

Klimawandel: Was tun!

IALE-D-Jahrestagung 2012
24. – 26. Oktober 2012, Eberswalde

In Kooperation mit INKA BB



Sponsoren der IALE-D-Jahrestagung 2012:

Naturschutz und Landschaftsplanung – ist die Zeitschrift für angewandte Ökologie.

Naturschutz und Landschaftsplanung

Zeitschrift für angewandte Ökologie

Damit sind Sie in Ihrem Fachgebiet immer auf dem neusten Stand. Die praxisnahe Berichterstattung macht diese Zeitschrift zu einer unerlässlichen Informationsquelle für Landschafts- und Stadtplaner, Biologen, Geographen, Geoökologen, Mitsreiter in Naturschutzverbänden, Studenten und alle Interessierten.

Ständige Themenbereiche:

- | | | |
|---------------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| x Arten- und Biotopschutz | x Biotopverbund (-planung) | x Kommunalen Naturschutz |
| x Landschaftspflege | x Hochschulen | x Umweltverträglichkeitsprüfung |
| x Eingriffs-Ausgleichs-Regelung | x Recht und Gesetz | |

Jeden Monat erhalten Sie aktuelle Meldungen, Tagungsberichte, Publikations- und Terminhinweise sowie Buchbesprechungen aus dem Bereich der angewandten Ökologie. Studenten erhalten einen Sonderpreis.

Spektrum DER WISSENSCHAFT

Experten aus Wissenschaft und Forschung berichten in "Spektrum der Wissenschaft" monatlich über die aktuellen Erkenntnisse ihrer Fachgebiete
- kompetent, authentisch und verständlich.

Barnimer Busgesellschaft



Die **Barnimer Busgesellschaft** stellt und fährt den Exkursionsbus.



Die **Bäckerei Wiese** sorgt für das leibliche Wohl und stellt leckere regionale Gebäckspezialitäten zur Verfügung.



Im **Ökodorf Brodowin** entstehen gesunde Lebensmittel in bester Demeter-Qualität. Wir genießen die Milch von dort.

Wir bedanken uns ganz herzlich!

Inhalt

Keynotes

Klimawandel in Brandenburg, <i>Eberhard Schaller</i>	5
Futter- und Biomasseproduktion in Wassereinzugsgebieten der Mittelgebirge, <i>Michael Wachendorf et al.</i>	11
From cutting downpipes towards a shifting approach in coastal management: spatial challenges in practice!, <i>Marnix de Vriend</i>	16
Wasserwirtschaftliche Auswirkungen des Klimawandels - mit angepassten Gewässerentwicklungskonzepten zum Guten Ökologischen Zustand, <i>Petra Podraza</i>	20

Fachsitzung 1: Anpassungsstrategien in verschiedenen Landnutzungssektoren

Klimawandel (k)ein Thema der Natura 2000- Managementplanung – Wünsche, Hoffnungen und die Realität, <i>Frank Berhorn, Lena Strixner</i>	25
Die Verwendung von Fruchtfolgeklassen in GISCAME um den Einfluss von Landnutzungs- und Landbewirtschaftungsänderungen auf die Bereitstellung von Ökosystemleistungen auf Landschaftsebene abzuschätzen, <i>Lars Koschke et al.</i>	29
Analyse klimawandelbedingter Anpassungs- und Mitigationsstrategien hinsichtlich einer nachhaltigen agrarischen Landnutzung und Landschaftsentwicklung in einer ausgewählten österreichischen Landschaft, <i>Thomas Schauppenlehner et al.</i>	36
Wie reagieren Landwirte im Stubaital (Österreich) auf den globalen Wandel?, <i>Uta Schirpke et al.</i>	41
Regionalisierte Biomassepotenziale im ländlichen Raum - Ein räumliches Bilanzierungsverfahren für die Planungs- und Entscheidungsunterstützung, <i>Werner Rolf et al.</i>	47

Fachsitzung 2: Landschaftswasserhaushalt und Anpassungsstrategien in der Wasserwirtschaft

Möglichkeiten und räumliche Differenzierung der Anpassung an künftige Niedrigwassersituationen in kleinen Fließgewässern Brandenburgs, <i>Björn Thomas et al.</i>	55
Der Wasserhaushalt großer Feuchtgebiete im Klimawandel – Auswirkungen und Anpassungsmöglichkeiten, <i>Ottfried Dietrich et al.</i>	61
Wiedervernässte Niedermoore – Wertschöpfung durch die Ausnutzung ihres Reinigungspotentials bezüglich gereinigten Abwassers, <i>Dagmar Balla et al.</i>	68

Fachsitzung 3: Gesellschaftliche Aspekte der Anpassung an den Klimawandel

Partizipative Landschaftsplanung zur Klimaanpassung in der Samtgemeinde Gartow, <i>Christian Albert, Thomas Zimmermann</i>	74
Von der Notwendigkeit und Möglichkeiten Stakeholder in die Forschung zu Ökosystemdienstleistungen einzubinden, <i>Jennifer Hauck et al.</i>	76
Der Umgang mit unsicherem Wissen bei der regionalen Anpassung an den Klimawandel, <i>Anne Bundschuh, Andrea Knierim</i>	81
Akteure und Konstellationen neuer Nutzungsformen von gereinigtem Abwasser – Ansätze für ein nachhaltiges Landmanagement im ELaN-Verbundvorhaben, <i>Benjamin Nölting, Katrin Daedlow</i>	88

Fachsitzung 4: Kommunizierende Wissenschaft

„Wie und warum die Kommunikation von Klimaanpassung (keinen) Sinn macht.“, <i>Stefan Roetzel</i>	94
Herausforderungen der inter- und transdisziplinären Verständigung in Forschungsprojekten des nachhaltigen Landmanagements am Beispiel ELaN, <i>Melanie Kröger et al.</i>	95
Inter-transdisziplinäre Forschung - Wissenschaft im Spagat. Methodische und strukturelle Herausforderungen aus sozialwissenschaftlicher Perspektive, <i>Frank Sondershaus</i>	100
Die Landschaftswerkstatt Wasser Uckermark Barnim. Erfahrungen in einem kulturlandschaftlichen Diskurs, <i>Lars Fischer, Kenneth Anders</i>	102
Kommunikation und „Ökosystemdienstleistungen“, <i>Kenneth Anders</i>	108

Fachsitzung 5: Ökosystemdienstleistungen

Ökosystemdienstleistungen (ÖSD) – Begriffe, Konzepte, Bewertungsansätze auf dem Prüfstand, <i>Karsten Grunewald, Olaf Bastian</i>	114
Naturkapital Deutschland – TEEB DE, <i>Bernd Hansjürgens</i>	121
Modellierung von Landnutzungsänderungen als Grundlage zur Bewertung von Landschaftsdienstleistungen, <i>Ralf-Uwe Syrbe et al.</i>	127
Integration von Ökosystemdienstleistungen in die Landschaftsplanung, <i>Christian Albert et al.</i>	133
The Nexus EcoSystem Services – Policy, <i>Hubert Wiggering et al.</i>	137
Potentiale forstlicher Bewirtschaftungsstrategien auf die regionale Bereitstellung von Ökosystemdienstleistungen, <i>Christine Fürst et al.</i>	142
Poster	
Vulnerabilitätsanalyse – Grundlage zur Entwicklung von Anpassungsstrategien für den Ökolandbau in Brandenburg, <i>Ralf Bloch, Johann Bachinger</i>	144
Maßnahmen zur Stabilisierung des Wasserhaushaltes kleiner Einzugsgebiete unter Berücksichtigung des Klimawandels am Beispiel des Fredersdorfer Mühlenfließes, <i>Steven Böttcher et al.</i>	146
Agrarholz auf Ackerflächen – eine multikriterielle Bewertung des Einflusses auf Landschaftsfunktionen, <i>Gerald Busch</i>	148
ÖkoService – Ein innovatives Verfahren zur Integration von ökologischer Modellierung und ökosystemaren Dienstleistungen in die räumliche Planungspraxis, <i>Eva Diehl et al.</i>	151
RegioPower- Entwicklung einer regionalen Warenbörse für holzartige Biomasse, <i>Susanne Frank et al.</i>	153
Overused or potential left? Mapping Potential Landscape Functions in an Austrian-Hungarian transboundary region – Die Erfassung potentieller Landschaftsfunktionen im Grenzgebiet Österreich-Ungarn, <i>Hainz-Renetzeder Christa et al.</i>	156
Waldumbau zu klimaplastischen Laubmischwäldern im nordostdeutschen Tiefland – Weiterentwicklung des Modells Biome-BGC (Vers. ZALF) zur Abschätzung der Folgen auf Kohlenstoff- und Wasserhaushalt, <i>Michael Janott et al.</i>	159
Sortenleistung ausgewählter landwirtschaftlicher Fruchtarten unter verschiedenen Standortbedingungen in Brandenburg 2010/2011, <i>Julian Klepatzki et al.</i>	161
GIS-gestützte Empfindlichkeitsanalyse der Regionen Uckermark-Barnim und Lausitz-Spreewald als Entscheidungshilfe für klimaadaptive Anpassungsmaßnahmen in der Regionalplanung, <i>Sven Knothe et al.</i> ...	163
Energiepflanzenanbau und Ökosystemdienstleistungen – das Projekt LÖBESTEIN, <i>Gerd Lupp et al.</i>	167
Auswirkungen von waldstrukturellen Veränderungen im Zuge des Waldumbaus auf die hydroökologischen Bedingungen in den Beständen, <i>Jürgen Müller</i>	170
Modellierung von Ökosystemdienstleistungen in Berggebieten: Beispiel Stubaital (Österreich), <i>Uta Schirpke et al.</i>	173
Ökosystemdienstleistungen von Mooren – erste Anwendungsergebnisse einer neuen Bewertungsmethode, <i>Claudia Schröder et al.</i>	175
Konzeption wasserwirtschaftlicher Anpassungsmöglichkeiten an den Klimawandel auf kommunaler und regionaler Ebene, <i>Heide Stephani-Pessel et al.</i>	176
Hitzeschäden an Stämmen von Straßenbäumen Sommer-Sonnen-Nekrose (SSN), <i>Peter Uehre, Sepp Herrmann</i>	178
Hydbos – A Guidance Tool for Utilization and Protection of Hydromorphic Soils under Changing Climate Conditions: Soil and Hydrology, <i>Evelyn Wallor, Jutta Zeitz</i>	180
Visualisierung der Wassererosion unter aktuellen und simulierten Landnutzungen, <i>Anke Witt et al.</i>	185
Risiken durch Insekten der Kiefernwälder unter sich wandelnden klimatischen Rahmenbedingungen im Nordostdeutschen Tiefland, <i>Tim Mark Ziesche</i>	187

Klimawandel in Brandenburg

Eberhard Schaller

Lehrstuhl Umweltmeteorologie, Brandenburgische Technische Universität Cottbus, Deutschland

Zusammenfassung

Die zeitliche Entwicklung der Klimakenngrößen Temperatur und Niederschlag wird bis 2100 für die in INKA-BB untersuchten Regionen (Barnim-Uckermark und Lausitz-Spreewald) gezeigt. Daraus resultierende Konsequenzen für die klimatologische Wasserbilanz sowie die Wachstumsbedingungen einzelner Baumarten werden diskutiert.

Einleitung

Die Entwicklung des Pflanzenwachstums, der landwirtschaftlichen Erträge, der Ökosysteme - um nur einige Fragestellungen zu nennen - hängt außer der Nährstoffversorgung von den atmosphärischen Parametern Temperatur, Niederschlag und (Global-)Strahlung ab. Diese unterliegen dem Klimawandel. Unter dem Begriff „Klima“ versteht man die langfristige Entwicklung der atmosphärischen Kenngrößenverteilung. Bei Untersuchungen zur Veränderung des Klimas werden dabei neben dem Median (bzw. dem Mittelwert) auch Extreme in Form von Perzentilen (1%-, 2%-, 5%- bzw. 95%-, 98%, 99%-Perzentil) einbezogen.

Grundsätzlich stehen zur Beschreibung der zukünftigen Klimaentwicklung drei Möglichkeiten zur Verfügung, nämlich:

1. Extrapolation von beobachteten Trends in die Zukunft
 - beobachteter Trend abhängig vom Mittelungsintervall, da Erdsystem nicht im Gleichgewicht ist
 - sinnvoll anwendbar nur für kurze Zeiträume (max. eine Dekade)
2. statistisch-dynamische Modellierung
 - Trends aus einem globalen Klimamodell werden mit Hilfe von Beobachtungen räumlich feiner aufgelöst („regionalisiert“)
 - häufig Unterschätzung von Veränderungen in der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts
3. prozess-basierte regionale Modellierung
 - explizite Beschreibung der atmosphärischen Kenngrößen auf der Basis der Erhaltungssätze für Masse, Impuls und Energie
 - Modelle sind unabhängig von Beobachtungsdaten, die somit zur Bestimmung der Modellgüte verwendet werden können
 - sehr hoher Bedarf an Rechnerkapazitäten

In dieser Arbeit werden ausschließlich Simulationsergebnisse von (zwei) prozess-basierten regionalen Klimamodellen diskutiert. Deren Eigenschaften werden im nächsten Abschnitt kurz zusammengestellt.

Methode: Prozess-basierte Klimamodellierung

Die horizontale Skala globaler Klimamodelle (GCMs: global climate models) liegt bei 100 km und mehr, so dass GCM-Informationen für Flächenelemente von mehreren 10.000 km² repräsentativ sind. Zum Vergleich: Die Fläche Brandenburgs beträgt knapp 30.000 km². Aus einem GCM erhält man also für Brandenburg keine räumlich differenzierten Informationen über die Klimaparameter. Globale Berechnungen mit besserer horizontaler Auflösung und über Zeiträume von einem Jahrhundert und mehr sind wegen der begrenzten Computerressourcen jedoch bis heute nicht verfügbar. Eine räumliche Ver-

feinerung geht daher immer mit einer Begrenzung des Rechengebiets einher. Solche Modelle mit horizontaler Auflösung bis herunter auf 10 km für ein begrenztes Rechengebiet, z.B. Mitteleuropa, bezeichnet man als dynamische (oder auch prozess-basierte) regionale Klimamodelle (dRCMs: dynamical regional climate models). Abbildung 1 zeigt, wie Brandenburg in den dRCMs CLM und REMO, auf denen die hier gezeigten Ergebnisse basieren, räumlich unterschiedlich aufgelöst wird. Mehr Informationen zu CLM findet man z.B. bei Böhm et al. (2006), zu REMO in Jacob (2001).

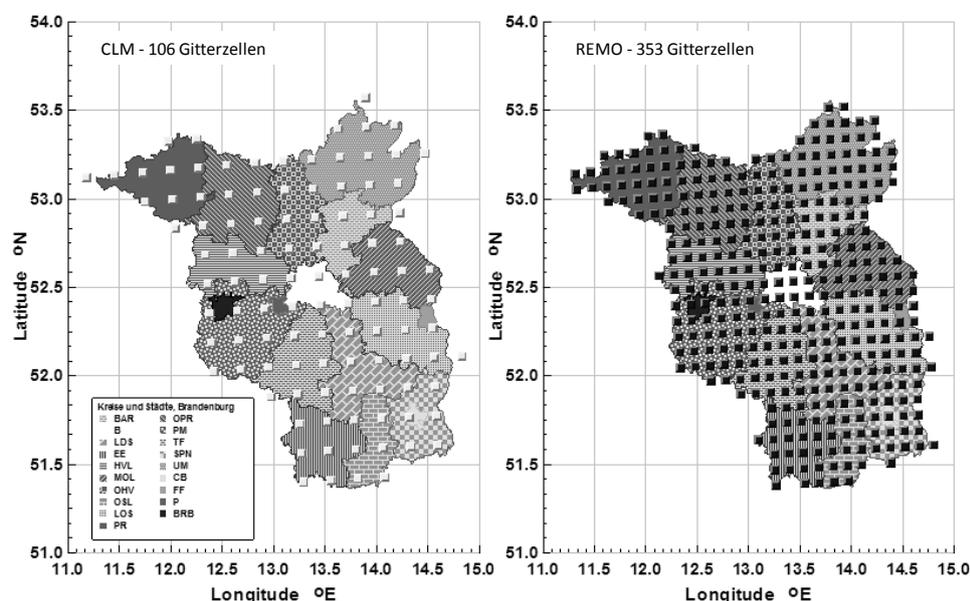


Abb. 1: Unterschiedliche räumliche Auflösung der regionalen Klimamodelle CLM (ca. 18 km, links) und REMO (ca. 10 km, rechts) für das Gebiet von Brandenburg.

