

THESEN
zu den Folgen des globalen Wandels auf Wasserverfügbarkeit und Wasser-
nutzungskonflikte im Elbe-Einzugsgebiet
(GLOWA-ELBE)

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

Vorbemerkungen

In den folgenden Thesen sind wichtige Ergebnisse von GLOWA-Elbe zusammenfassend dargestellt. Sie werden ergänzt durch eine separate Darstellung zu den wichtigsten Forschungsleistungen und zur Methodenentwicklung.

1. Im Mittelpunkt des Projektes GLOWA-Elbe steht die Frage nach den Auswirkungen des globalen Wandels auf Wasserverfügbarkeitsprobleme und Wassernutzungskonflikte im Elbegebiet. Für das besonders von den Folgen des globalen Wandels betroffene Gebiet Spree/Havel hat sich das Vorhaben darüber hinaus zum Ziel gesetzt, Probleme und Konflikte nicht nur zu identifizieren, sondern auch integrierte Strategien zu deren nachhaltigen Bewältigung herauszuarbeiten. Grundlage aller Aussagen des Projektes sind gezielte Simulationsexperimente mit Klima-, hydrologischen, ökohydrologischen, ökonomischen und Vegetationsmodellen sowie Kalkulationsrahmen zu den Richtungen und Wirkungen des globalen Wandels. In der ersten Phase von GLOWA-Elbe wurden schwerpunktmäßig die Folgen eines veränderten Wasserdargebots untersucht. In der beantragten zweiten Phase von GLOWA-Elbe werden darüber hinaus die Auswirkungen einer höheren Auftretswahrscheinlichkeit von Extremereignissen bearbeitet. Dies schließt sowohl lang anhaltende Trockenheit als auch Hochwasser ein.
2. Ausgangspunkt der Analysen in GLOWA-Elbe sind Szenarien über die künftige Entwicklung der wesentlichen Bestimmungsgrößen von Wassermenge und Wasserqualität im Elbe-Einzugsgebiet unter den Bedingungen des globalen Wandels (http://www.glowa-elbe.de/status_praes/wechs/gesamt.html). Hierzu zählen neben dem Klimawandel, Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung und Siedlungsstruktur, zur Entwicklung der Energiewirtschaft, der Agrarpolitik und der Landnutzung. Die sozioökonomischen Szenarien des globalen Wandels folgen zwei postulierten Hauptrichtungen der künftigen Entwicklung:
 - a) Liberalisierung/Globalisierung
 - b) Ökologisierung/Regionalisierung.

Die Szenarienentwicklung basiert auf Abstimmung mit den Stakeholdern, verfügbaren Studien und Modellrechnungen. Sie berücksichtigt aber auch Visionen von Bürgern, die in Szenarien zu übersetzen waren. Ein Ergebnis dieses Prozesses ist ein Bürgerszenario für die künftige Landnutzung in der Niederlausitz, welches davon ausgeht, dass der Anteil landwirtschaftlicher Nutzfläche stark zurückgeht und weite Teile der Fläche durch "Urwald" bedeckt sein werden, weil sich eine flächendeckende intensive Forstwirtschaft nicht mehr auszahlt (http://www.glowa-elbe.de/status_praes/ipsen/gesamt.html).

3. In den letzten hundert Jahren hat sich das Klima in Deutschland bereits erheblich verändert. Wir befinden uns nicht mehr vor einer Klimawende, sondern erleben bereits den Wandel hin zu einem wärmeren Klima. Während der bisher für das deutsche Einzugsgebiet der Elbe beobachtete Temperaturtrend von 0.6°C mit dem in anderen Teilen Deutschlands annähernd übereinstimmt, unterscheidet sich die Niederschlagsentwicklung jedoch erheblich. Im Westen nahmen die Niederschläge um 95 mm zu, wohingegen im Elbe-Einzugsgebiet die Jahresniederschlagssumme im Mittel unverändert blieb. Dabei kam es hier jedoch zu einer Umverteilung der Niederschläge im Jahresverlauf. Die Sommerniederschläge gingen zurück und die Winterniederschläge nahmen zu.

