatensatz für den deutschen Teil des Elbe-Einzugsgebietes erstellt. Er umfasst Tageswerte der wichtigsten Klimavariablen für 369 Stationen und liegt stationsweise sowie als interpolierter Datensatz vor. In analoger Auflösung wurde mit dem Modellsystem STAR ein Klimaszenario zur transienten Klimaänderung für den Zeitraum 2001-2055 erstellt (http://www.glowa-elbe.de/status_praes/gersteng/gesamt.html). Das STAR-Klimaszenario umfasst 100 statistische Möglichkeiten. Es realisiert einen vorgegebenen Temperaturanstieg von im Mittel +1.4°C. Die Niederschlagsentwicklung ist modellbestimmt und variiert zwischen den Realisierungen.

Zur Überprüfung der Güte des regionalen Klimamodells REMO wurden die beobachteten täglichen Niederschlagsmengen des deutschen Teils des Elbe-Einzugsgebietes mit den berechneten Werten verglichen (http://www.glowa-elbe.de/status_praes/mpi/gesamt.html). Angesichts der anforderungsgerechten Übereinstimmung wurde dann für das SRES-B2-Emissionsszenario mit REMO ein Klimadatensatz für Mitteleuropa generiert. Er liegt in einer zeitlich-räumlichen Auflösung von 6 Stunden und ca. 16 km vor. Simuliert wurden die Perioden 1990-99 (Referenz) und 2020-50 (Szenario).

Für den Zeitraum 1979 bis 1999 wurden Analysereihen von Großwetterlagen mit speziellem Bezug zu Bodentemperaturen und Niederschlägen bestimmt. Für die 1990-er Dekade ist ein neuer Zirkulationsindex erstellt und aus NOAA- und Meteosat-Satellitendaten sind tägliche Kataster des Bedeckungsgrades und der Wolkenart flächendeckend analysiert worden. Auf

der Basis von Klimarechnungen mit den Modellen ECHAM und REMO für das SRES-B2-Emissionsszenario wurden unter Zugrundelegung einer Großwetterlagenklassifikation und von Klimadatenreihen lokale Neurofuzzy-Modelle entwickelt und damit Klimareihen für den Zeitraum 2003 bis 2052 generiert. Durch Variation der Parameter innerhalb des statistischen Unsicherheitsbereiches wurden analog zum STAR Szenario 100 Realisierungen dieser Klimareihen erzeugt. Die Plausibilität der Klimareihen wird gegenwärtig überprüft (http://www.glowa-elbe.de/status_praes/fub/gesamt.html).

Für die Simulation zeitlich und räumlich hochaufgelöste Klima-Felder wurde das Lokalmmodell des DWD eingerichtet.

Wasserverfügbarkeit

Mit dem Modellsystem WaterGAP wurde die Entwicklung der Wasserverfügbarkeit für die Gesamtelbe unter Berücksichtigung mehrerer Klimaszenarien simuliert. Es wurden Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung und zur Entwicklung des Wasserbedarfs für die Primärenergieerzeugung erstellt und in die Berechnungen einbezogen (http://www.glowa-elbe.de/status_praes/doell/gesamt.html).

Wasserhaushalt und ökosystemare Wechselwirkungen

Das ökohydrologische Modellsystem SWIM wurde in Teilgebieten und im Gesamtgebiet an Pegeldaten des Abflusses, Karten zum Grundwasserflurabstand und regionalen Ertragsstatistiken validiert. Es wurde für die flächendifferenzierte Simulation der Auswirkungen von Klima- und Landnutzungsänderungen auf Evapotranspiration, Abfluss und Grundwasserneubildung sowie Erträge wichtiger landwirtschaftlicher Kulturpflanzen genutzt (http://www.glowa-elbe.de/status_praes/valen/gesamt.html).