Tab. 1: Verteilung der CLM- bzw. REMO-Gitterzellen auf die Landkreise und das Stadtgebiet Berlin.

Kreis / Stadt	Zellen in CLM	Zellen in REMO	Kreis / Stadt	Zellen in CLM	Zellen in REMO
PR: Prignitz	11		PM: Potsdam-Mittelmark (incl. Potsdam, Brandenburg)	10	
OPR: Ostprignitz-Ruppin	8		TF: Teltow-Fläming	8	
OHV: Oberhavel	7		LDS: Dahme-Spree	7	40
UM: Uckermark	12	50	LOS: Oder-Spree (incl. Frankfurt/Oder)	8	45
BAR: Barnim	6	30	EE: Elbe-Elster	7	
HVL: Havelland	5		OSL: Oberspreewald-Lausitz	5	27
B: Berlin	5	18	SPN: Spree-Neisse (incl. Cottbus)	6	35
MOL: Märkisch Oderland	7		gesamt:	112 (106)	353

Sollen die Klimaänderungssignale für die Landkreise in Brandenburg und das Stadtgebiet Berlin abgeschätzt werden, so stehen dafür, wie in Tabelle 1 aufgelistet, besonders bei CLM nur wenige Gitterzellen zur Verfügung, was die Unsicherheiten erhöht. Deshalb wird in dieser Arbeit die Klimaentwicklung für die in INKA-BB betrachteten Planungsregionen Barnim-Uckermark (20 Gitterpunkte in CLM, 58 in REMO) und Spreewald-Lausitz (22 Gitterpunkte in CLM, 67 in REMO) dargestellt.

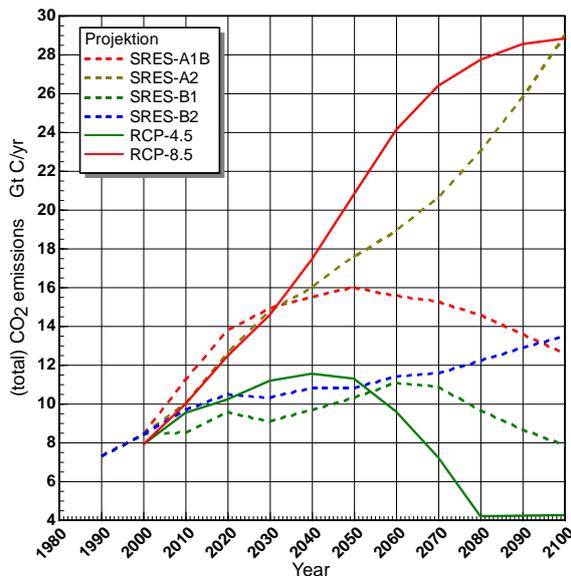


Abb. 2: Gesamte CO₂-Zunahme in der Atmosphäre als Funktion der Zeit; gezeigt sind verschiedene Emissionsprojektionen, wie sie im dritten und vierten (SRES) bzw. im fünften (RCP) IPCC-Sachstandsbericht verwendet wurden bzw. werden

Abbildung 2 zeigt einen Vergleich ausgewählter Emissionsprojektionen. Um eine Aussage über die Spannweite der zukünftigen Klimaentwicklung zu gewinnen, werden die Ergebnisse eines eher optimistischen Szenarios für die Entwicklung der Treibhausgasemissionen (Projektion SRES-B1) mit denen einer eher pessimistischen Emissionsentwicklung (Projektion SRES-A1B) verglichen. Details zu den SRES-Emissionsprojektionen, die u.a. im dritten und vierten Sachstandsbericht des IPCC herangezogen worden waren, sind bei Nakićenović et al. (2000) zu finden. Für den kommenden (fünften) IPCC-Bericht ist die Spannweite zwischen optimistischer (RCP-4.5, Wise et al., 2009) und pessimistischer (RCP-8.5, Riahi et al., 2007) zukünftiger Emissionsentwicklung vergrößert worden. Man erkennt, dass die Projektionen SRES-A1B und RCP-8.5 bis etwa 2040 sehr ähnlich verlaufen, ehe bei SRES-A1B von einer Deckelung, bei RCP-8.5 dagegen von einem weiter ungebremsten Anstieg, der sich erst zum Ende des 21. Jahrhundert (ab 2080) abschwächt, ausgegangen wird. Die unterschiedlich hohen Emissionen wirken sich erst mit einer langen Verzögerung von mehreren Jahrzehnten auf die atmosphärischen Parameter aus, so dass die Klimaentwicklung (beschrieben durch die dreißigjährigen Mittel von Temperatur und Niederschlag) im 21. Jahrhundert bei beiden Projektionen lange Zeit ähnlich verlaufen werden; größere Abweichungen sind erst gegen Ende des Jahrhunderts zu erwarten. Ähnliche Überlegungen können auch für die Projektion RCP-4.5 im Vergleich zu SRES-B1 angestellt werden. Hier werden die erwarteten Emissionen bei RCP-4.5 erst nach 2060 merklich niedriger, so dass auch in diesem Fall davon ausgegangen werden kann, dass die Unterschiede in der Klimaentwicklung bis 2100 gering sein werden.

Ergebnisse

Abbildung 3 zeigt die Wahrscheinlichkeitsdichtefunktionen (pdf: probability density function) für die Temperatur in 2 m über Grund (links) und die Niederschlagssumme (rechts) in einer Gitterzelle des CLM in der Untersuchungsregion Barnim-Uckermark für die Zeiträume 1961-90 und 2071-2100. Nach 2000 wurde die Emissionsprojektion SRES-A1B verwendet. Die pdf erhält man, indem man die über 30 Jahre gemittelten Tagesmittelwerte der Temperatur bzw. die täglichen Niederschlagssummen der Größe nach sortiert als Abszissenwert wählt. Als Ordinate verwendet man den prozentualen Anteil

der Werte, die kleiner oder gleich dem jeweiligen Abszissenwert sind. (Die Wahrscheinlichkeitsdichte 0,5 entspricht dabei dem Median des Ensembles.)

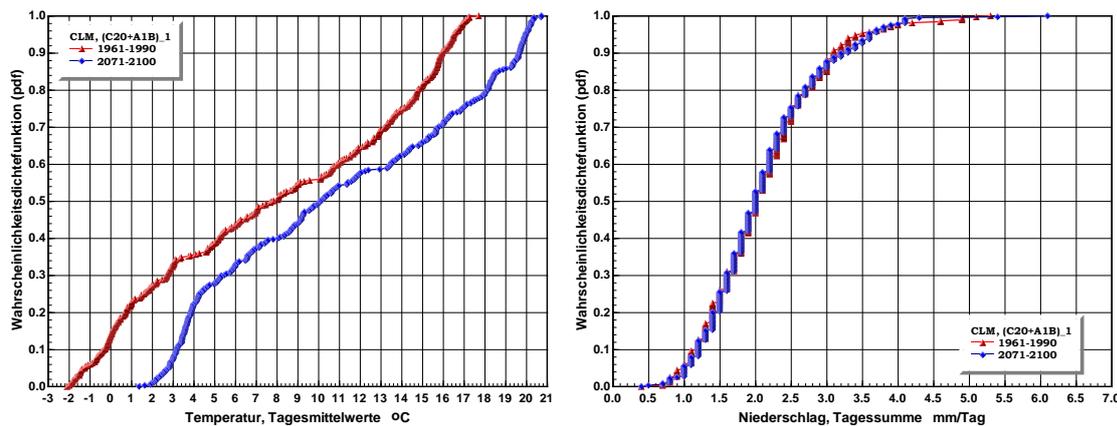


Abb. 3: Wahrscheinlichkeitsdichtefunktionen (pdf) für die über 30 Jahre gemittelten Tagesmittelwerte der Lufttemperatur in 2 m über Grund (links) bzw. die entsprechend gemittelten täglichen Niederschlagssummen (rechts) in einer Gitterzelle des CLM in der Untersuchungsregion Barnim-Uckermark

Im linken Bild erkennt man, dass die Erwärmung von 1961-90 bis 2071-2100 am stärksten bei den niedrigsten (unterste ca. 25 %) und den höchsten (oberste ca. 25 %) Tageswerten ausgeprägt ist. Dies ist bei der mittleren täglichen Niederschlagsmenge (rechtes Bild) nicht der Fall. Hier unterscheiden sich die pdfs für 1961-90 und 2071-2100 nicht nennenswert.

Abbildung 4 zeigt das Klimaänderungssignal für die Jahresmitteltemperatur in 2 m über Grund (links) und die jährliche Niederschlagssumme (rechts) in der gleichen Gitterzelle des CLM sowie in einer in der Nähe liegenden Gitterzelle des REMO-Modells in der Untersuchungsregion Barnim-Uckermark. Als Emissionsprojektion nach 2000 ist wie in der vorherigen Abbildung SRES-A1B verwendet. Dargestellt sind die Differenzen zwischen den gleitenden 30-jährigen Mittelwerten (Abstand: 1 Jahr) und den Werten der Klimanormalperiode 1961-90. Für die bodennahe Lufttemperatur sind Ergebnisse von vier Simulationen (je zwei Mal mit CLM und REMO) gegenüber gestellt, die sich nur in den Anfangs- und Randbedingungen unterscheiden. Bei prozess-basierten regionalen Modellrechnungen werden die Anfangs- und Randwerte von einem globalen Klimamodell, hier von ECHAM5 (Röckner et al., 2006) übernommen. Für ECHAM5 gibt es einen Rechenlauf über mehr als 500 Jahre mit konstanten Treibhausgaskonzentrationen auf dem vor-industriellen Niveau (Kontrolllauf). Dadurch ist es möglich, unterschiedliche Startzeitpunkte für Simulationen mit zeitlich veränderlichen Emissionen bzw. Konzentrationen der Treibhausgase aus dem Kontrolllauf auszuwählen. Von dieser Möglichkeit wurde hier Gebrauch gemacht und zwei unterschiedliche Anfangszeitpunkte (mit „_1“ bzw. „_2“ gekennzeichnet) ausgewählt, die aber für beide Regionalmodelle identisch sind.

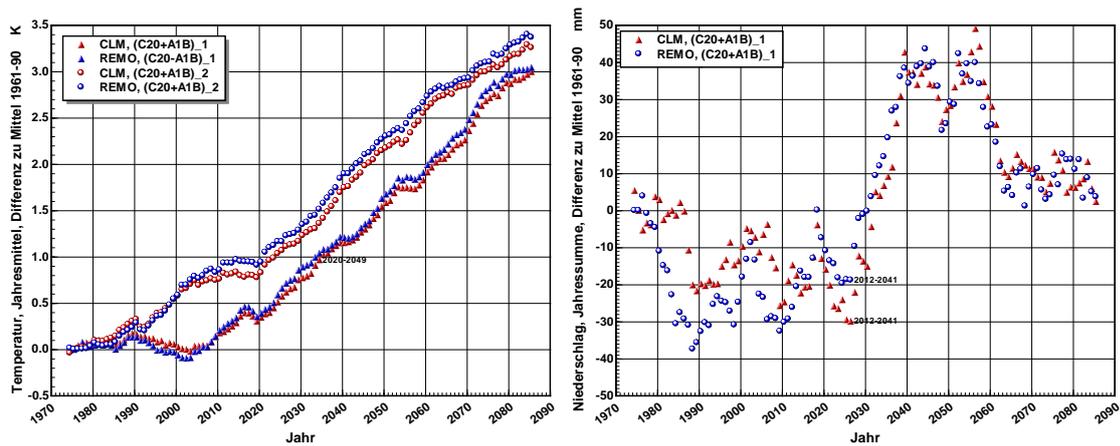


Abb. 4: Klimaänderungssignal für die Jahresmitteltemperatur (links) und die jährliche Niederschlagssumme (rechts). Dargestellt sind 30-jährige gleitende Mittelwerte mit einem zeitlichen Inkrement von einem Jahr. (Auf der Abszisse sind die Werte in der Mitte des Zeitintervalls verortet; so repräsentiert z.B. der Wert im Jahr 2034,5 das 30-Jährige Mittel von 2020-2049). Als Emissionsprojektion nach 2000 ist erneut SRES-A1B verwendet.

Wie im linken Teilbild von Abbildung 4 gezeigt ist, steigen die übergreifenden 30-jährigen Mittel der Jahresdurchschnittstemperatur nach 2000 (Anfangsbedingungen „_1“) bzw. 1985 (Anfangsbedingungen „_2“) mit einer Steigung von ca. 0,3 Kelvin pro Dekade kontinuierlich an. Weiter erkennt man, dass die Unterschiede zwischen den beiden Modellen bei gleichen Anfangs- und Randwerten deutlich kleiner sind als die Differenzen, die aus der Wahl der Anfangs- und Randwerte resultieren. Diese durch die Modellkonfiguration hervorgerufenen Variationen sind aber mit ca. 0,5 K eindeutig kleiner als das Klimaänderungssignal. In jedem Fall wird aber ein größeres Ensemble an Rechenläufen benötigt, um die durch die Modellkonfiguration verursachte Unsicherheit der Ergebnisse zuverlässiger zu quantifizieren.

Das rechte Teilbild der Abbildung 4 zeigt, dass bei der jährlichen Niederschlagssumme ein solch eindeutiger Trend wie bei der Jahresmitteltemperatur nicht existiert. Vielmehr zeigen die beiden CLM-Simulationen Abweichungen zur Periode 1961-90 im Bereich -50 ... 50 mm/Jahr (ungefähr +/- 10 %). In der ersten Hälfte des 21. Jahrhunderts sind dabei eher kleinere, in der zweiten Hälfte tendenziell etwas größere Niederschlagsmengen zu erwarten. Ein statistisch signifikanter Trend ist allerdings nicht zu ermitteln.

Literatur

Böhm, U., Kücken, M., Ahrens, W., Block, A., Hauffe, D., Keuler, K., Rockel, B. und A. Will (2006): CLM - the climate version of LM: Brief description and long-term applications, COSMO Newsletter 6, 225-235.

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

Nakićenović, N., Davidson, O., Davis, G., Grübler, A., Kram, T., La Rovere, E.L., Metz, B., Morita, T., Pepper, W., Pitcher, H., Sankovski, A., Shukla, P., Swart, R., Watson R. und D. Zhou (2000): Emissions Scenarios, Summary for Policymakers, Special Report der WG III des IPCC, 20 Seiten.

Riahi, K., Grübler, A. und N. Nakićenović (2007): Scenarios of long-term socio-economic and environmental development under climate stabilization. Technological Forecasting and Social Change 74, 887-935.

Röckner, E., Brasseur, G. P., Giorgetta, M., Jacob, D., Jungclaus, J., Reick, C. und J. Sillmann (2006): Climate Predictions for the 21th Century, Max Planck Institut für Meteorologie, Hamburg, October 2006.

Wise, M.A., Calvin, K.V., Thomson, A.M., Clarke, L.E., Bond-Lamberty, B., Sands, R.D., Smith, S.J., Janetos, A.C. und J.A. Edmonds (2009): Implications of limiting CO₂ concentrations for land use and energy. Science 324, 1183-1186.

Futter- und Biomasseproduktion in Wassereinzugsgebieten der Mittelgebirge

Michael Wachendorf, Rüdiger Graß, Burga Thies

Fachgebiet Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe, Universität Kassel, Deutschland

Zusammenfassung

Klimaszenarien weisen für die westlichen deutschen Mittelgebirgslagen abnehmende Niederschläge und zunehmende Hitzeperioden im Sommer aus, während die Winter milder und niederschlagreicher werden. Ferner wird eine Zunahme von Witterungsextremen wie Starkregen oder langen Trockenperioden prognostiziert. Die Futter- und Biomasseproduktion wird in dortigen Gunstlagen dominiert durch den Maisanbau. Bedingt durch den Wachstumsrhythmus dieser Sommerkultur sind darauf basierende tiergebundene oder energetische Verwertungssysteme vor dem Hintergrund der skizzierten Klimaszenarien als äußerst vulnabel zu bezeichnen. Demgegenüber weisen Zweikulturnutzungssysteme hinsichtlich der Ausnutzung des winterlichen und sommerlichen Produktionspotenzials, sowie hinsichtlich des Boden-, Wasser- und Diversitätsschutzes interessante Vorteile auf. Dieser Beitrag konzentriert sich auf Produktionsaspekte unter Nutzung von Daten aus Multisiteexperimenten sowie modellgestützte Produktionsszenarien.