(http://www.glowa-elbe.de/status_praes/wechs/gesamt.html)

4. Globale Klimamodelle zeigen vor allem für die Niederschlagsentwicklung unterschiedliche Ergebnisse. Weiterführende Modellexperimente mit regionalen Klimamodellen sind deshalb erforderlich.
5. Nach Szenarienrechnungen mit dem Modellsystem ECHAM4/OPYC3 ist für das Elbe-Einzugsgebiet in den nächsten 50 Jahren bei fehlendem Klimaschutz insgesamt mit einem Temperaturanstieg von 1.4 °C zu rechnen. Für die Plausibilität dieser Extrapolation spricht, dass das gleiche Modell die in den letzten hundert Jahren beobachtete Temperaturentwicklung des Gebietes gut reproduzieren konnte. Der mittlere regionale Temperaturtrend (+1.4 °C in 50 Jahren) bildet die Grundlage für die Klimawirkungsanalyse in GLOWA-Elbe.
6. Regionale Klimaszenarien wurden mit zwei Methoden erstellt. Mit dem regionalen Zirkulationsmodell (REMO), angetrieben vom ECHAM4/OPYC3, wurde die Klimaänderung in der Elberegion zwischen 2020 und 2049 simuliert. Mit Hilfe eines statistischen Regionalisierungsverfahrens (STAR) werden bei Verwendung der lokalen Beobachtungen von 1951 bis 2000 und Vorgabe des durchschnittlichen Temperaturanstiegs von 1.4 °C bis 2050 (siehe oben) die Klimawerte bis 2055 auf Tageswertbasis simuliert. REMO errechnet ebenfalls einen durchschnittlichen Temperaturanstieg von 1.4°C mit einer Niederschlagszunahme für das Gesamtgebiet um bis zu 25% (http://www.glowa-elbe.de/status_praes/mpi/gesamt.html). Im Unterschied dazu liefert STAR 100 mögliche Realisierungen eines künftigen Klimas, das sich bis 2055 um vorgegebene 1.4 °C erwärmt und verschiedene Niederschlagsentwicklungen enthält.
7. Als regionales Klimaänderungsszenario für die Wirkungsanalysen in GLOWA-Elbe wurde zunächst nur die statistische Methode verwendet. Sie trägt der Unsicherheit explizit Rechnung und enthält sowohl Realisierungen mit Niederschlagsabnahme (im Mittel -10% bei der trockensten Szenariorealisation) als auch mit Niederschlagszunahme (+7.7 bei der feuchtesten Realisierung) im Elbegebiet (http://www.glowa-elbe.de/status_praes/gersteng/gesamt.html). Eine Ausdehnung der Analysen unter Nutzung der REMO Ergebnisse ist vorgesehen.
8. Die STAR-Realisierungen umfassen Tageswerte von Temperatur, Niederschlag, Strahlung, Windgeschwindigkeit und relativer Luftfeuchte. Eine besondere Rolle spielt dabei die sogenannte 'wahrscheinlichste' Realisierung. Sie wurde aus den Simulationen für den Beobachtungszeitraum 1951 - 2000 und nach einem Vergleich von beobachteten und simulierten Niederschlagstrend ausgewählt. Diese Realisierung ist bei einem Temperaturanstieg von 1.4°C genau dann die 'wahrscheinlichste', wenn es zu keiner Umstellung der atmosphärischen Zirkulation über Mitteleuropa kommt.
9. Nach der 'wahrscheinlichsten' Realisierung gehen die Niederschläge im Elbe-Einzugsgebiet zurück (Ausnahme: Harz und Thüringer Wald). Der Rückgang beträgt in der Jahressumme je nach Region bis zu 200 mm. Es kommt zu einem weiter veränderten Jahresgang (starke Abnahme im Sommer, leichte Zunahme im Winter) und zur Zunahme der Sonnenscheindauer im Sommer. Der Rückgang des Jahresniederschlags im 'wahrscheinlichsten' Klimaänderungsszenario vermindert die Verdunstung, den ober- und unterirdischen Abfluss, sowie die Grundwasserneubildung. Letztere geht auf 60 % des gegenwärtigen Niveaus im Durchschnitt aller Standorte zurück.