Flussgebietsbezogener Nährstoffhaushalt und Wasserqualität

Mit dem Modellsystem MONERIS wurden die Auswirkungen von Klimaszenarien auf die Stickstoff- und Phosphorfracht der Gesamtelbe bestimmt. Es wurde eine Datenbasis mit flächendeckenden Informationen zur Landnutzung und Landnutzungsintensität neu aufgebaut (http://www.glowa-elbe.de/status_praes/behrendt/gesamt.html).

Landwirtschaft

Mit dem Modellsystem RAUMIS wurde auf der Grundlage der derzeitigen agrarpolitischen Rahmenbedingungen (Agenda 2000) eine Projektion für die Entwicklung der Landwirtschaft und Landnutzung (Referenzsituation) bis 2010 und 2020 erstellt. Im Vergleich zur Referenzsituation wurden Szenarioanalysen zunächst zu den Folgen einer weitgehenden Liberalisierung des EU-Agrarmarktes für die landwirtschaftliche Flächennutzung und die betrieblichen Anbaustrukturen ohne Klimawandel durchgeführt. Außerdem wurden agrarumweltpolitische Maßnahmen wie die Einführung einer Steuer auf mineralischen Stickstoff sowie die Limitierung von Viehbesatzdichten hinsichtlich ihres Potenzials untersucht, landwirtschaftliche Stickstoffüberschüsse zu reduzieren (http://www.glowa-elbe.de/status_praes/goem/gesamt.html). Gegenwärtig wird analysiert, welche Folgen die mit SWIM ermittelten klimabedingten Ertragsveränderungen auf die ermittelte landwirtschaftliche Flächennutzung hätten. Mit dem Modellsystem MONERIS wird weiterhin geprüft, welche Folgen sich aus den Änderungen bei der Landnutzung und den Nährstoffüberschüssen in Kombination mit unterschiedlichen Szenarien zum Klimawandel für die Nährstofffrachten ergeben.

2. Großräumige Wasserbewirtschaftungsmodellierung mit integrierter sozioökonomischer Bewertung im Spree/Havel Gebiet

Für die Einzugsgebiete der Spree und Schwarzen Elster stand ein im Auftrag der Bundesländer Sachsen, Sachsen-Anhalt, Brandenburg und Berlin sowie des Trägers des Sanierungsbergbaus (LMBV) entwickeltes und genutztes Langfristwasserbewirtschaftungsmodell "ArcGRM Spree/Schwarze Elster" zur Verfügung. Wegen seiner Eignung als Integrationsinstrument wurde dieses Modell und partiell auch die zugrundeliegende Software (http://www.glowa-elbe.de/status_praes/wasy/gesamt.html) in GLOWA-Elbe weiterentwickelt. Im Ergebnis entstand das ArcGRM GLOWA für den um 20 Jahre erweiterten Szenariozeitraum 2003-2052, mit dem wichtige Innovationen in der flussgebietsbezogenen Forschung zum globalen Wandel und seinen Auswirkungen erreicht wurden. Erstmals wurden stochastische Modelleingangsgroßen des ArcGRM auf der Grundlage einer Vielzahl von Realisierungen (in diesem Fall 100) eines Klimaszenarios (STAR) ermittelt. Die raum-zeitlich differenzierten Wasserzuflüsse aus den Teilgebieten je Szenariorealisation wurden mit den N/A-Modellen ARCEGMO und EGMOD berechnet. Die Klimafolgen je Bilanzpunkt und Realisierung im Spree/Havel Gebiet wurden zu statistischen Verteilungsfunktionen zusammengefasst. Damit wurde der Vielfalt und Variationsbreite möglicher Klimaänderungen umfassender als bisher international üblich Rechnung getragen.