Einleitung

Derzeit dominiert beim Anbau von Pflanzen zur energetischen Verwertung in Biogasanlagen der Silomais, mit dem in herkömmlichen Anbausystemen häufig Umweltgefährdungen und Anbauprobleme wie Bodenerosion und Nährstoffauswaschung verbunden sind. Diese könnten sich bei weiter zunehmendem Maisanbau ebenso wie Probleme zunehmender Schädlinge und Krankheiten verstärken. Auswirkungen des prognostizierten Klimawandels könnten ebenfalls zur Verstärkung der genannten Probleme sowie zu Ertragsseinbußen aufgrund zunehmender Trockenheit beitragen. Diese Entwicklungen wirken sich sowohl ökologisch als auch ökonomisch umso stärker aus, wenn sich auf den Anbau einer Pflanzenart fixiert wird. Daher sind innovative Anbausysteme notwendig, die neben der Erhöhung der Artenvielfalt, der Reduzierung von Bodenerosion und Nährstoffausträgen auch hohe Erträge sowie eine erhöhte Ertragsstabilität beinhalten. Ein solches Anbausystem stellt das an der Universität Kassel- Witzenhausen untersuchte Zweikulturnutzungssystem für den Energiepflanzenanbau dar (Graß und Scheffer, 2005), das den Anbau und die Ernte von zwei Kulturen in einem Jahr bei reduzierter Bodenbearbeitung zu Sommerkulturen beinhaltet. In diesem Anbausystem sind nahezu alle anbauwürdigen Kulturpflanzen nutzbar und können sowohl im Rein- als auch im Mischanbau angebaut werden. Dabei sind aber zwischen den verschiedenen Pflanzenarten unterschiedliche Ertragspotenziale zu erwarten. Die Eignung von Anbausystemen ist standortabhängig, da Faktoren wie Niederschlagsmenge, Vegetationsdauer, Bodenqualität, Einstrahlungsaspekte usw. einen großen Einfluss auf Pflanzenwachstum und Ertrag haben. Daher wurden über einen Zeitraum von drei Jahren an sieben Standorten über Deutschland verteilt verschiedene Varianten von Zweikulturnutzungssystemen vergleichend mit herkömmlichen Hauptkultursystemen untersucht und hinsichtlich ihrer Biomasse- und Methanerträge, der Trockenmassegehalte sowie der Ertragsstabilität untersucht.

Für eine Bewertung landwirtschaftlicher Biomasseanbau- und Nutzungssysteme unter zukünftigen Klimabedingungen ist der Einsatz von Pflanzenwachstumsmodellen unerlässlich. Im Rahmen des Forschungsprojektes KLIMZUG-Nordhessen werden Anpassungsstrategien im Energiepflanzenanbau für Biogasanlagen, hinsichtlich der zu erwartenden Klimaänderungen unter Einsatz des Simulationsmo-

dells HERMES (Kersebaum, 2007) untersucht. Ziel dieser Studie ist es, anhand der Simulationsergebnisse das Zweikulturnutzungssystem (Graß und Scheffer, 2005) als Anpassungsstrategie im Vergleich zum herkömmlichen Maisanbau unter veränderten Klimabedingungen bewerten zu können.

Methoden

Standort- und Genotypeffekte

An sieben Standorten in Deutschland (1. Dornburg - Thüringen, 2. Gülzow - Mecklenburg-Vorpommern, 3. Haus Düsse - Nordrhein-Westfalen, 4. Rauischholzhausen - Hessen, 5. Straubing - Bayern, 6. Werlte - Niedersachsen, 7. Witzenhausen - Hessen) wurden in den Erntejahren 2006-2008 drei Hauptkulturvarianten (Mais und Sonnenblumen nach abgefrorenem Senf, Aussaat Ende April sowie Winterroggen als GPS in der Teigreife geerntet) und 12 Zweikulturnutzungssysteme (3 Erstkulturen: Rübsen, Roggen, Roggen-Erbsen-Gemenge; gefolgt von je 4 Zweitkulturen: Mais, Hirse, Sonnenblumen, Mais-Sonnenblumen-Gemenge) vergleichend untersucht. Der Versuch wurde mit zwei Wiederholungen in einem Split-Plot-Design angelegt, mit den Erstkulturen bzw. der Zwischenfrucht als Großteilstückfaktor und den Zweit- bzw. Hauptkulturen als Kleinteilstückfaktor. Die Düngung erfolgte gemäß Werten durchschnittlicher Pflanzenentzüge und der ortsblich empfohlenen Menge der landwirtschaftlichen Beratung.

Klimaeffekte

Die für eine Validierung des Modells HERMES benötigten Daten wurden in zweijährigen Feldversuchen (vollständig randomisierte Split-Plot-Anlage mit vier Wiederholungen) auf den Versuchsflächen der Universität Kassel erhoben. Neben der Standardkultur Silomais (SM) (*Zea mays* L., Sorte Atletico) wurden Sonnenblume (SB) (*Helianthus annuus* L., Sorte Methasol), Hirse (SH) (*Sorghum bicolor* (L.) Moench, Sorte Róna1) und Sudangras (SU) (*Sorghum bicolor* L. Moench x *Sorghum sudanese*, Sorte Susu) sowohl im herkömmlichen Anbausystem als Hauptkultur, als auch im Zweikulturnutzungssystem nach Winterroggen (WR) (*Secale cereale* L., Sorte Vitallo) geprüft. Die Ertragsentwicklung wurde durch die Ermittlung des Trockenmasse- (TM) Ertrages mittels 14-tägiger Zeiternten erfasst. Nach erfolgter Modellvalidierung wurden unter Eingabe von Klimamodelldaten (Emissions-Szenario: SRES-A1B, globales Klimamodell: ECHAM5/MPI-OM, Downscaling-Methode: WETTREG 2010, Kreienkamp et al. 2010) Simulationen bis zum Jahr 2100 durchgeführt. WETTREG liefert in 10 Simulationsläufen (Lauf 0 bis Lauf 9) täglich simulierte Klimamodelldaten auf Basis der DWD-Wetterstation Göttingen. Zusätzlich wurden die prognostizierten Änderungen der CO₂-Konzentrationen in der Atmosphäre bis zum Jahr 2100 (SRES-A1B) in das Modell HERMES eingegeben. Zur Überprüfung der WETTREG-Klimamodelldaten wurde zunächst eine Vergleichsanalyse der HERMES-Simulationen mit den historischen Wetterdaten und den WETTREG-Daten von 1961 bis 2010 durchgeführt. Anschließend erfolgte eine Auswertung der Simulation der Trockenmasseerträge.

Ergebnisse

Standort- und Genotypeffekte

In Abb. 1 sind beispielhaft die TM-Erträge an den Standorten Rauischholzhausen und Witzenhausen dargestellt. An allen Standorten wurden die jeweils höchsten TM- und Methan-Erträge bei den Anbausystemen erzielt, in denen Mais angebaut wurde. Dabei lag an fast allen Standorten der Gesamtjah-

resertrag der Zweikulturnutzungssysteme mit Mais höher als der Maisertrag im Hauptkulturanbau, was aber nur am Standort Gülzow statistisch abgesichert werden konnte. Die anderen Sommerungen erreichten geringere Erträge als der Mais. Die intensive Züchtungsarbeit beim Mais in den letzten Jahrzehnten bewirkt ein höheres Ertragsniveau und ermöglicht die Auswahl standortgerechter Sorten. Bei den Erstkulturen wurden mit Roggen und Roggen-Wintererbsen deutlich höhere Erträge als mit Rüben erzielt. Der Anteil der Erstkulturen am Gesamtertrag ist an den eher benachteiligten Standorten deutlich höher als an den Gunststandorten, wo die Sommerkulturen höhere Gesamtertragsanteile aufweisen. Insgesamt zeigten die Zweikulturnutzungssysteme an allen Standorten eine höhere Ertragsstabilität als die Hauptkultursysteme. Dabei wiesen die Anbausysteme mit Mischanbaukomponenten (Wintererbsen-Roggen bei den Erst- und Mais-Sonnenblume bei den Zweikulturen) besonders hohe Werte für die Ertragsstabilität auf. Dieser Faktor gewinnt angesichts der Zunahme von Wetterextremen infolge des Klimawandels an Bedeutung. TM-Gehalte lagen bei Hauptkulturen immer höher als bei den vergleichbaren Zweikulturen, was z.T. zu Problemen bei der Silierung führen könnte. Hier besteht hinsichtlich der geeigneten Sortenwahl bei späteren Saatterminen weiterer Forschungsbedarf.

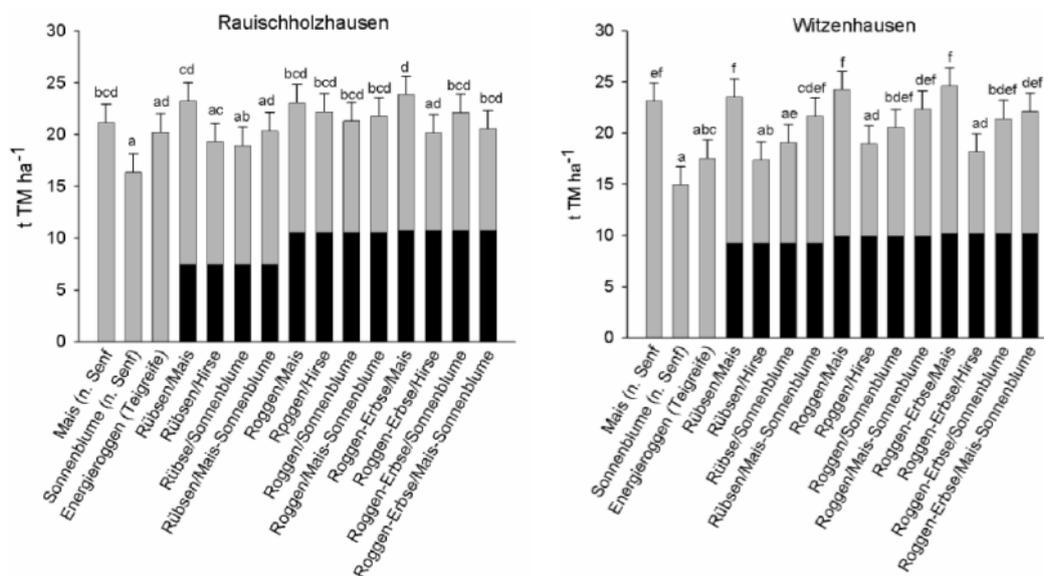


Abb. 1: TM-Erträge verschiedener Energiepflanzenanbausysteme an den Standorten Rauschholzhausen und Witzhausen, Mittelwert der Jahre 2006-2008. Unterschiedliche Buchstaben beschreiben signifikante Unterschiede zwischen den Varianten ($p < 0,05$).

Klimaeffekte

Nach erfolgter Modellkalibrierung anhand der erhobenen Versuchsdaten für den Bodenwassergehalt und die Biomasseentwicklung, zeigte ein Vergleich der Simulationsergebnisse mit den gemessenen Werten durch eine lineare Regression für alle Kulturen sehr hohe Bestimmtheitsmaße (r^2) von 0,80 bis 0,99. Die Enderträge wurden mit einem mittleren Fehler von $0,86 \text{ t ha}^{-1}$ gut simuliert (Abb. 2). Demnach kann das Modell HERMES für Simulationen mit Klimamodelldaten an diesem Standort eingesetzt werden. Der Vergleich der Ertragssimulationen von Wetterdaten und Klimamodelldaten (1961 bis 2010) zeigt eine höhere jährliche Variabilität im TM-Ertrag der historischen Wetterdaten, dennoch werden die Erträge auf dem gleichen Niveau simuliert (nicht dargestellt). Für die Betrachtung der zu-

künftigen Erträge (2011 bis 2100) ist davon auszugehen, dass hier nicht die volle Variabilität erreicht wird, Tendenzen aber plausibel wiedergegeben werden können.

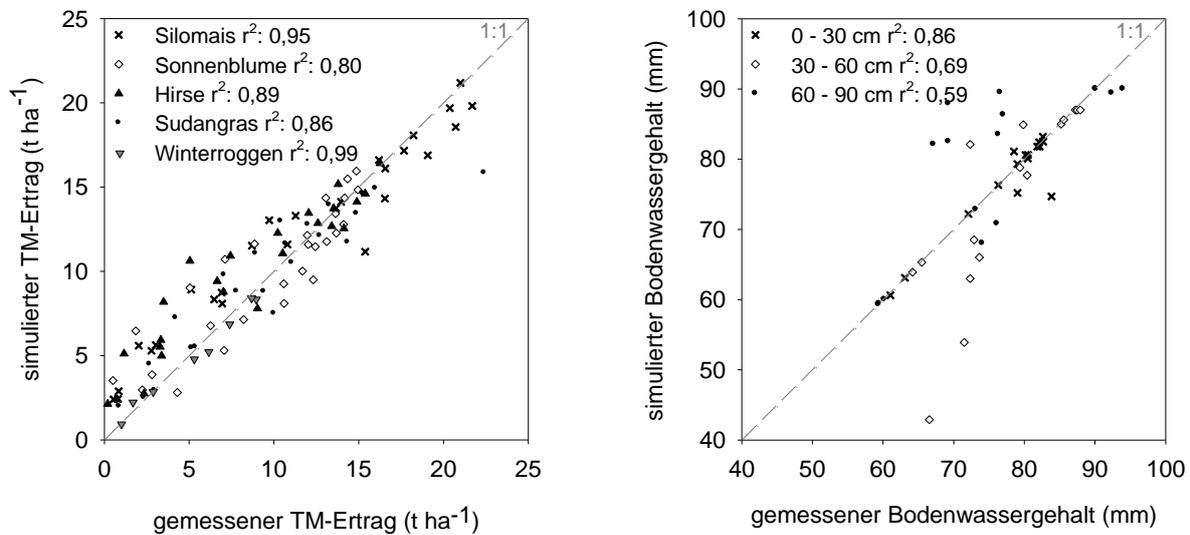


Abb. 2: Vergleich der simulierten TM-Erträge ($t\ ha^{-1}$) mit den gemessenen TM-Erträgen der geprüften Kulturarten in zwei Versuchsjahren sowie der Vergleich der Bodenwassergehalte (mm) in drei unterschiedlichen Tiefen.

Die Simulationen der TM-Erträge für die beiden geprüften Anbausysteme zeigen für Silomais (Abb. 3), aber auch für die Kulturarten Hirse, Sudangras und Sonnenblume (nicht dargestellt) einen deutlichen Rückgang der Erträge ab ca. 2050. Die Erstkultur Winterroggen weist hingegen einen deutlichen positiven linearen Trend auf (Änderung des TM-Ertrages, lineare Regression 2011 - 2100: $+ 5,8\ t\ ha^{-1}$, $R = 0,80$). Der Winterroggen kann als Erstkultur die Winterfeuchte gut ausnutzen und profitiert zusätzlich von dem prognostizierten früheren Beginn der Vegetationsperiode durch höhere Temperaturen im Frühjahr. Ferner hat der Anstieg der CO_2 -Konzentration in der Atmosphäre einen positiven Düngereffekt auf den Winterroggen als C3-Pflanze. Die TM-Erträge des Silomais werden vor allem durch den Rückgang der Niederschläge ab ca. 2050 beeinflusst (Abb. 2).