10. Der Rückgang des Wasserdargebots führt Elbweit zu einer Verminderung der Erträge bei Wintergetreide. Im 'wahrscheinlichsten' STAR-Klimaszenario gehen die Erträge bei Winterweizen und Wintergerste in der Periode 2046-2055 im Vergleich zu 1991-2000 um 14 bzw. 11% zurück. In den traditionell ertragsstarken Regionen der Börde und des Thüringer Beckens sinken die Erträge jedoch sehr viel stärker (um 20 % und mehr). Ertragsverlusten beim Wintergetreide stehen Ertragsgewinne beim Silomais gegenüber (+15%). Letztere konzentrieren sich jedoch auf den nordelbischen Raum, wo Ertragsgewinne zwischen 10 und 30 % möglich sind (http://www.glowa-elbe.de/status_praes/valen/gesamt.html).
11. Die Änderungen des Ertragspotentials in Folge eines verminderten Wasserdargebots und der Klimaerwärmung erfordert eine Anpassung der landwirtschaftlichen Betriebsstrukturen. Richtung und Ausmaß der Anpassungsoptionen werden jedoch wesentlich von den gesetzten politischen Rahmenbedingungen abhängen. Voruntersuchungen in GLOWA-Elbe zu den Folgen einer Politikänderung in den nächsten 10-20 Jahren ergaben, dass bei einer partiellen Liberalisierung (Subventionsabbau) bis zu 30% der jetzt noch genutzten landwirtschaftlichen Flächen brach fallen. Dies betrifft vor allem Ungunststandorte, die durch niedrige Ertragspotentiale gekennzeichnet sind und derzeit extensiv bewirtschaftet werden (http://www.glowa-elbe.de/status_praes/goem/gesamt.html).
12. Die Landwirtschaft bestimmt über den Nährstoffüberschuss (Stickstoff, Phosphor) eine wesentliche Randbedingung der Wasserqualität der Elbe und der Nährstoffeinträge in die Nordsee. Simulationsexperimente haben gezeigt, dass die jetzige Situation nur durch eine Reduzierung der Nährstoffüberschüsse verbessert werden kann. Die von der EU-Kommission im Rahmen der Halbzeitbewertung der Agenda2000 vorgeschlagenen agrarpolitischen Maßnahmen führen zu keiner nennenswerten Änderung der Stickstoffüberschüsse. Klimaänderungen bleiben zunächst ebenfalls ohne unmittelbare Wirkung auf den Nährstoffeintrag der Elbe in die Nordsee. Dabei wurden jedoch mögliche Änderungen des Düngeregimes und temperaturbedingt erhöhte Mineralisationsraten noch nicht berücksichtigt (http://www.glowa-elbe.de/status_praes/behrendt/gesamt.html).
13. Im Spreegebiet werden die Wassernutzungskonflikte zwischen den wasserbezogenen Sektoren wie Binnenfischerei, Landwirtschaft, Tourismus im Spreewald und an den Lausitzer Seen, Naturschutz, Gewässerschutz und Braunkohlebergbau sowie zwischen den Interessen der Bundesländer Sachsen, Brandenburg und Berlin durch den enormen Wasserbedarf zur Flutung der Tagebaurestlöcher verschärft. Unter diesen Ausgangsbedingungen können die Folgen des im STAR-Szenario angenommenen Klimawandels (im Mittel aller 100 Realisierungen) durch das wasserwirtschaftliche System der Region nicht ausgeglichen werden (http://www.glowa-elbe.de/status_praes/kalt/gesamt.html). So kann in einem moderaten Trockenjahr der Mindestzufluss von 8 m³/s nach Berlin nicht mehr gewährleistet werden und schon im nächsten Jahrzehnt auf unter 5 m³/s absinken, während ab 2030 der Zufluss in einem solchen Trockenjahr praktisch zum Erliegen kommt. Damit ist auch eine Zunahme der Häufigkeit des Versagens des größten Speichersystems im Spreegebiet Lohsa II verbunden. Am Ende des Szenariohorizontes bewirkt das Klimaänderungsszenario, dass selbst in Jahren mit mittleren Witterungsverhältnissen Lohsa II kein Wasser zur Stützung des Wasserdargebots im Unterlauf abgeben kann – mit Konsequenzen auf bedeutende Wassernutzer. Die Modellergebnisse zeigen z.B. für die Flutung der Tagebaurestlöcher des bereits stillgelegten Bergbaus eine Halbierung der ohnehin geringen, verfügbaren Wassermengen. Für den Sektor der Binnenfischerei steigt das Jahresdefizit ihres Wasserbedarfs in solchen moderaten Trockenjahren von ca. 5 % in den nächsten Jahren bis auf 35 % im Zeitraum um 2050. Unter diesen angespannten Bedingungen erhalten die durch den auslaufenden Braunkohlebergbau noch eingeleiteten Grubenwassermengen eine für die Wasserverfügbarkeit relevante Bedeutung. Geänderte Prioritäten der