Die Modellgrößen zur Entwicklung der Wasserbewirtschaftung wurden sozioökonomisch fundiert und ausgehend von den vorgegebenen globalen Entwicklungsrahmen abgeleitet. Der künftige Wasserbedarf der Energiewirtschaft und die zu erwartende Wassereinleitung des Braunkohlebergbaus, wurden modellgestützt unter Nutzung der IKARUS-Datenbank ermittelt. Mit speziell entwickelten, sektorspezifischen ökonomischen Transferfunktionen wurden wasserwirtschaftliche Modellergebnisse in Nutzen und Kosten der betroffenen ökonomischen Sektoren übersetzt. Somit können je Bilanzpunkt des Gebietes zusätzlich zu den wasserwirtschaftlichen auch die sozioökonomischen Bewertungen der Klimafolgen für alle Szenariorealisationen ermittelt und zu statistischen Verteilungsfunktionen zusammengefasst werden.

Die durch ArcGRM GLOWA Simulationen bereitgestellten Änderungen der Abfluss Wahrscheinlichkeiten bis 2052 und die daraus abgeleiteten sozioökonomischen Wirkungen auf Nutzen, Kosten und Beschäftigung bildeten eine wichtige Grundlage für die multikritielle Bewertung von Handlungsalternativen.

3. Analysen, Modellanpassungen zu spezifischen Fragestellungen in Teilregionen

Landschaftskonferenzen

Es wurde eine Methodik zur Erfassung von Erwartungen („Visionen“) der Bürger über die zukünftige Entwicklung „ihrer“ Region/Landschaft entwickelt, deren Hauptbestandteile neben den forschungsanalytischen Arbeiten Interviews, Workshops und Landschaftskonferenzen mit betroffenen Bürgern sind. Als allgemeine Zielorientierung wurde die „nachhaltige Entwicklung der Landschaft“ vorgegeben, die im Bewusstsein der Menschen eine besondere Rolle spielt. Ausgehend von einer großräumigen Typologie wurden die Untersuchungen auf den 'Niederlausitzer Boden' (altindustrieller Landschaftstyp) und die Region Spandau ('urbaner Raum') konzentriert. In einer repräsentativen Umfrage zum Landschaftsbewusstsein in der Niederlausitz und in Berlin-Spandau wurden jeweils ca. 400 Bürger befragt. Die Workshops und Landschaftskonferenzen wurden von 20-40 Teilnehmern besucht. Die Zusammensetzung der Teilnehmer reichte von Bürgerinitiativen, Mitgliedern von Naturschutz- und Sportvereinen, Stadt- und Gemeindeverwaltungen, interessierten leitenden Angestellten in Firmen und

Institutionen bis hin zu politisch, kulturell oder sozial engagierten Menschen (http://www.glowa-elbe.de/status_praes/ipsen/gesamt.html).

Obere Spree

Unter Beteiligung von Stakeholdern und Betroffenen wurden die für die Wasserverfügbarkeit relevanten Entwicklungsrahmen und Handlungsfelder identifiziert sowie 20 Handlungsalternativen formuliert. Die Handlungsalternativen wurden unter Verwendung der (wasserwirtschaftlichen und sozioökonomischen) Ergebnisse von ArcGRM GLOWA im Rahmen von multikriteriellen Analysen bewertet.

Aufgrund der maßgeblichen Einbeziehung der Entscheidungsträger in den Forschungsprozess kann davon ausgegangen werden, dass die Ergebnisse der Szenariorechnungen die Gestaltung der zukünftigen Wasserbewirtschaftung in der Spree/Havel wesentlich beeinflussen werden (http://www.glowa-elbe.de/status_praes/kalt/gesamt.html).