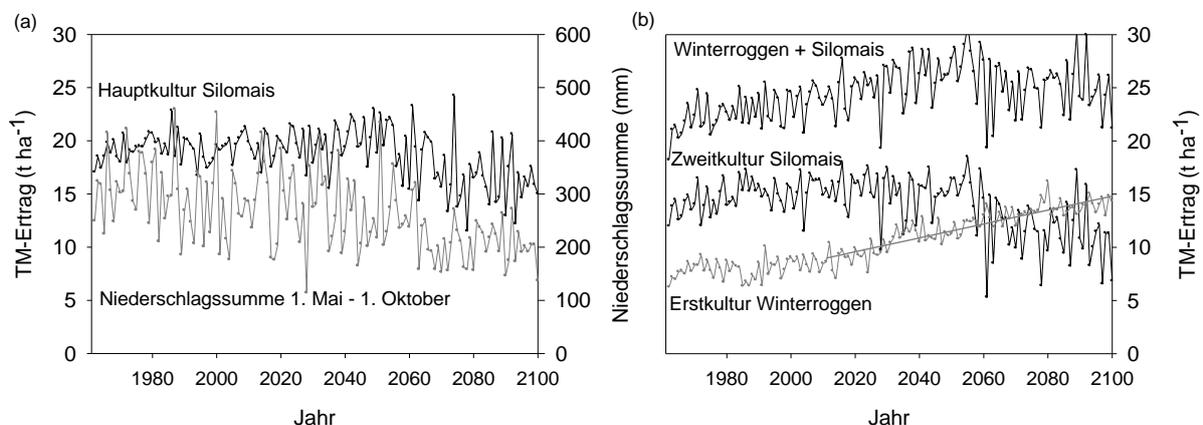


Abb. 3: Simulation der jährlichen TM-Erträge (exemplarisch für WETTREG Lauf 1) für Silomais in Hauptkulturnutzung sowie die simulierte Niederschlagssumme im Zeitraum 1. Mai bis 1. Oktober (a)

und die Simulationen für das Zweikulturnutzungssystem (b) mit Winterroggen als Erst- bzw. Silomais als Zweitkultur und dem gesamten Jahresertrag.

Ein Vergleich der beiden geprüften Anbausysteme anhand der erstellten Produktionsszenarien zeigt demnach, dass die Erstkultur Winterroggen im Zweikulturnutzungssystem den Ertragsrückgang der Zweitkultur Silomais kompensieren und somit ein höherer Gesamtjahresertrag als bei Mais in Hauptkulturnutzung erreicht werden kann. Durch den Anbau von zwei Kulturarten in einem Jahr könnte also eine bedeutende Risikominimierung im Hinblick auf zu erwartende Klimaänderungen erreicht werden.

Schlussfolgerung

Zweikulturnutzungs-Systeme weisen einige agronomische und ökologische Vorteile auf, die sie für die Entwicklung von Klimaanpassungsstrategien im Pflanzenbau interessant machen. Wenngleich eine adäquate Ertragsleistung für viele Standorte und eine Überlegenheit in Modellszenarien nachgewiesen ist, so ist eine umfangreichere regional-typische Erprobung dieses neuen Anbausystems unter praktischen Verhältnissen notwendig. Die genetischen Potenziale der verwendeten Pflanzenarten sind angesichts der andersartigen Saat- und Wachstumszeiten in Zweikulturnutzungs-Systemen nicht einmal ansatzweise erforscht.

Literatur

- Graß, R. und K. Scheffer (2005): Alternative Anbaumethoden: Das Zweikulturnutzungssystem. *Natur und Landschaft* 9/10, 435-439.
- Graß, R. (2003): Direkt- und Spätsaat von Silomais Ein neues Anbausystem zur Reduzierung von Umweltgefährdungen und Anbauproblemen bei Optimierung der Erträge. Dissertation Universität Kassel, Cuvillier Verlag.
- Kersebaum, K.C. (2007): Modelling nitrogen dynamics in soil-crop systems with HERMES. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 77, 39-52.
- Kreienkamp, F., A. Spekat, W. Enke (2010): Ergebnisse eines regionalen Szenarienlaufs für Deutschland mit dem statistischen Simulationsmodell WETTREG2010. Abschlussbericht des Umweltbundesamtes UBA, 48 S.

Raumentwicklung und Klimawandel

From cutting downpipes towards a shifting approach in coastal management: spatial challenges in practice!

Marnix de Vriend

Aquae/ Aqua-δ Consult BV, Nijmegen, Die Niederlande

Zusammenfassung/ Summary

In the introduction to his keynote speech Marnix will address the general paradigm shift towards “embracing” the water instead of (only) “fighting” it. He believes that both in the Netherlands, the United Kingdom, Germany and the rest of the world man can benefit by “embracing the water”, meaning: being aware of its risks, always be prepared to avoid catastrophe but at the same time, benefit from living with water, and exploit the dynamics between fresh and salt water exchange, tidal movements and surface and groundwater in the built environment.

In “successfully embracing the water” it is paramount that the language of ordinary people is understood. Only if we reach out to the hearts of local tenants and owners of buildings and infrastructure will we really manage to get things done and be better prepared for the inevitable climate change.

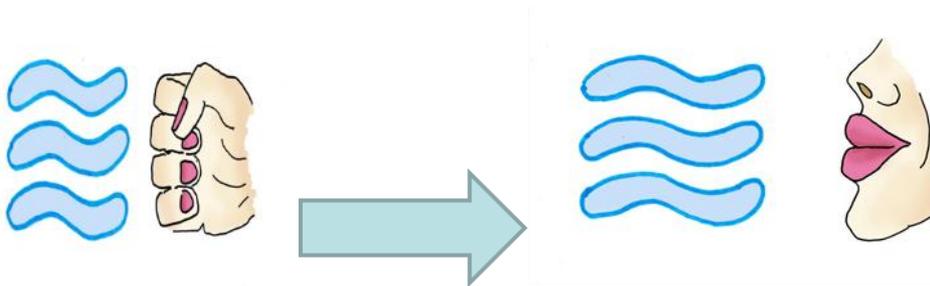


Figure 1: Beside fighting the water a lot of new beneficial possibilities can be created if we change our attitude and try to embrace water or even kiss it gently.

In terms of water management this would mean we will have to listen carefully to what direction natural processes want to direct us, try to adapt to climate tendencies and exploit the presence of water in whatever project on both a local, regional, national, international and finally a global scale. Precious changes have always started bottom-up.

After the Industrial-, the French- and the Russian revolution it is about time to give the world a new shock therapy: embracing the water to sire a climate proof society!

After explaining his personality through professional and personal experiences and presenting the contents of this keynote speech, Marnix explains a little on the extraordinary circumstances in his country facing sea level rise and climate change, the dark side of the Delta works and the changing attitudes to tackle the challenges of the future. Then he illustrates this with a number of real projects that he has been managing during the past 5 years.

He will first go into the weak link project of West Zeeuwsch-Vlaanderen with a coastal retreat to give room for a combination of sand, safety, salt water intrusion, birds, tourism and employment to the benefit of a deprived region in the southwest delta area.

and visualizations understandable for both for ordinary people as well as their politicians. He did so by applying the methodology of opportunity mapping. Figure 3 visualizes the result for one of the areas within the Great London Authority.

In his address Marnix will explain the UK approach, the differences in insurance policies regarding flooding from the back (tributaries), the UK perception of defending critical infrastructure and the striking differences in Standards of Protection (SOP's) on both sides of the North Sea. He will then briefly go into the concept of risk analysis as historically developed within the British context and finally present some of the results of TE2100.

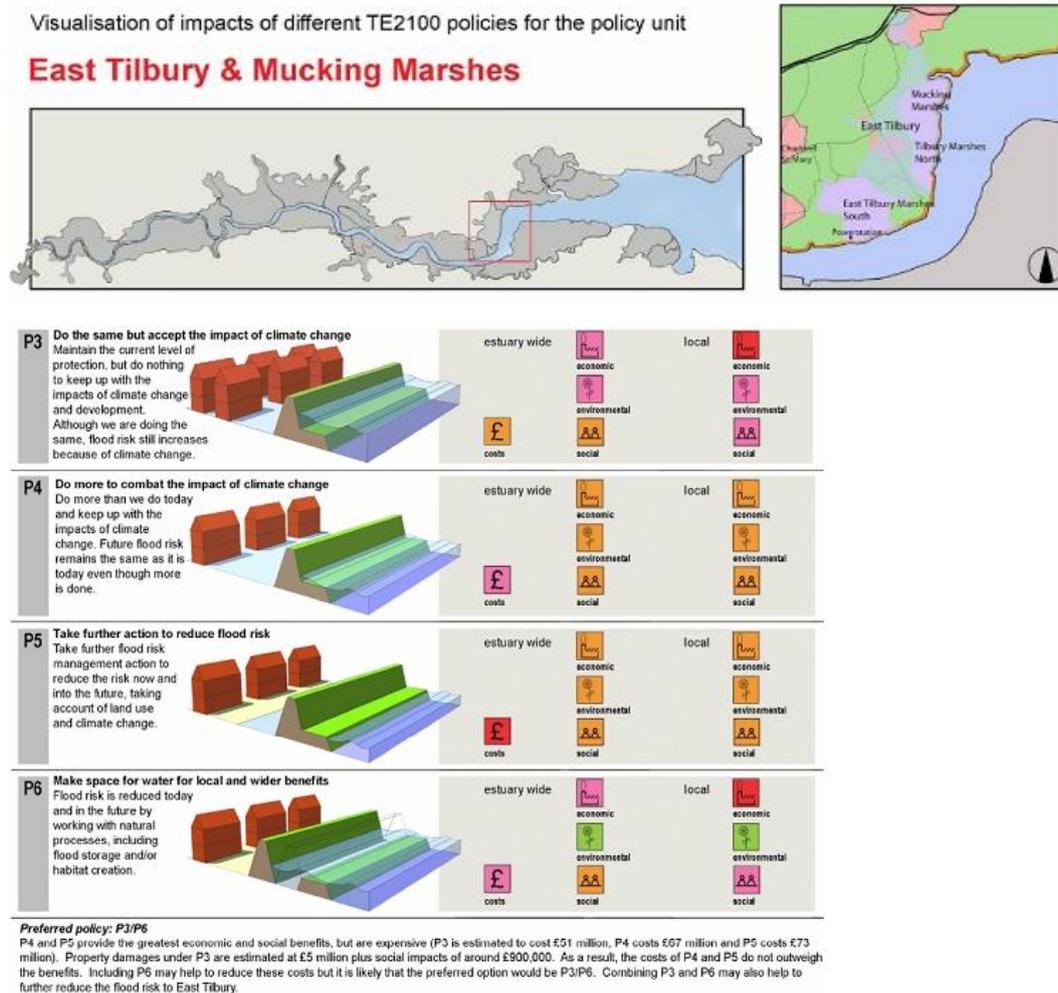


Figure 3: Visualization for East Tilbury & Mucking Marshes, one out of the 36 regions along Thames Estuary, for different flood defence scenario's, as prepared by Marnix de Vriend of Aquae Nijmegen (at that time working for Royal Haskoning) using his newly developed methodology of opportunity mapping (with John Ash of RPA Norwich for the Environment Agency, Greenwich, 2009-2010).

In his final remarks Marnix will go into recommendations also for German climate adaptation policies and measures, especially those concerning flood issues.

In his opinion central planning is eminent and should be improved in Germany. Besides the joy of natural dynamics is not always recognized yet.

If time is still available Marnix will conclude by showing a short movie on how his own city Nijmegen will change dramatically the coming 2 years by embracing the river Waal as a result of the option the politicians finally selected for making space for the river there: Room for the Waal in Nijmegen!

Finally as a manager of Aquae Nijmegen he invites everybody to come over to The Netherlands and London to actually see the projects under construction there.

Aquae and Aquae-δ Consult BV Nijmegen



Figure 4: As a manager of both Aquae (excursions for global water managers in The Netherlands and the United Kingdom) and Aqua-δ consult BV, Nijmegen Marnix de Vriend welcomes his German friends to visit him there (www.aquaexcursionsmarnix.com and www.aqua-deltamarnix.com)

Wasserwirtschaftliche Auswirkungen des Klimawandels - mit angepassten Gewässerentwicklungskonzepten zum Guten Ökologischen Zustand

Petra Podraza

Zentralbereich Kooperationslabor, Ruhrverband Essen, Deutschland

Zusammenfassung

Der Klimawandel wird nach den Ergebnissen der meisten Modelle dazu führen, dass sich die Temperaturen in Deutschland v.a. im Sommer erhöhen werden, wobei in dieser Jahreszeit die Summe der Niederschläge zurückgehen wird. Dafür werden die Niederschlagssummen v.a. im Herbst ansteigen. Zudem werden auch die Frequenz und das Ausmaß der Starkregenereignisse deutlich zunehmen. Der Grad dieser Veränderungen ist auch in Deutschland regional verschieden und damit auch die zu erwartenden Veränderungen in den Fließgewässern. Verschiebungen in den Niedrigwassersituationen bis hin zum Trockenfallen und veränderte Hochwasserregime wirken zum einen direkt auf die aquatischen Organismen mit ihren ökologischen Präferenzen, zum anderen werden durch Änderungen des Erosions- und Sedimentationsverhalten und die durch erhöhte Temperaturen veränderten Stoffumsätze die Habitatbedingungen geändert. All dies wird dazu führen, dass selbst bei sonst unveränderten Bedingungen sich der ökologische Zustand verschlechtern wird. Maßnahmen sollten daher darauf ausgerichtet sein, die zu erwartenden Effekte zu verringern, wobei dies nicht für alle Effekte möglich sein wird. Unter Berücksichtigung der Unsicherheiten in den regionalen Klimamodellen sollte daher zunächst „no regret-Maßnahmen“ der Vorrang gegeben werden. Auch Anpassungen der Bewertungsverfahren an sich ändernde Referenzbedingungen werden ggf. notwendig werden.

Wasserwirtschaftlich relevante Aspekte des Klimawandels

Für die Bewirtschaftung von Still- und Fließgewässern sind besonders die zu erwartenden Änderungen in den Niederschlägen relevant, da diese sich direkt auf das Abflussregime bzw. den Wasserstand auswirken. Dies beeinflusst z.B. die Gerinnebettmorphologie und die Sedimentzusammensetzung. Erhöhte Wassertemperaturen verändern den Stoffumsatz und die Löslichkeit von Gasen, Saprobie und Trophie ändern sich. Die Veränderungen der abiotischen Rahmenbedingungen werden zu einer veränderten Zusammensetzung der aquatischen Lebensgemeinschaften führen, die, verglichen mit den aktuellen Referenzbedingungen, als schlechter zu bewerten ist. Im Nachfolgenden werden stichwortartig die zu erwartenden ökologisch wirksamen Veränderungen, untergliedert nach Wirkungsebene, zusammengestellt, ohne Anspruch auf Vollständigkeit. Wirtschaftliche Effekte oder Auswirkungen auf die weitere menschliche Entwicklung bleiben hier bewusst unberücksichtigt.