die Wasserverfügbarkeit relevante Bedeutung. Geänderte Prioritäten der Wasserversorgung bei der Sanierung von Bergbaufolgelandschaften führen zu einer Verschiebung der Wassernutzungskonflikte und der auftretenden Kosten und Nutzen. So kann auch in moderaten Trockenjahren mehr als die Hälfte des Flutungsbedarfs gesichert werden, der Berlin-Zufluss beträgt dann um 2050 ca. 4 statt praktisch 0 m³/s, während das Defizit der Binnenfischerei um weitere 10 bis 20 % steigt oder zum Teil in kleinen Fließgewässern bis zum Abschluss des Grundwasserwiederanstiegs Totalausfälle bei ökologischen Mindestdurchflüssen auftreten können. Die Überleitung von Wasser aus anderen Flussgebieten, insbesondere der Oder, kann zur Entschärfung der Wassernutzungskonflikte beitragen. Dabei sind aber Gewässergüteaspekte besonders zu beachten.

14. Feuchtgebietsregionen, wie der Spreewald, sind von den Auswirkungen veränderter klimatischer Bedingungen im Feuchtgebiet selbst und in oberhalb gelegenen Einzugsgebieten betroffen (http://www.glowa-elbe.de/status_praes/dietrich/gesamt.html). Abnehmende Sommerniederschläge, erhöhte potentielle Verdunstung und geringere Zuflüsse aus den oberhalb gelegenen Einzugsgebieten lassen das Zusatzwasserdefizit im Spreewald zukünftig weiter ansteigen. Trotz leicht fallender Grundwasserstände wird die Evapotranspiration im Spreewald bei weiterhin bestehendem Grundwasseranschluss aufgrund der veränderten klimatischen Verhältnisse noch ansteigen. In der Periode 2048-52 kommt es im Vergleich zur Periode 1995-2000 im Mittel zu einem Anstieg der berechneten Verdunstung zwischen Mai und September um rd. 40 mm. Das entspricht rd. 13 Mio. m³, die dem Abfluss der Spree entzogen werden. Die Folgen sinkender Grundwasserstände sind negative Auswirkungen auf das Ertragsniveau, die Feuchtgebietsvegetation und die Niedermoorressourcen (http://www.glowa-elbe.de/status_praes/wessol/gesamt.html). Insbesondere die an feuchte und wechselfeuchte Standorte gebundene Vegetationsformen werden in ihrer Existenz gefährdet. So steigt z. B. der Flächenanteil der gefährdeten Zielbiotope des Naturschutzes von 4 % auf 15 % an. Des weiteren bewirkt eine erhöhte Mineralisation der Torfe, aufgrund der angenommenen Klimaänderung und der Grundwasserabsenkungen, einen erhöhten Stoffaustrag aus dem Gebiet und somit eine Belastung der Gewässer.
15. Die ökonomischen Folgen des globalen Wandels wurden im Bereich der Oberen Spree und des Spreewaldes für wassersensitive Wirtschaftssektoren untersucht (http://www.glowa-elbe.de/status_praes/messner/gesamt.html). Dabei zeigte sich u.a., dass der Klimawandel nach dem STAR-Szenario (Mittel aller 100 Realisierungen) deutliche, aber je nach Sektor sehr uneinheitliche wirtschaftliche Auswirkungen nach sich zieht. So wurde für den Sektor der Binnenfischerei, der bereits heute zeitweise unter Wassermangel leidet, ermittelt, dass bei klimatischen Veränderungen gemäß Klimaänderungsszenario in den Jahren bis 2052 zusätzliche Einbußen in Höhe von 2-3 Sektor-Jahresgewinnen (ca. 2,5 Mio. EUR) zu erwarten sind. Während die ermittelten Veränderungen der Grundwasserstände im Spreewald zwar zu einer Änderung der Grünlanderträge führen, ergeben sich daraus nur geringe Auswirkungen auf die Betriebseinkommen, welche für viele Betriebe mehr durch die flächengebundenen Transferzahlungen als durch Grundfutterknappheit determiniert werden. Die Einkommen aus der Kahnschifffahrt, welche im Spreewald jährlich bis zu 10 Mio. EUR Gewinn erwirtschaftet, sind durch eine geringe Kapazitätsauslastung bei stagnierende Besucherströmen limitiert. Bei den nur periodisch und stellenweise zu erwartenden Einschränkungen der Schiffbarkeit sind daher insgesamt kaum Einkommenseinbußen zu erwarten, obwohl einzelne Abfahrtstellen nachteilig betroffen sein können. Der Klimawandel ist aber nur ein Aspekt des globalen Wandels. Bei der Betrachtung verschiedener sozioökonomischer Wandelszenarios mit jeweils unterschiedlichen Akzenten bei der Fortschreibung der ökonomischen Globalisierung und Liberalisierung sowie der nationalen Umweltpolitiken, wurde deutlich, dass die ökonomischen Wirkungen derartiger Veränderungen in den kommenden 50 Jahren deut-