Spreewald

Für das Feuchtgebiet Spreewald wurde auf Basis des Modellsystems ArcGRM und des Wasserbilanzmodells WABI ein Wasserbewirtschaftungsmodell ArcGRM Spreewald aufgebaut und anhand des Gebietsabflusses validiert (http://www.glowa-elbe.de/status_praes/dietrich/gesamt.html). Um die Heterogenität und Komplexität des Spreewaldes abbilden zu können, wurden die genannten Basismodelle und damit auch ihr zukünftiger Anwendungsbereich beträchtlich erweitert. Das Modell ArcGRM Spreewald wurde zunächst für die Untersuchung der Auswirkungen des Globalen Wandels auf die Wasserhaushaltskomponenten Verdunstung, Zusatzwasserbedarf, Zusatzwasserdefizit und Gesamtabfluss des Niederungsgebietes sowie die Grundwasserstände von Teilflächen im Spreewald genutzt. Die Einbindung des genesteten Detailmodells Spreewald in das ArcGRM GLOWA hat zu einer Vielzahl von Prinzipiellösungen für die Nestung detaillierterer Teilmodelle geführt, auf die beim geplanten Ausbau des ArcGRM GLOWA zu einem großräumigen ArcGRM GLOWA-Elbe zurückgegriffen werden kann.

Die im ArcGRM Spreewald berechneten Grundwasserstände wurden durch das Vegetationsentwicklungsmodell VEGMOS als Eingangsinformationen genutzt (http://www.glowa-elbe.de/status_praes/wessol/gesamt.html). Für VEGMOS wurden nach Ermittlung der hydroökologischen Amplituden der Biotop- und korrespondierenden Vegetationstypenentwicklung des Spreewaldes sowohl die Gefährdung als auch die potentielle Entwicklung der Vegetation bei sich ändernden Wasserhaushaltsbedingungen quantifiziert und verortet.

Als Grundlage für eine monetäre Bewertung des Spreewald Erholungswertes wurde eine Befragung von 720 Urlaubern, die an Kahnfahrten im Spreewald teilgenommen haben, durchgeführt. Unter Einsatz von Count-Data Modellen werden die Ergebnisse zur Quantifizierung der Auswirkungen von veränderter Schiffbarkeit der Spreewaldflüsse auf den Erholungswert des Spreewaldes genutzt.

Berlin

Im urban geprägten Ballungsraum Berlin mit seinem Umland im Einzugsgebiet der unteren Spree und unteren Havel, wurden mit dem Berlinbaustein im Rahmen des ArcGRM GLOWA genestete Detailuntersuchungen zur Veränderung von Wasserverfügbarkeit (besonders in den Sommermonaten) und zur Erreichbarkeit der Gewässergüteklasse II durchgeführt und die Auswirkungen von Klimaänderungen und Bewirtschaftungsalternativen simuliert (http://www.glowa-elbe.de/status_praes/opperm/gesamt.html). Dabei wurde für die Eigendarbotts- und Zuflusssimulation aus neun nördlichen Gebieten das Modell ArcEGMO verwen-

det und neben den geänderten Klimabedingungen auch die Bevölkerungsentwicklung und die damit verbundenen Veränderungen in der Bebauung und der Regenentwässerung berücksichtigt. Geographische Ver- oder Entsiegelungstrends wurden durch das neu entwickelte Modell LUSIM bereitgestellt.

Für Untersuchungen über die Auswirkungen veränderter Klärleistungen auf die Wassergüte in Fließstrecken (Prognose des Sauerstoff- und Nährstoffhaushalts sowie der planktischen Biozönose) wurde das im Rahmen des Projektes weiterentwickelte Fließgewässergütemodell QSIM eingesetzt. Die Gütereaktion von Flachseen (Schichtungshäufigkeit) auf eine Temperaturerhöhung wurde mit dem ökologischen Seenmodell EMMO, welches ebenfalls weiterentwickelt wurde, simuliert.

Unstrut

Die durchgeführten ökosystemaren Impaktanalysen zu den Auswirkungen von Entwicklungsszenarien auf den Wasser- und Nährstoffhaushalt in diesem Gebiet erfolgten in genesteter Form für die Einzugsgebiete der Unstrutpegel Oldisleben (4.175 km², Raum 1) und Nängelstedt (716 km², Raum 2). Ein Schwerpunkt der detaillierten Untersuchungen im Raum 2 ist die Retentionskapazität der Flussauen und ihre Wirkung auf die Wasser- und Nährstoffflüsse. Dazu erfolgte der Aufbau eines gekoppelten Grundwasser-Niederschlag-Abflussmodells, das durch Kopplung des GW-Modells MODFLOW mit dem Modell ArcEGMO realisiert und ein umfassendes Messprogramm begleitet wird.