A: Mögliche hydrologisch/hydraulische Effekte des Klimawandels

- Verringerung des Niedrigwasserabfluss (NQ)
- Verlängerung der Niedrigwasserphasen
- Periodisches Trockenfallen ehemals permanent Wasser führender Quellen, Bachoberläufe und Seen bzw. Tümpel
- Verlängerung der Trockenphase bei aktuell natürlicherweise periodisch Wasser führender Gewässer (z.B. in Karstgebieten oder organische Gewässer)
- Erhöhte Frequenz von Starkregenereignissen im Sommer mit entsprechenden Abflusswellen

- Erhöhter mittlerer Abfluss (MQ) im Herbst und Winter
- Erhöhte Verdunstung durch erhöhte Wassertemperatur
- Verringerung der Zeit mit Eisbedeckung durch erhöhte Wassertemperatur
- Verstärktes Schmelzen der Gletscher durch erhöhte Wassertemperatur
- Reduzierung der Fließgeschwindigkeiten, Turbulenzen und Schleppkräfte bei reduziertem Abfluss \Rightarrow ggf. verringerte Wiederbelüftung

B: Mögliche physikochemische Effekte des Klimawandels

- Erhöhte Wassertemperaturen (Mittelwerte und Extrema)
- Verringerte Löslichkeit von Gasen (z.B. O_2) durch erhöhte Wassertemperatur
- Erhöhter Nährstoffeintrag bei Starkregenereignissen durch natürlichen Oberflächen-Abschwemmungen und Einleitungen der Siedlingsentwässerung
- Gleichgewichtsverschiebung $NH_4^+ \rightarrow NH_3$ (Emerson et al. 1975) durch erhöhte Wassertemperatur
- Schnellerer Stoffumsatz (z.B. BSB-Abbau) durch erhöhte Wassertemperatur \Rightarrow RGT-Regel
- Geringere Dichte bzw. Viskosität des Wassers durch erhöhte Wassertemperatur \Rightarrow relevant für Plankton (und in geringem Maße für Sohlschubspannung)
- Erhöhung des pH-Wertes bei silikatischen Gewässern durch verstärkte Photosynthese
- Ungünstige Verdünnungsverhältnisse für Einleitungen bei reduziertem Abfluss \Rightarrow ggf. Überschreitung von Grenzwerten
- Bei anthropogenen Einleitungen in trocken gefallene Gewässer ggf. Infiltration ins Grundwasser
- Ggf. Versalzung von Böden bei Bewässerung und Düngung mit Abschwemmung der Salze bei Regen

C: Mögliche morphologische Effekte des Klimawandels

- Zunahme der Anzahl trocken fallender Quellen und Bäche
- Eintiefung und Verbreiterung der Fließgewässer-Profile durch erhöhte Frequenz von Starkregenereignissen mit bettbildenden Abflüssen ($Q > HQ_{2p.nat.}$)
- Rückgang des Anteils von Feinsedimenten in Mittelgebirgsgewässern durch verstärkte Erosion während Starkregenereignissen und durch erhöhten MQ im Herbst und Winter

D: Mögliche Folgen für die aquatische Fauna und Flora

- Zu langes Trockenfallen natürlich-periodischer Fließgewässer \Rightarrow Ausfall der speziell an periodische Gewässer angepassten Biozönose
- Trockenfallen ehemals permanent Wasser führender Gewässer \Rightarrow Ausfall der Fische und der auf permanente Wasserführung angewiesenen Arten des Makrozoobenthos (MZB), der Makrophyten sowie der benthischen Algen
- Rückgang kaltstenothermer Arten
- Erhöhung der Generationszahl bei polyvoltinen Insektenarten, z.B. Schadarten der Simuliiden (Kriebelmücken)

- Überschreitung der Temperaturpräferenzen der stärker stenothermen Arten (kein sofortiger Ausfall, aber Rückgang der Reproduktion und Erhöhung der Mortalitätsraten durch Temperatur- und ggf. Sauerstoffstress)
- Verschiebung der Emergenz und Flugzeiten bei aquatischen Insektenarten \Rightarrow kann ggf. zum Schlupf im Winter führen
- Sauerstofflimitierung stenoxibionter Arten
- NH_3 -Toxizität v.a. bei Fischen
- Die Toxizität vieler Schadstoffe verstärkt sich bei erhöhten Wassertemperaturen
- Katastrophendriftverluste bei Starkregenereignissen können bei kritisch erhöhter Frequenz die Reproduktionsraten überschreiten \Rightarrow allmählicher Abundanzrückgang bis zum Aussterben
- Erhöhte Erosion der Gewässersohle und der Ufer reduzieren die Makrophytenvorkommen.
- Verstärkte Entwicklung von Keimen bei erhöhten Wassertemperaturen
- Schnellerer Abbau von Keimen durch UV-Strahlung (mehr Schönwettertage mit hoher Solarstrahlung)
- Verschiebung der Strömungspräferenzverteilung des MZB \Rightarrow Zunahme der Strömungsindifferenten Arten
- Verschiebung der längszonalen Verbreitungspräferenzen \Rightarrow Potamalisierung bei MZB und Fischen
- Zunahme der (invasiven) Neobiota
- Zunahme der Trophie in Stillgewässern durch Beschleunigung des Stoffumsatzes und Verschiebung des planktischen Nahrungsnetzes
- Veränderung der Habitatpräferenzen des MZB durch Erosion der Feinsedimente im Mittelgebirge durch Starkregenereignisse und erhöhten MQ. Hierdurch auch Rückgang kieslaichender Fischarten
- Kolmatierung des Intersitials durch verstärkten Abschwemmungen von Feinsedimenten (AFS: abfiltrierbare Feststoffe) aus dem Umland bei Starkregenereignissen und verstärkte Sedimentation bei Rückgang der Abflüsse bis zum Trockenfallen. \Rightarrow Rückgang interstitialbewohnender Arten des MZB, Rückgang kieslaichender Fischarten
- Erhöhte Trübung im Herbst und Winter durch längere Regenperiode wahrscheinlich ohne Auswirkung auf benthische Algen
- Zunahme der Ubiquisten und Rückgang der Leitarten bei allen biologischen Qualitätskomponenten der EG-WRRL.

Maßnahmen zur Erreichung des Guten Ökologischen Zustands (GÖZ)

Bei der Maßnahmenplanung ist zwischen regionalen, d.h. großräumigeren Bewirtschaftungskonzepten, wie z.B. dem Flussgebietsmanagement und der konkreten Maßnahmenplanung für Gewässer bzw. Gewässerabschnitte, wie sie die Gewässerentwicklungskonzepte (GEK) zum Ziel haben, zu unterscheiden. Die oben stehende Zusammenstellung möglicher Auswirkungen des Klimawandels auf die Gewässer zeigt, dass diese sowohl auf großräumigen Veränderungen aber auch auf eher lokalen Veränderungen herrühren. Maßnahmen zu deren Minimierung müssen daher auch auf den jeweiligen Skalenmaßstab bezogen sein. Im Folgenden werden mögliche Maßnahmen mit direktem Bezug auf oben genannte ökologische Effekte des Klimawandels stichwortartig zusammengestellt, ohne Anspruch auf Vollständigkeit.

A: Einzugsgebietsbezogene Maßnahmen zu Stärkung der Niedrigwassersituation

- Maßnahmen der Regenwasserversickerung zur Anreicherung des Grundwassers und Erhöhung der Quellschüttung
- Verringerung der Versiegelung, Entflechtungskonzepte, Fremdwasserreduzierung
- Beschränkung der Wasserentnahme aus Oberflächenwasser und Grundwasser auf ein gewässerträgliches Maß, ggf. Anpassung der Mindestwasserführung
- Monitoring des Abflussgeschehens und der biologischen Qualitätskomponenten zur Abschätzung der zu erwartenden Veränderungen und ggf. zu deren Dokumentation

B: Lokale Maßnahmen zur Reduzierung des Temperatureinfluss

⇒ Besonders relevant für Quellen und Oberläufe, da diese v.a. von kaltstenothermen, und damit besonders gefährdeten Arten besiedelt werden.

- Beschattung durch Gehölze
- Aufgabe künstlicher Staubereiche im Hauptschluss
- Kritische Prüfung bei Abwärmeeinleitungen
- Monitoring des Temperaturhaushaltes und der biologischen Qualitätskomponenten zur Abschätzung der zu erwartenden Veränderungen und ggf. zu deren Dokumentation

C: Lokale Maßnahmen zur Sicherung einer ökologisch verträglichen Wasserqualität

- Berücksichtigung der ungünstigeren Verdünnungsverhältnisse von periodischen und dauerhaften Einleitungen während verschärfter Niedrigwassersituation (ggf. weitergehende Behandlung, Verlegung der Einleitung oder Unterbrechung der Einleitungssituation (Beispiel Werra))
- Beidseitige Uferstreifen mit Gehölzen zur Reduzierung oberflächennaher Einschwemmungen (Feinsediment, Nährstoffe) bei Starkregenereignissen, Flächennutzung mit guter fachlicher Praxis für die Landwirtschaft
- Beschattung durch Gehölze zur Reduzierung einer fortschreitenden Eutrophierung
- Monitoring der Wasserqualität und der biologischen Qualitätskomponenten zur Abschätzung der zu erwartenden Veränderungen und ggf. zu deren Dokumentation

D: Lokale Maßnahmen zur Reduzierung von Erosions- und Sedimentationsprozessen

- Naturnahe Gerinnebettmorphologie mit früher Möglichkeit der Ausuferung
- Beidseitige Uferstreifen mit Gehölzen zur Reduzierung der Ufererosion
- Anlage von Flutpoldern oder HRBs zum Schutz unterhalb gelegener Siedlungsgebiete mit Zwangspunkten für die Ausuferbarkeit (⇒ Verringerung des hydraulischen „Düseneffekts“ in räumlich beengten Lagen) als Anpassung an verschärfte und häufiger eintretende Hochwassersituationen und Starkregenereignisse
- Anpassung von Einleitungsmengen an geändertes Abflussregime
- Ggf. Sedimentmanagement und künstliche Flutwellen zur Verhinderung einer fortschreitenden Kolmatierung der Gewässersohle
- Monitoring der Wasserqualität und der biologischen Qualitätskomponenten zur Abschätzung der zu erwartenden Veränderungen und ggf. zu deren Dokumentation

Guter ökologischer Zustand durch Änderung der Zielvorgaben

Sollten die Auswirkungen des Klimawandels zumindest lokal gravierend ausfallen, sind auch oben aufgeführte Maßnahmen nicht in der Lage, die Effekte mit negativen Auswirkungen auf den ökologischen Zustand soweit abzuschwächen, dass nach aktueller Definition die biologischen Qualitätskomponenten einen guten ökologischen Zustand indizieren werden. In diesem Fall ist zu überlegen, die Referenzbedingungen der Gewässertypen an die kurz- und mittelfristig als irreversibel einzustufenden, klimabedingten Veränderungen anzupassen.

Problem Neobiota

Viele der in Deutschland als invasiv eingestuften Neophyten und Neozoen sind eurytherm oder gelten sogar als wärmelieben. Ihre Ausbreitung wird daher durch den Klimawandel wahrscheinlich gefördert. Da das Massenvorkommen von Neobiota in den Bewertungsverfahren negativ bewertet wird, führt auch deren Ausbreitung zu einer Verschlechterung des ökologischen Zustands. Maßnahmen zur Wiederherstellung der Durchgängigkeit öffnen dabei die Ausbreitungskorridore auch für Neobiota. In Sonderfällen, zur Sicherung gefährdeter heimischer Arten (z.B. des europäischen Edelkrebs *Astacus astacus*) vor der Invasion von Neobiota, die zum Auslöschen der heimischen Bestände führen würden, sollte daher auf die Herstellung der Durchgängigkeit verzichtet werden.

Unsicherheit der Klimamodelle

Besonders die regionalen Klimamodelle sind noch mit einer relativ hohen Unsicherheit behaftet. Eine Dimensionierung von Anlagen der Siedlungsentwässerung, Hochwasserrückhaltebauwerke, Deiche usw. auf die berechneten Änderungen durch den Klimawandel ist daher kritisch zu hinterfragen, da sowohl Über- wie auch Unterdimensionierungen möglich sind, was damit zu wirtschaftlichen Fehlentwicklungen führen kann. Nach derzeitigem Kenntnisstand sind daher „no regret-Maßnahmen“ zu bevorzugen, die den ökologischen Zustand verbessern und möglichen Auswirkungen des Klimawandels entgegenwirken. Das Ausmaß dieser Wirkung ist jedoch quantitativ nicht zu prognostizieren. Vor allem Maßnahmen zur naturnahen Gewässerentwicklung und zur Wiederherstellung des natürlichen Wasserkreislaufs sind Beispiele für solche „no regret-Maßnahmen“. Wichtig ist es dabei, die möglichen Effekte des Klimawandels auf die aquatischen Ökosysteme genau zu beobachten und zu beschreiben, um dabei zu prüfen, welche Maßnahmen in welchem Ausmaß sich minimierend auf diese Veränderungen auswirken ⇒ „learning by doing“.

Klimawandel (k)ein Thema der Natura 2000- Managementplanung – Wünsche, Hoffnungen und die Realität

Frank Berhorn¹ und Lena Strixner²

¹ Stiftung NaturSchutzFonds Brandenburg, Deutschland

² Centre for Economics and Ecosystem Management, Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde (HNEE),
Deutschland

Zusammenfassung

Grundsätzlich sieht sich die Natura 2000-Managementplanung vor die Herausforderung gestellt, relativ eng definierte, sich in einen bestimmten Zustand befindende Ökosysteme in relativ kleinen FFH-Gebieten in einer sich ständig ändernden Umwelt erhalten zu wollen. Hinzu kommt, dass die Ökosysteme selbst natürlicherweise in keinem vom Menschen definierten Zustand verharren und einige der geschützten Lebensraumtypen nur durch eine dauerhafte Pflege bzw. Nutzung bewahrt werden können (z. B. Trockenrasen oder Heide).

Nicht nur die Dynamik der Natur, sondern auch ihre Verflechtung mit dem sozioökonomischen System (Globaler Wandel) nimmt erwartungsgemäß durch den Klimawandel noch zu.

Am Beispiel der Natura 2000-Managementplanung in Brandenburg wird diskutiert, wie auf dieser kleinräumigen Ebene eine Berücksichtigung der Folgen des Klimawandels möglich ist.

Wünsche, Hoffnungen und die Realität

Nachfolgend soll exemplarisch skizziert werden, welche Wünsche und Erwartungen im Rahmen des Managements von Natura 2000-Gebieten auf den unterschiedlichen Ebenen bestehen.

Im Juli 2012 hat die EU-Kommission mit einem Leitlinienentwurf für Klimaanpassungsmaßnahmen beim Management von Natura-2000-Gebieten Ziele veröffentlicht, wie die Biodiversität in Natura 2000-Gebieten zu erhalten ist (European Commission 2012):

1. die bestehenden Belastungen zu verringern;
2. die Heterogenität der Ökosysteme zu gewährleisten;
3. die Vernetzung untereinander zu erhöhen;
4. die abiotischen Bedingungen zu bewahren;
5. die Auswirkungen von Extremereignissen zu managen, und
6. andere Maßnahmen einschließlich der entsprechenden Veränderung anderer Politikbereiche wie Raumplanung, Bekämpfung invasiver Arten oder sich ausbreitender Arten.

Das Bundesamt für Naturschutz (BfN) weist auf die Bedeutung der Ökosystemdienstleistung der Natura 2000-Gebiete hin. Die Gebiete sind neben anderen Ökosystemdienstleistungen wichtig für den Klimaschutz, da sie mit ihren Moor-, Auen- und Waldökosystemen natürliche „Kohlenstoffsinken“ darstellen. Durch eine Verbesserung des Wasserhaushalts, wie sie in Brandenburg häufig erforderliche ist, lässt sich die Funktion dieser Ökosysteme als Kohlenstoffspeicher aufrecht erhalten. Das BfN stellt die Natura 2000-Managementpläne daher als ein „wesentliches Instrument zur Steuerung angepasster Optimierungs- und Vermeidungsmaßnahmen vor dem Hintergrund des Klimawandels“ dar (BfN 2011).

Der rezente Klimawandel wird sich auf die wildlebenden Tierarten in Deutschland auswirken. Neben neu einwandernden Arten wird hierzulande in den nächsten Jahrzehnten von einem Rückgang von 5-

30% der Pflanzen- und Tierarten als Folge des Klimawandels ausgegangen. Im Rahmen eines Forschungs- und Entwicklungsvorhabens des BfN erfolgte eine Klimasensibilitätsanalyse (KSA) für 500 prioritäre Zielarten des zoologischen Artenschutzes (RABITSCH et al. 2010). Bewertungskriterien für die artspezifische KSA waren u.a. die Biotopbindung, die ökologische Amplitude, die Migrationsfähigkeit und die aktuelle Bestandssituation. FFH-Arten finden sich in allen drei gebildeten Risikoklassen wider (hoch, mittel, niedrig).

In Brandenburg sind die fachlichen und technischen Anforderungen an die Erstellung der Managementpläne in einem Handbuch zur Managementplanung NATURA 2000 aufgeführt (LUGV 2011). Im Bezug zum Klimawandel sind dort für den Wald relativ konkrete Ausführungen zu finden. Hier wird gefordert, der besonderen Bedeutung der Stabilisierung des Landschaftswasserhaushaltes Rechnung zu tragen. So wird erwartet, die Bewertung und Maßnahmenentwicklung für die verschiedenen Baumarten und Bestandstypen auf die Landschafts-Wasserbilanz und die Grundwasserneubildung hin auszurichten (LUGV 2011, S.10).