lich stärker ins Gewicht fallen können als die noch im Anfangsstadium begriffenen Klimawirkungen in dieser Periode. So ist bei einer starken Liberalisierung im Binnenfischereisektor mit entsprechenden Kürzungen der Subventionen mit Einbußen von 12-16 Sektorjahresgewinnen in 50 Jahren zu rechnen, während beispielsweise der Tourismussektor im Spreegebiet durch zunehmende Globalisierung im Reiseverkehr durchaus profitieren kann.

16. Bei der ökonomischen Bewertung von Handlungsalternativen zur Verbesserung des wasserwirtschaftlichen Managements im Spree/Havel-Gebiet zeigt sich bei der Betrachtung der bis dato vorliegenden Ergebnisse, dass eine beschleunigte Flutung der Tagebaurestlöcher durch Veränderung der Wasserverteilungsprioritäten ökonomische Vorteile in Höhe von 5-6 Mio. EUR bringen würde, die durch Einsparungen bei der Wasserbereitstellung der Flutung und durch Zusatzgewinne einer frühzeitigen touristischen Nachnutzung erwirtschaftet werden könnten. Demgegenüber würde jedoch allein der Sektor Binnenfischerei die Hauptkosten dieser Maßnahme durch Gewinneinbußen in Höhe von etwa 6 Mio. EUR tragen.
17. Die Szenarioanalysen im Unterliegerbereich der Spree zeigen, dass die Sanierungsmassnahmen im Bergbau in Kombination mit dem Klimawandel zu einer erheblichen Reduzierung des Zuflusses nach Berlin führen (http://www.glowa-elbe.de/status_praes/opperm/gesamt.html). Gleichzeitig geht das Eigendargebot aus den regionalen Niederschlägen zurück. Im Zusammenhang mit dem zurückgehenden Wasserdargebot kann sich die spezifische Wasserqualitätsproblematik des Berliner Raums zusätzlich verschärfen. Allein der Temperaturanstieg führt z.B. beim Müggelsee zu einer Erhöhung der Schichtungsdauer. Während der Schichtung kommt es durch Abbau des organischen Materials zu einer Abnahme der Sauerstoffkonzentration im Gewässer. Dies führt zu einer Freisetzung von adsorptiv gebundenem Phosphor und somit zu einer Zunahme der Gewässer-Eutrophierung.
18. Der regionale Klimawandel nach dem STAR-Szenario und seine Kombination mit anderen Komponenten des globalen Wandels verschärfen Wassernutzungskonflikte in den Gebieten entlang der Spree und zwischen den angrenzenden Gebieten. Mit Hilfe der Multikritiellen Analyse erfolgt aufbauend auf vorliegenden Simulationsergebnissen eine umfassende Charakterisierung von strategischen Handlungsalternativen für das Wassermanagement im Spree/Havel Gebiet (http://www.glowa-elbe.de/status_praes/wechs/gesamt.html, http://www.glowa-elbe.de/status_praes/opperm/gesamt.html). Dabei werden nichtmonetäre und monetäre Kriterien durch Entscheider und Betroffene in einem Gesamturteil über die Handlungsalternativen zusammengefasst. Auf der Basis der Gesamturteile der verschiedenen Interessensgruppen erfolgt eine Konfliktanalyse, die Interessensgegensätze und -übereinstimmungen aufdeckt.
19. GLOWA-Elbe beschäftigt sich mit einer Region, die mit dem August-Hochwasser schlagartig ins Zentrum der öffentlichen Aufmerksamkeit gerückt ist. Dieses Hochwasser hat weite Landstriche geschädigt, in denen bisher die Auseinandersetzung mit einem zu geringen Wasserdargebot dominierte (http://www.glowa-elbe.de/status_praes/marc/gesamt.html). Das August-Hochwasser aber auch das folgende Winterhochwasser 2002/2003 unterstreichen, dass selbst bei regional zurückgehenden Niederschlägen, die Hochwassergefahr zu beachten bleibt und in der Zukunft weiter ansteigen kann. In der beantragten zweiten Phase von GLOWA-Elbe soll auf diese Problematik verstärkt eingegangen werden (http://www.glowa-elbe.de/status_praes/wechs/gesamt.html).

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