Zur Modellvalidierung dienen u.a. im Raum 2 die seit 1997 laufenden Lysimeterexperimente auf Auenböden in Verbindung mit Untersuchungen zur Grundwasserdynamik und –beschaffenheit Tracerversuchen und Isotopenanalysen an Sicker- und Grundwässern und Bodeneluat.

Für die Kreise Eichsfeld, Sömmerda mit Erfurt, Nordhausen, Unstrut-Hainich und den Kyffhäuserkreis wurde über einen Klassifizierungs- und Wichtungsmodus eine Auswahl typischer landwirtschaftlicher Betriebe vorgenommen. Die betrieblichen Folgen der Liberalisierung des EU Agrarmarktes und einer regionalisierten/ ökologisierten Landwirtschaft wurden in Abstimmung mit den gesamtelbischen Analysen von RAUMIS mit einem betriebswirtschaftlichen Planungsprogramm untersucht.

4. Integrierte Strategien zur nachhaltigen Bewältigung von Wassernutzungskonflikten

Als methodische Plattform für die handlungsorientierten Forschungen in GLOWA Elbe wurde der Integrierte Methodische Ansatz (IMA) weiterentwickelt (http://www.glowa-elbe.de/status_praes/wechs/gesamt.html). Er umfasst Kategorien für die Beschreibung von Wassernutzungskonflikten unter den Bedingungen des Globalen Wandels und logische Ablaufschemata, die zur Identifikation von Vorzugsvarianten für die Konfliktlösung führen.

Der IMA wurde sowohl in den gesamtelbisch ausgerichteten Teilprojekten als auch in Spree/Havel und Unstrut genutzt, um einen konsistenten Szenarienbezug herzustellen. Dafür wurden für den Gesamtelberaum einheitliche Rahmenbedingungen für den globalen Wandel modelliert und abgeschätzt, die als „externe Triebkräfte“ in Form sogenannter Entwicklungsrahmen festgehalten und einheitlich in alle Impaktanalysen und Anwendungsrechnungen eingegeben werden. Mit ihnen werden auch die Szenarioanalysen im Spree/Havel Gebiet mit verschiedenen Handlungsalternativen durchgeführt und die Konsequenzen für regionale und sektorale Wassernutzer untersucht und bewertet. Eine Schlüsselrolle spielen dabei Bewirtschaftungsalternativen von Speichern, Stauen und Gerinnen, deren Auswirkungen auf Wasserbereitstellung für unterschiedliche Sektoren und Ökosysteme entlang der Spree mit dem

Modellsystem ArcGRM GLOWA untersucht werden können. Die integrierte Betrachtung des Wasserverteilungsproblems unter verschiedenen Rahmenbedingungen des globalen Wandels erfolgt sowohl sektorübergreifend in den Teilregionen (Obere Spree, Spreewald, Berlin) als auch sektor- und regionenübergreifend für das Gesamtgebiet. Bei der Szenarienbewertung werden neben den Ergebnissen aus den Simulationen mit ArcGRM GLOWA und genesteten ökologischen Simulationen (Vegetation-Spreewald, Gewässergüte-Berlin) auch die Ergebnisse von sektoralen Nutzen-Kosten-Analysen berücksichtigt sowie die Voten von Interessensgruppen und Betroffenen.

Projektleiter:

F. Wechsung
Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung e.V.
Telegrafenberg, A 51
14473 Potsdam

Tel: (+49) 0331-288-2663
Fax: (+49) 0331-288-2600
e-mail: wechsung@pik-potsdam.de

www.glowa-elbe.de