Mehr Kompetenz wird von den Planern erwünscht, wenn es um die die Veränderung von Verbreitungsgebieten bestimmter Arten geht. Im Handbuch ist es nach DOYLE & RISTOW (2006 in LUGV 2011) erforderlich:

1. Die bestehenden Ökosysteme sind durch eine Pufferung (lokaler Biotopverbund, große Strukturvielfalt, Wasserhaushaltskonzept zur Verlangsamung des Gebietsabflusses, Nutzungsextensivierung) zu stärken.
2. Es ist ein funktionierender Biotopverbund zu schaffen. Neben dem Netz Natura 2000 wird besonders auf den Biotopverbund nach § 21 BNatSchG verwiesen, der dem Gesetz nach aus Kernflächen, Verbindungsflächen und Verbindungselementen entwickelt und rechtlich gesichert werden soll.
3. Heutige Randvorkommen von Arten und Lebensraumtypen (LRT) können künftige Kernvorkommen sein, da sich Arten aufgrund der veränderten Klimabedingungen in neuen Gebieten verbreiten (z.B. Feuerlibelle *Crocothemis erythraea*) (LUA 2006 in LUGV 2011).

Die Prognose der Lage zukünftiger Verbreitungsgebiete kann somit bei der Entscheidung für oder gegen die Förderung eines LRT oder einer Art ausschlaggebend sein. Grundsätzlich ist für alle maßgeblichen Arten und LRT in einem Gebiet ein günstiger Erhaltungszustand sicherzustellen. Es besteht nach dem Handbuch die Anforderung, dass das Natura 2000-Netz dem Klimawandel und den damit einhergehenden Veränderungen der Ökosysteme durch ein flexibles Management begegnet. Dabei ist (auch für die einzelnen Managementpläne!) die großräumigere Gebietskulisse der FFH-Gebiete zu berücksichtigen und auf die sich ändernden Umweltbedingungen einzugehen (LUGV 2011 S. 10-14).

Lassen sich diese Wünsche in den ersten aktuellen Brandenburger Managementplänen wiederfinden?

Realität

Obwohl es sich bei der Managementplanung um eine sektorale Fachplanung handelt, sind zahlreiche sektorübergreifende Inhalte zu berücksichtigen. Angesichts der Konflikte, die durch gegensätzliche Wünsche der Landnutzer (wie z. B. Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Tourismus, Teichwirtschaft) zu den Zielen des Erhalts der europäischen Schutzgebiete entstehen können, gerät das Thema Anpassung an den Klimawandel leicht zu einem Randthema. Neue Ziele wie z.B. bestimmte Ökosystemdienstleistungen (Kühlung der Landschaft, Stabilisierung des Landschaftswasserhaushalts) oder der Beitrag des Naturschutzes zur Mitigation, die für den Naturschutz und für die Gesellschaft durch den Klimawandel relevanter werden (Strixner et al 2012), finden ebenfalls noch zu selten in der Natura 2000-Managementplanung Niederschlag. Im Fokus stehen, wie es die FFH-Richtlinie vorsieht, einzig der Erhalt und die Entwicklung der Lebensraumtypen und Arten.

Es besteht die Vorgabe des Landes Brandenburg, dass der Klimawandel in der Natura 2000-Managementplanung berücksichtigt werden soll (LUGV 2011, S.9 ff). Allerdings existieren weder ausreichend genaue Anleitungen noch Beispiele. Damit ist die Ausführung dieses Punktes stark abhängig von der fachlichen Kompetenz der Bearbeiter und dem vom Büro geplanten Zeitaufwand für dieses Thema. Von den derzeit 408 FFH-Gebieten die in Brandenburg eine aktuelle Managementplanung erhalten sollen wurden insgesamt 22 fertige und im Entwurf vorliegende Pläne für die nachfolgende Auswertung betrachtet. In diesen ersten gesichteten Natura 2000-Managementplänen wird das Thema Klimawandel daher oft, ähnlich wie die abiotischen Schutzgüter, zu Beginn der Planung dargestellt. Es hat aber keine weiteren Auswirkungen auf die Maßnahmenplanung. Die Bearbeiter der Planung sind bereits mit den vielen anderen Beeinträchtigungen und daraus zu prognostizierenden Entwicklungen stark ausgelastet. Zudem sind die Prognosen des Klimawandels mit dem je FFH-Gebiet erstellten Diagramm der Extremszenarien (<http://www.pik-potsdam.de/services/infothek/klimawandel-und-schutzgebiete>) für die Planer zu wenig greifbar. Die relativ feuchten Sommer der letzten Jahre lassen vielmehr den Eindruck entstehen, die Prognosen können so nicht stimmen. Da einige Managementpläne bereits aufgrund negativer Trends im Wasserdargebot besonders viele Maßnahmen zur Verbesserung des Landschaftswasserhaushalts vorsehen, stellt der Klimawandel hier höchstens ein weiteres Argument zur Umsetzung dieser Maßnahmen dar.

In einigen fertigen Managementplänen befinden sich Angaben über die Risikoklasse der nachgewiesenen Tierarten (Rabitsch et al. 2010). So sind für das FFH-Gebiet Randow-Welse-Bruch u. a. Fischotter (*Lutra lutra*), Mückenfledermaus (*Pipistellus pygmaeus*), Rotbauchunke (*Bombina bombina*), Moorfrosch (*Rana arvalis*) und Schlammpeitzger (*Misgurnus fossilus*) als Arten mit mittlerem Risiko eingestuft. Die Maßnahmenplanung musste aufgrund dieser Einstufung nicht angepasst werden, da die naturschutz- und gebietspezifischen Aussagen zur Habitatsicherung und –verbesserung auch ohne zusätzliche Gefährdungen, wie in diesem Fall der Klimawandel, erforderlich sind.

Schlussfolgerung

Soweit nicht besonders geschützte Arten gerade durch den Klimawandel in ihrem (lokalen) Bestand gefährdet sind, folgt selten ein Bezug auf die prognostizierten Änderungen der abiotischen Verhältnisse. Anhand erster fertiggestellter Managementpläne lässt sich ein erstes Resümee ziehen, wie die Berücksichtigung des Klimawandels in der Natura 2000-Managementplanung integriert werden kann.

Es wird deutlich, dass folgende Grundbedingungen eine wichtige Voraussetzung für eine intensivere Bearbeitung der Thematik darstellen:

- Eine „greifbare“ Relevanz des Klimawandels für die Schutzgüter (auch Ökosystemdienstleistungen)
- Die Diskussion der möglichen Auswirkungen des Klimawandels während des Planungsprozesses, z. B. in der regionalen Arbeitsgruppe.
- Die Fachkompetenz des beauftragten Planungsteams
- Inter- und Intradisziplinäres Planen (oder „Planungsdenken“)

Einige wesentliche klimawandelbezogene Änderungen wirken sich aber auch deutlich über die Schutzgebietsgrenzen hinweg auf die Biodiversität aus. Die Kohärenz, also die räumliche und besonders die gedankliche Vernetzung der Gebietskulisse des Natura 2000-Schutzgebietsnetzes, ist umso wichtiger, je stärker mit Arealveränderungen der Arten zu rechnen ist. Ein Grund, wieso die häufig sehr gebietsfixiert gedachten Ziele nur großräumig umsetzbar sein werden.

Denkbar ist es, zusätzlich zu den Vorgaben des Handbuchs zur Managementplanung Natura 2000 im Land Brandenburg ein Planungsinstrument des adaptiven Managements als Alternative zu aufwendigen langfristigen Planungen zu testen.

Die ersten Beispiele in Brandenburg machen deutlich, dass die Auswirkungen des Klimawandels in einigen Plänen in Ansätzen berücksichtigt werden. Es wird aber auch sichtbar, dass die Diskussion über eine Modifikation naturschutzfachlicher Ziele erst am Anfang steht und weniger auf Ebene der einzelnen Managementpläne, sondern eher auf der Ebene der Ausführung der FFH-Richtlinie geführt werden muss und auch wird (European Commission 2012).

Ein Beispiel, in dem die Klimawandelprognose zu einem kompletten Wandel eines Schutzziels geführt hat, konnte in den bisher gesichteten Managementplänen nicht gefunden werden. Bei derzeit in der Erstellung befindlichen Plänen für FFH-Trockenrasengebiete in der Uckermark zeigt sich jedoch die Notwendigkeit, zukünftig auch Nordhänge für diese Lebensraumtypen als Entwicklungsflächen einzu beziehen. Der Bedarf zur Anpassung an den Klimawandel und der Anspruch, dass auch Naturschutz einen Beitrag zur Mitigation leistet, führen vielmehr zu weiteren Argumenten, den definierten „alten“ Schutzzielen auch dringend Umsetzungsmaßnahmen folgen zu lassen. Bei den Managementplänen ist der fertiggestellte Plan nicht als Ergebnis, sondern als ein Zwischenschritt für das notwendige fort dauernde Management der Schutzgebiete zu verwenden.

Literatur

BfN (2011): Natura 2000 Management und Klimaänderungen,

http://www.bfn.de/0316_klimaaenderungen-natura2000.html

European Commission (2012): Draft Guidelines on Climate Change and Natura 2000 -Dealing with the impact of climate change on the management of the Natura 2000 Network

LUGV - Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg (Hg.) (2011): Handbuch zur Managementplanung Natura 2000 im Land Brandenburg. Potsdam. 161 S. Stand: 18.04:2011

Rabitsch, W., Winter, M., Kühn, E., Kühn, I., Götzl, M., Essl, F., Gruttke, H. (2010): Auswirkungen des rezenten Klimawandels auf die Fauna in Deutschland. – Naturschutz und Biologische Vielfalt 98.

Strixner, L., Kreft, S., Luthard, V., Ibsch, P. L. (2012): Ist Klimawandel wirklich relevant als Bedrohung für die Biodiversität? S. 82-87 in: P. L. Ibsch, S. Kreft & V. Luthardt (Hg.): Regionale Anpassung des Naturschutzes an den Klimawandel: Strategien und methodische Ansätze zur Erhaltung der Biodiversität und Ökosystemdienstleistungen in Brandenburg. Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde, Eberswalde.

Die Verwendung von Fruchtfolgeklassen in GISCAMÉ um den Einfluss von Landnutzungs- und Landbewirtschaftungsänderungen auf die Bereitstellung von Ökosystemleistungen auf Landschaftsebene abzuschätzen

Lars Koschke¹, Christine Fürst², Marco Lorenz¹, Anke Witt, Susanne Frank¹ & Franz Makeschin¹

¹Institut für Bodenkunde und Standortslehre Technische Universität Dresden, Deutschland

²Zentrum für Entwicklungsforschung (ZEF), Department of Ecology and Natural Resources Management, Bonn, Deutschland.

Zusammenfassung

Die Bereitstellung von Ökosystemleistungen (ÖSL) auf Landschaftsebene wird insbesondere in agrarisch geprägten Gebieten stark durch die landwirtschaftliche Bewirtschaftung beeinflusst. Um im Modellgebiet des REGKALM Projektes im Großraum Dresden ÖSL zu erfassen, wurden hoch aufgelöste EuroMap Land Cover (EMLC) Daten verwendet, welche durch landwirtschaftliche Fruchtfolgeklassen (Lorenz et. al, einger.) erweitert wurden. Diese Klassen ermöglichen eine thematische Differenzierung landwirtschaftlich genutzter Gebiete hinsichtlich typischer, regionaler Fruchtfolgen und Bodenbearbeitungsvarianten.

In diesem Beitrag wird beispielhaft vorgestellt wie der erweiterte EMLC Datensatz genutzt werden kann um ÖSL qualitativ zu erfassen und den Einfluss von Landnutzungs- und Landbewirtschaftungsänderungen (mit Hilfe von Szenarios) auf die Bereitstellung von ÖSL abzuschätzen. Alternative Planungsszenarios betreffen Aufforstung/ Extensivierung, Änderung der Fruchtfolge und der Bodenbearbeitung in einem intensiv landwirtschaftlich genutzten Gebiet. Unter Verwendung von biophysikalischen Indikatoren und multi-kriteriellen Bewertungsansätzen wurde der Einfluss der Änderungen auf Zellebene erfasst. Die getesteten Szenarios lieferten größtenteils plausible Ergebnisse. So führte großflächige Aufforstung und konservierende Bodenbearbeitung zu einer erhöhten Bereitstellung von regulierenden ÖSL zu Ungunsten von bereitstellenden ÖSL. Der methodische Ansatz eignet sich dazu Nutzungs- und Bewirtschaftungsänderungen integriert zu bewerten da die Integration von fragmentierten, heterogenen Information ermöglicht wird. Die thematische Auflösung der EMLC Daten vereinfachte die Verknüpfung von Indikatoren und Landnutzungsklassen. Die gesteigerte räumliche Auflösung ermöglicht eine detaillierte Kartierung von ÖSL und eine bessere Eignung für die Beratung von Regionalplanern bei der Fortschreibung von Raumordnungsplänen. Die Analyse von Dynamiken in der Landnutzung (in Raum und Zeit) kann durch die mit einem hohen Aufwand verbundene Fortschreibung des Datenbestandes beeinträchtigt sein. Die rasterbasierte Software GISCAMÉ wurde verwendet um Szenarios zu simulieren und die Ergebnisse darzustellen. GISCAMÉ dient als Plattform um die Kommunikation zwischen Akteuren zu erleichtern, Entwicklungsziele zu formulieren und zu testen, die Partizipation von Stakeholdern zu befördern und die Fortschreibung von Regionalplänen argumentativ zu unterstützen.

Einleitung

Zur Erfassung von ÖSL auf der Landschaftsebene und regionalen bis globalen Skalenebene, werden oft Kartenwerke verwendet die die Landnutzung bzw. die biophysikalische Landbedeckung darstellen (Burkhard et al., 2011; Kienast et al., 2009; Koschke et al., 2012; Lautenbach et al., 2011; Scolozzi et al., 2012; Willemsen et al., 2008). Diese Ansätze sind z.T. nicht geeignet Diskussionsprozesse zu unterstützen, da die Skalenebene auf der ÖSL erfasst werden nicht mit dem notwendigen Detaillierungsgrad der Entscheidungsebene übereinstimmt (Meinke et al., 2006; Scolozzi et al., 2012). Ein weiteres Problem besteht darin, dass Ansätze die sich ausschließlich auf Landnutzung/Landbedeckung bezie-

hen vernachlässigen, dass Managementaspekte, z.B. im Bereich der Landwirtschaft die Bereitstellung von ÖSL maßgeblich beeinflussen können (Daily and Matson, 2008; de Groot et al., 2010). Als Instrument der Anpassung an Umweltrisiken (z.B. als Folge des Klimawandels) ist die (großflächige) Änderung der Landnutzung, in den in dieser Hinsicht (durch restriktive Rahmenbedingungen) wenig dynamischen mitteleuropäischen Landschaften unwahrscheinlich (Faaij and Domac, 2006). Die Bereitstellung von ÖSL ist daher stärker von der Landnutzungsintensität und dem Landmanagement abhängig (Duvernoy, 2000; Kroll et al., 2012), weshalb diese Aspekte auch in Untersuchungen auf regionaler Ebene berücksichtigt und in Politikberatungen stärker kommuniziert werden sollten.

Die Verwendung von Anbausystemen (Fruchtfolgen, Bodenbearbeitung) ist eine Möglichkeit agrarische Bewirtschaftungsoptionen zu klassifizieren (Schönhart et al., 2011). Fruchtfolgen und Bodenbearbeitung sind wichtige Indikatoren zur Bewertung der Nachhaltigkeit von agrarischen Landnutzungen (Ball et al., 2005) und beeinflussen viele ÖSL (z.B. Bereitstellung von Nahrungsmitteln/ Bioressourcen, Trinkwasser, Ästhetik, Regulation der Bodenerosion) (e.g. Dale and Polasky, 2007; Snapp et al., 2010). Fruchtfolgeklassen und Bodenbearbeitungstechniken wurden bisher in Modellen zum Landnutzungswandel oder in ÖSL Studien auf Landschaftsebene nur eingeschränkt oder nicht berücksichtigt, da die Verknüpfung von Landnutzungsdatensets mit räumlich expliziten Bewirtschaftungsdaten aus Gründen der Verfügbarkeit und der unterschiedlichen zeitlichen und räumlichen Bezüge der (sektoralen) Daten schwierig ist.

In dieser Studie wurde der Einfluss von (i) Landnutzungswandel (Aufforstung) und (ii) Landbewirtschaftungswandel (Wechsel der Fruchtfolge und Bodenbearbeitung) auf die Bereitstellung von ÖSL auf Landschaftsebene untersucht. Dafür wurden die im Rahmen des REGKLAM Projektes (www.regklam.de) für die Modellregion bereitgestellten EuroMap Land Cover (EMLC) Daten verwendet (Abb. 1). Es wurde ein indikatorbasierter Ansatz zur qualitativen Erfassung von ÖSL (Koschke et al., 2012) angewendet und weiter entwickelt. Zur Prüfung der Plausibilität und zur Demonstration des Einflusses von möglichen Landnutzungs- und Landbewirtschaftungsänderungen wurden Szenarien simuliert und mit dem zuvor entwickelten Ansatz bewertet. Wir diskutieren die Eignung der detaillierten räumlichen Daten zur Erfassung von ÖSL und zur Unterstützung von landschaftsplanerischen Abwägungen um bestimmte Risiken (z.B. Bodenerosion) zu minimieren.

Methode

Für die vorliegende Studie wurde ein 4,5 x 4,5 km großes, strukturarmes, durch intensive Landwirtschaft geprägtes Gebiet in der Großenhainer Pflege in Sachsen ausgewählt (Abb. 1). Durch die räumliche Auflösung des erweiterten EMLC Datensatzes von 25 x 25 m umfasst der Kartenausschnitt 32000 Zellen. Thematisch wurden 85 Klassen unterschieden, von denen 32 Waldbewirtschaftungsklassen (Witt et al., einger.) und 31 Fruchtfolgeklassen sind (Lorenz et al., einger.). Letztere wurden aufgrund von statistischen Daten auf Feldblockebene klassifiziert und können je nach Bodenbearbeitungsverfahren mit den Attributen Pflug (P) oder konservierende Bodenbearbeitung (konservierend, K) belegt werden, um eine detailliertere Folgenabschätzung von Nutzungsänderungen zu ermöglichen. Zur Simulation der Szenarios und Visualisierung der Ergebnisse wurde das rasterbasierte Bewertungs- und Visualisierungstool GISGAME (Fürst et al., 2010) verwendet.

Es wurden die bereitstellenden ÖSL (i) Nahrungsmittel und Futter, (ii) Biomasse, die regulierenden ÖSL (iii) Bodenerosionsschutz, (iv) Regulation des Dürrierisikos und (v) Hochwasserregulation (MA, 2005), der (vi) (monetäre) Ertrag aus landbasierter Produktion/Deckungsbeitrag (Koschke et al., 2012) und ökologische Integrität (Barkmann et al., 2001; Burkhardt et al., 2009) erfasst. Der Bewertungsansatz fußt auf einer zellbasierten Erfassung der Landnutzungsklassen und nutzt eine Matrix mit quali-

tativen, normalisierten (0-100) Punkten (Fürst et al., 2010; Koschke et al., 2012) (Abb. 2). Tab. 1 zeigt die verwendeten Kriterien und Indikatoren.

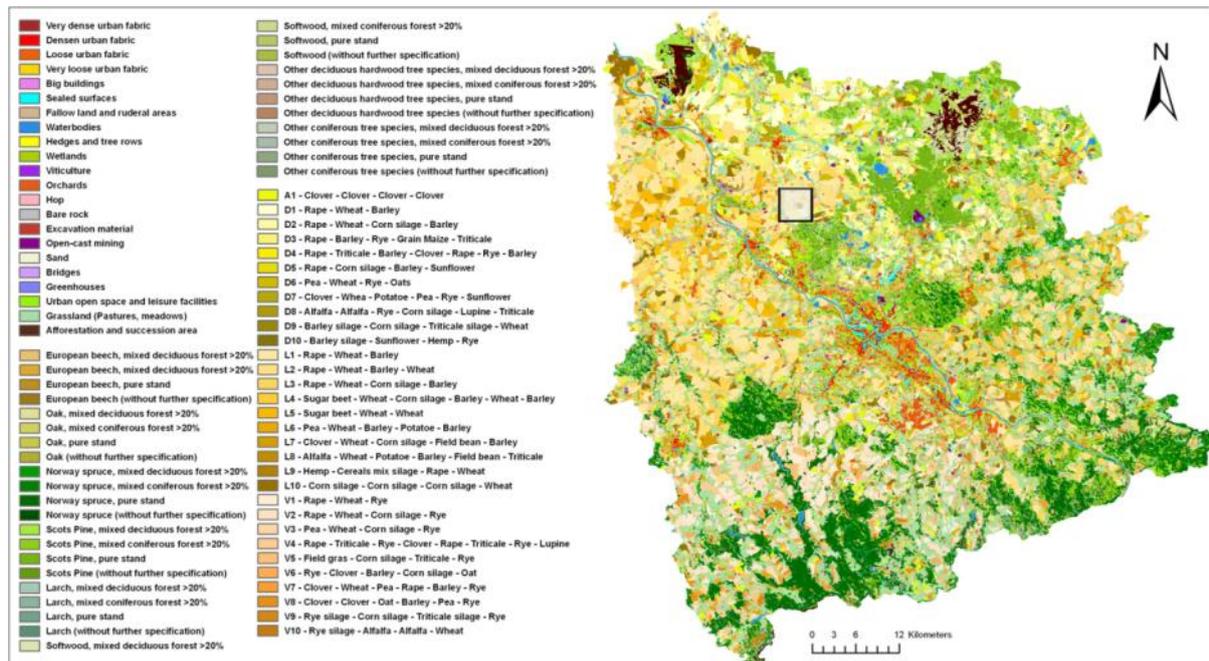


Abb. 1: Um Fruchtfolgeklassen (Lorenz et al., einger.) erweiterter EuroMap Land Cover (EMLC) Datensatz der REGKLAM Region um Dresden mit dem Untersuchungsgebiet (quadratischer Ausschnitt). Die Legende der Landnutzungstypen beinhaltet die Fruchtfolgeklassen der drei Bodenregionen: diluviale Böden (D), Lössböden (L) und Verwitterungsböden (V).

Tab. 1: Übersicht über erfasste Ökosystemleistungen (ÖSL), verwendeten Kriterien und Indikatoren.

ÖSL - Kriterium	Indikator/en (Einheit)	Methode	Quelle
Nahrungsmittel/ Futter	Ertrag (dt GE ^a ha ⁻¹ a ⁻¹)	(1)	Lorenz et al. (einger.), SMUL, 2010
Biomasse	Ertrag (Getreide, Futter, Holz) (kg ha ⁻¹ a ⁻¹)	(1)	Lorenz et al. (einger.), SMUL (2010), (BMLFUW, 2009)
Bodenerosionsschutz	C-Fackor (ABAG)	(1)	Gebel et al. (2010), Auerswald und Kainz (1998), Wischmeier und Smith (1978)
Regulation des Dürre- risikos	Evapotranspiration (mm ha ⁻¹ a ⁻¹); Transpirationskoeffizient	(2)	Lorenz et al. (einger.), Anders et al. (2002), Geisler (1988), Eibach and Alledweldt (1984), Bernhofer et al. (2011), Reeg et al. (2009), Roloff (2010), Roth et al. (1998)
- Wasserverbrauch; - Effizienz der Wassernutzung	(l kg ⁻¹ DM)		
Hochwasser-regulation	Curve number (-)	(1)	Gebel et al. (2010)
(Monetärer) Ertrag aus landbasierter Produk- tion	Deckungsbeitrag (€ ha ⁻¹ a ⁻¹)	(1)	Anonym, (2012), Bormann et al. (2005), SMUL (2010)
Ökologische Integrität			
- Natürlichkeit	Hemerobie;	(3)	nach Blume und Sukopp (1976)
- Landnutzungs- diversität	Anzahl der Pflanzenarten		

Um vergleichbare Werte für jede Landnutzungs- und Managementklasse zu erhalten, wurden drei methodische Ansätze verwendet (Tab. 1): (1) Normalisierung von biophysikalischen Indikatorwerten die den einzelnen Landnutzungen und Managementklassen zugewiesen wurden. (2) Multikriterielle Aggregation von zwei Indikatoren pro ÖSL mit anschließender Normalisierung. (3) Verwendung von ökologischen Verflechtungsmatrizen (Bastian und Schreiber, 1999) um qualitative Indikatorwerte zu verknüpfen.

Ergebnisse und Diskussion

Die normalisierten Indikatorwerte zur Erfassung der ÖSL sind in Tab. 2 dargestellt.

Tab. 2: Auszug aus der Bewertungsmatrix. Dargestellt sind für das Untersuchungsgebiet relevante Landnutzungs- und Fruchtfolgeklassen welche hinsichtlich zweier Bodenbearbeitungsverfahren (P=Pflug, K=konservierende Bodenbearbeitung) differenziert wurden.

		Nahrungsmittel und Futter		Biomasse		Bodenerosionsschutz		Regulation des dürrisikos		Ökologische Integrität		Hochwasserregulation		(Monetäre) Erträge landbasierter Produktion	
		P	K	P	K	P	K	P	K	P	K	P	K	P	K
1	Sehr dichte Bebauung	0		0		100		0		0		0		0	
3	Lockere Bebauung	0		0		100		0		0		50		0	
8	Wasser	0		0		100		0		15		100		0	
9	Hecken und Baumreihen	0		11		100		76		85		97		0	
12	Obst	34		34		67		59		15		97		100	
18	Brücken	0		0		100		0		0		50		0	
20	Städtische Grünflächen und Freizeitanlagen	0		0		100		0		15		97		0	
21	Grünland	26		26		100		0		15		97		36	
23	Buche, Laubmischung >20%	0		59		100		88		65		97		16	
29	Eiche, Reinbestand	0		48		100		61		45		97		17	
34	Fichte, ohne weitere Angaben	0		65		100		93		45		97		18	
53, 54	Sonst. Nadelbaumarten, Reinbestand	0		57		100		78		65		97		12	
55	A1 Klee gras - Klee gras - Klee gras - Klee gras	68	61	68	61	88	99	0	11	30	45	50	66	4	3
66	L1 WRaps - WW - WG	74	67	74	67	83	96	50	58	35	50	50	66	40	37
67	L2 WRaps - WW - WG - WW	70	63	70	63	81	96	51	59	35	50	50	66	41	38
68	L3 WRaps - WW - SM - SG	76	68	76	68	64	96	38	48	40	55	50	66	37	35
69	L4 ZR - WW - SM - SG - WW - WG	85	77	85	77	70	94	29	38	55	70	50	66	41	38
70	L5 ZR - WW - WW	100	90	100	90	75	94	14	23	15	30	50	66	53	49
71	L6 Erbse - WW - WG - Kart - SG	62	56	62	56	78	94	39	48	55	70	50	66	67	63
72	L7 Klee gras - WW - SM - Ackerbohne - WR	50	45	50	45	64	96	29	38	55	70	50	66	43	40
73	L8 Luzerne - WW - Kart. - WR - Ackerbohne - W1	51	46	51	46	78	95	29	38	60	75	50	66	79	73
74	L9 Hafer - GetreidemischungGPS - WRaps - WW	67	60	67	60	82	96	55	63	40	55	50	66	24	22
75	L10 SM - SM - SM - WW	78	70	78	70	23	95	0	12	15	30	50	66	31	29

Abb. 3 (und Tab. 4) ermöglichen es, Abwägungen zwischen einzelnen ÖSL zu treffen. M-1 macht die positive Wirkung von großflächig konservierender Bodenbearbeitung auf regulierende ÖSL deutlich. Dies ist durch erhöhte Infiltrationsleistung, Aggregatstabilität und ein Verminderung des unproduktiven Wasserverlusts erklärbar (Dale and Polasky, 2007; Seidel et al., 2008).

Ähnliche Effekte im Vergleich zu BAU erzielt das Aufforstungsszenario A-9 (39% aufgeforsteter Ackerfläche), wobei die Bereitstellung von Nahrungsmitteln und Futter durch den verringerten Anteil an Ackerfläche vermindert ist. Die Biomasse bleibt fast unverändert, da agrarische Erntegüter durch erhöhte Produktion von Holzbiomasse kompensiert werden können. Die stärksten negativen Effekte auf die regulierenden ÖSL hat die Ausdehnung des Maisanbaus auf 40% der agrarisch genutzten Fläche (M-2) bei Pflugbearbeitung. Nicht vollends plausibel erscheint der leicht verminderte Wert bei (monetären) Erträgen aus landbasierter Produktion. Der Deckungsbeitrag als Indikator greift hier offenbar zu kurz. Andere Fruchtfolgen und flächenmäßig z.T. vernachlässigbare Landnutzungstypen wie Obstplantagen weisen höhere nominelle Deckungsbeiträge auf und reduzieren dadurch die relative Wertigkeit der Mais-Fruchtfolge. Auch kann hier nicht die gesamte Wertschöpfungskette, in deren Folge der Maisanbau gegenüber anderen Nutzungen gewinnt, berücksichtigt werden. Die (räumlich explizite) Dokumentation der tatsächlichen Nutzung agrarisch oder forstlich produzierter Biomasse,

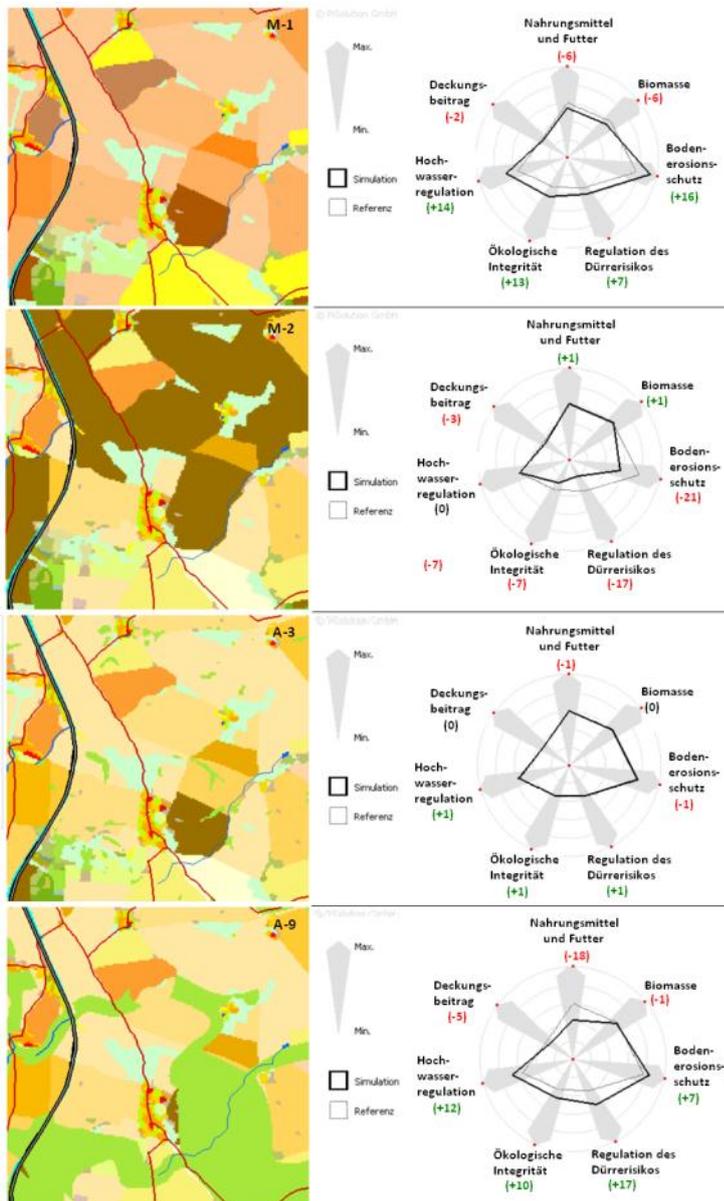


Abb. 2: Ergebnisse der Szenarios: M-1, M-2, A-3, A-9 (schwarze Linien) im Vergleich zur Ausgangssituation (BAU, gepunktete Linien). Rote Punkte: Verschlechterung, Grüne Punkte: Verbesserung im Vergleich zu BAU.

thematische Auflösung gut für die räumlich explizite Erfassung (und Kartierung) von ÖSL. Die Unter-
setzung mit gut abgesicherten Indikatorwerten wird vereinfacht, ebenso wie die Simulation und Be-
wertung von Landnutzungs- und Landwirtschaftsszenarios. Die Unter-
setzung der Fruchtfolge-
klassen mit verschiedenen Bodenbearbeitungsverfahren erlaubt es im Rahmen von Kommunikations-
und Entscheidungsprozessen, z.B. zur Umsetzung von Maßnahmen zur Minderung von Umweltrisiken,
integrierte Szenarien zu entwickeln und deren Folgen auf ausgewählte ÖSL abzuschätzen. Durch
den Ansatz Fernerkundungsdaten mit detaillierten thematischen (sektoralen) Informationen zu kombi-
nieren und integriert zu bewerten, wird belegt und unterstrichen, dass die Art der Bewirtschaftung
auch auf Landschaftsebene einen wichtiger Einflussfaktor insbesondere im Hinblick auf Erosions-
und/oder Hochwasserschutz sein kann. Die simulierten Szenarios lassen Rückschlüsse auf grund-
legende Zielkonflikte im Landmanagement und der räumlichen Planung zu. Dadurch können Entschei-
dungsträger informiert und bei der Entscheidungsfindung unterstützt werden.

z.B. für die Biogaserzeugung, Bau-
holznutzung, Nahrungsmittelproduk-
tion etc. stellt eine Herausforderung
bei der Erfassung von ÖSL (und de-
ren monetärer Bewertung) dar. Im
Vergleich zu den vorherigen Szenarios
in denen großflächige Landnutzungs-
- (A-9) oder Landwirtschaftswandel (M-1,
M-2) simuliert wurden, weist A-3 mit
einem sehr geringen Anteil geänderter
Nutzung (4,6% der Ackerfläche) kaum
Veränderungen auf obwohl davon auszu-
gehen ist, dass eine Aufforstung (bzw.
Grünlandnutzung) der reliefbedingten
Abflussbahnen zu einer merklichen
Reduzierung der Bodenerosion be-
tragen sollte (LfULG, 2008). Die hier
vorgestellte zellbasierte Bewertung
berücksichtigt nicht die Lage der
Landnutzungs- oder Management-
änderungen obwohl diese großen
Einfluss auf ÖSL, z.B. Boden-
erosionsschutz, haben können (Bryan
and Crossman, 2008). Der Einfluss
des Landnutzungsmusters auf ÖSL
wird im zweistufigen GISCAME-
Bewertungsansatzes berücksichtigt,
wurde hier jedoch nicht thematisiert
(s. Fürst et al. 2012; Frank et al.,
2012; Koschke et al., eing.).

Schlussfolgerung

Der EMLC Datensatz eignet sich
durch seine hohe räumliche und

Literatur

- Bryan, B. A., Crossman, N. D. (2008): Systematic regional planning for multiple objective natural resource management. *Journal of Environmental Management* 88, 1175-1189.
- Burkhard, B., Kroll, F., Müller, F., Windhorst, W. (2009): Landscapes' Capacities to Provide Ecosystem Services – a Concept for Land-Cover Based Assessments. *Landscape Online*. 15, 1-22.
- Daily, G. C., Matson, P. A. (2008): Ecosystem Services: From theory to implementation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, Vol. 105(28), pp. 9455-9456.
- Dale, V. H., Polasky, S. (2007): Measures of the effects of agricultural practices on ecosystem services. *Ecological Economics*. 64, 286-296.
- de Groot, R. S., Alkemade, R., Braat, L., Hein, L., Willemsen, L. (2010): Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecological Complexity* 7, 260-272.
- Duvernoy, I. (2000): Use of a land cover model to identify farm types in the Misiones agrarian frontier (Argentina). *Agricultural Systems*. 64, 137-149.
- Faaij, A. P. C., Domac, J. (2006): Emerging international bio-energy markets and opportunities for socio-economic development. *Energy for Sustainable Development* 10, 7-19.
- Frank, S., Fürst, C., Koschke, L., Makeschin, F. (2012): A contribution towards a transfer of the ecosystem service concept to landscape planning using landscape metrics. *Ecological Indicators*. 21, 30-38.
- Fürst, C., Volk, M., Pietzsch, K., Makeschin, F. (2010): Pimp Your Landscape: A Tool for Qualitative Evaluation of the Effects of Regional Planning Measures on Ecosystem Services. *Environmental Management*. 46 (6), 953-968.
- Fürst, C., Pietzsch, K., Witt, A., Frank, S., Koschke, L., Makeschin, F. (2012): How to better consider sectoral planning information in regional development planning - example afforestation and forest conversion. *Journal of Environmental Planning and Management*, DOI: 10.1080/09640568.2011.630067.
- Kienast, F., Bolliger, J., Potschin, M., de Groot, R., Verburg, P., Heller, I., Wascher, D., Haines-Young, R. (2009): Assessing Landscape Functions with Broad-Scale Environmental Data: Insights Gained from a Prototype Development for Europe. *Environmental Management*. 44, 1099-1120.
- Koschke, L., Fürst, C., Frank, S., Makeschin, F. (2012): A multi-criteria approach for an integrated land-cover-based assessment of ecosystem services provision to support landscape planning. *Ecological Indicators* 21, 54-66.
- Koschke, L., Fürst, C., Lorenz, M., Witt, A., Frank, S., Makeschin, F. (einger.): The integration of agricultural management practices in the assessment of ecosystem services provision at regional scale. *Ecological Indicators*.
- Kroll, F., Müller, F., Haase, D., Fohrer, N. (2012): Rural-urban gradient analysis of ecosystem services supply and demand dynamics. *Land Use Policy*. 29, 521-535.
- Lautenbach, S., Kugel, C., Lausch, A., Seppelt, R. (2011): Analysis of historic changes in regional ecosystem service provisioning using land use data. *Ecological Indicators* 11, 676-687.
- LfULG (2008): Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie: Erläuterung - Bewertung der potenziellen Wassererosionsgefährdung; Erläuterung zu Auswertungskarten zur Bodenerosionsgefährdung durch Wasser, Freiberg, www.umwelt.sachsen.de/umwelt/boden/12208.htm.
- Lorenz, M., Thiel, E., Fürst, C. (einger.): A methodological approach how to combine regional crop sequences and agricultural management as input data for regional assessment systems.
- MA (2005): Ecosystems and human well-being: Synthesis. A Report of the Millenium Ecosystem Assesment. Island Press, Washington.
- Meinke, H., Nelson, R., Kokic, P., Stone, R., Selvaraju, R., Baethgen, W. (2006): Actionable climate knowledge: from analysis to synthesis. 33, 101-110.
- Schönhart, M., Schuppenlehner, T., Schmid, E., Muhar, A. (2011): Integration of bio-physical and economic models to analyze management intensity and landscape structure effects at farm and landscape level. *Agricultural Systems* 104, 122-134.

-
- Scolozzi, R., Morri, E., Santolini, R. (2012): Delphi-based change assessment in ecosystem service values to support strategic spatial planning in Italian landscapes. *Ecological Indicators* 12, 134-144.
- Seidel, N., Schmidt, J., Von Werner, M. (2008): Effects of land use on surface runoff - simulations with the EROSION 3D computer model *Geoöko*. XXIX, 181 – 201.
- Snapp, S. S., Gentry, L. E., Harwood, R. (2010): Management intensity - not biodiversity - the driver of ecosystem services in a long-term row crop experiment. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 138, 242-248.
- Willemsen, L., Verburg, P. H., Hein, L., van Mensvoort, M. E. F. (2008): Spatial characterization of landscape functions. *Landscape and Urban Planning*. 88, 34-43.
- Witt, A., Fürst, C., Frank, S., Koschke, L., Makeschin, F. (einger.): Regionalisation of Climate Change sensitive forest ecosystem types for potential afforestation areas. *Journal of Environmental Management*.

Analyse klimawandelbedingter Anpassungs- und Mitigationsstrategien hinsichtlich einer nachhaltigen agrarischen Landnutzung und Landschaftsentwicklung in einer ausgewählten österreichischen Landschaft

Thomas Schauppenlehner¹, Michael Kuttner² und Martin Schönhart³

¹ Institut für Landschaftsentwicklung, Erholungs- und Naturschutzplanung, Universität für Bodenkultur Wien

² Department für Vegetations-, Landschaftsökologie und Naturschutz, Universität Wien

³ Institut für nachhaltige Wirtschaftsentwicklung, Universität für Bodenkultur Wien

Zusammenfassung

Die Interaktion natürlicher und anthropogener Prozesse hat in den vergangenen Jahrhunderten Kulturlandschaften von hohem ökologischen, kulturellen und ästhetischen Wert geschaffen. Aktuelle Entwicklungen wie Industrialisierung der Landwirtschaft, Klimawandel und Veränderungen der Nachfrage nach Agrarprodukten, beeinflussen diese Landschaften mit zum Teil negativen Auswirkungen auf Landschaftsbild und Biodiversität. Zur Analyse dieser Entwicklungen werden ein räumlich explizites, integratives Landnutzungsmodell und ein landschaftsmetrischer Bewertungsansatz entwickelt, um Mensch-Umwelt Interaktionen in einer Streuobstlandschaft zu untersuchen. Typische Landschaftsstrukturparameter, die häufig zur Bewertung von Landschaftsbild als auch Biodiversität herangezogen werden, weichen teilweise sehr stark von durchgeführten Vegetationsaufnahmen ab und bestätigen damit auch den interdisziplinären Ansatz zur Analyse der komplexen Wechselwirkungen zwischen Landwirtschaft, Landschaftsbild und Biodiversität.

Einleitung

Agrarische Kulturlandschaften sind anthropogen beeinflusste Wirtschaftsräume, die einem steten Wandel in Form von Intensivierungs- als auch Extensivierungsprozessen unterworfen sind. Aktuelle globale Phänomene, der technologische Fortschritt sowie Handelsliberalisierung beeinflussen diese Prozesse. In den letzten Jahrzehnten führte das häufig zu einfacheren Fruchtfolgen, höherem Einsatz von Agrochemie oder der Aufgabe marginaler Standorte mit meist negativen Auswirkungen auf die Umweltqualität und das Landschaftsbild. Besonders betroffen sind historische Kulturlandschaften mit ursprünglich hohem ästhetischen Wert und biologischer Vielfalt durch extensive Nutzung und kleinräumige Strukturierung, z.B. Streuobstlandschaften und Heckenstrukturen, die eine wichtige Rolle für die Bereitstellung ökologischer Funktionen in ländlichen Gebieten übernehmen. Der Klimawandel ist eine weitere Dimension des globalen Wandels. Autonome Anpassung an den Klimawandel und Mitigationspolitiken verändern die Landnutzung und können damit Agrarökosysteme beeinflussen (vgl. Kleijn et al., 2010). Um die negativen Folgen von Landnutzungsveränderungen zu mildern, wurden zahlreiche Strategien erarbeitet und Maßnahmen in Europa implementiert (Agrarumweltprogramme, NATURA2000, etc.). In den Bereich der Klimapolitik fallen individuelle Anpassungs- und gesellschaftliche Mitigationsstrategien, die effizient gestaltet und koordiniert werden müssen, um Zielkonflikte zu minimieren.

Zur Analyse von Mitigations- und Adaptionsstrategien landwirtschaftlicher Betriebe wird im Forschungsprojekt CC-ILA (Analysing climate change mitigation and adaptation strategies for sustainable rural land use and landscape developments in Austria) ein integrativer Modellverbund entwickelt und mit einem landschaftsmetrischen Bewertungsansatz kombiniert. Er soll kosteneffektive Adaptions- und Mitigationsmaßnahmen der Landnutzung unter verschiedenen Klimaszenarien aufzeigen vor dem Ziel einer nachhaltigen Landschaftsentwicklung. In diesem Beitrag wird der Modellverbund dargestellt und Ergebnisse der Schnittstelle Biodiversität – Landschaftsästhetik präsentiert.

Projektregion

Untersuchungsgebiet ist das Mostviertel (österreichischer Voralpenraum, Bundesland Niederösterreich). Alleine die Regionsbezeichnung unterstreicht die Bedeutung von Streuobst in dieser Region.

Im Projektgebiet zeigt sich eine signifikante, vom Relief abhängige Änderung der Nutzungs- und Bewirtschaftungsformen und -intensitäten. Während im südlichen Teil eine sanftwellige Hügellandschaft vor allem eine Wiesen- und Weidenutzung auf relativ kleinen Bewirtschaftungseinheiten bedingt und Streuobst noch weit verbreitet ist, führt die Verflachung nach Norden hin zu teils intensiver Ackernutzung mit entsprechend größeren Bewirtschaftungseinheiten.

Kulturlandschaft Streuobst

Streuobst und Streuobstwiesen sind seit dem 18. Jahrhundert prägende Kulturlandschaftselemente in vielen Regionen Mitteleuropas (vgl. Lucke et al. 1992). Der Höhepunkt der Streuobstbewirtschaftung wurde mit Beginn des 20. Jahrhunderts erreicht und ist seit dem Ende des 2. Weltkrieges aufgrund sozio-ökonomischer Veränderungen, wie dem Wegfall von Landarbeitern durch Industrialisierung und zunehmende Mechanisierung sowie geändertes Konsumverhalten, stark rückläufig. Dazu kamen Rindungsprämien für Streuobst, um die mechanisierte Bewirtschaftung von Grünland und Ackerflächen zu erleichtern. Zur Tafelobstproduktion wurden in Gunstlagen anstelle von Streuobst intensive Niederstammkulturen etabliert (vgl. Bernkopf 1995). Diese Mechanismen führten zu einer Halbierung der österreichischen Streuobstbestände zwischen 1967 und 1988 (Prinz et al., 2007). In Teilen Deutschlands liegt der Flächenschwund sogar bei bis zu 80 % (Steffan-Dewenter, 2003). Dieser massive und systematische Rückgang konnte zwar weitgehend gestoppt werden, dennoch kommt es durch Überalterung, Siedlungs- und Straßenbauprojekte sowie Klimaveränderungen zu einem schleichenden Verlust der Streuobstbestände (vgl. Lucke et al. 1992).

Da Streuobstwiesen traditionell extensiv bewirtschaftet werden und sie häufig als Alleen und Reihen den Landschaftsraum durchziehen, sind sie ein wertvolles Habitat sowie Trittstein- und Vernetzungselement in sonst häufig ausgeräumten agrarischen Produktionsgebieten (vgl. Forman & Godron, 1986). Hierbei ist der Einfluss auf die lokale Biodiversität vor allem an den Grad der Fragmentierung und Isolation von Streuobstwiesen und Obstbaumzeilen gekoppelt. Insbesondere lokale Brutvögel- und Spinnenpopulationen profitieren deutlich stärker von gut vernetzten Streuobsthabitaten, wobei die Parzellengröße der Einzelflächen eine untergeordnete Rolle spielt (Bailey et al., 2010). Bezogen auf Bienen und Wespenpopulationen, die Streuobstbestände primär als Bruträume nutzen, zeigt sich allerdings auch der Faktor Flächengröße als wichtige Einflussvariable (Steffan-Dewenter, 2003). Der durchschnittliche Gefäßpflanzenreichtum von Streuobstwiesen und Obstbaumzeilen, wie auch in dieser Studie belegt, ist im Gegensatz zur landschaftsdominierenden Grünlandmatrix des Untersuchungsgebietes leicht erhöht. Dies ist vor allem auf extensiveres Mahdregime und geringere Düngerausbringung zurückzuführen (vgl. Zechmeister et al., 2003). Aber auch der Landschaftscharakter wird stark von diesen traditionellen Kulturlandschaftselementen beeinflusst - durch ihre vertikale Ausdehnung strukturieren die lose verstreuten Obstbäume die Landschaft und prägen Räume von hohem ästhetischem Wert.

Modellverbund

Mitigations- und Adaptionsprozesse werden häufig getrennt voneinander analysiert, da sie unterschiedlicher Natur sind. Während Mitigation als öffentliches Gut betrachtet werden kann, ist Adaption eher als Privatgut zu sehen. Um die wechselseitigen Wirkungen sowie die Kosteneffektivität von

Adaptions- und Mitigationsmaßnahmen (die vor allem von den naturräumlichen und betriebswirtschaftlichen Bedingungen bestimmt werden) bewerten zu können, ist eine simultane Berücksichtigung notwendig. Deshalb ist es wichtig, die bio-physikalischen, ökologischen und ökonomischen Zusammenhänge in der Abschätzung von mitigativen (öffentlich) und adaptiven (privat) Potentialen alternativer Landnutzungen und Bewirtschaftungsmaßnahmen zu berücksichtigen.

Um die Auswirkungen von Klimawandeladaptions- und -Mitigationsstrategien auf Biodiversität und Landschaftsbild zu erfassen, müssen disziplinäre Grenzen überwunden werden. Der hier vorgestellte Ansatz versucht dies durch die Koppelung bio-physikalischer und ökonomischer Modelle in einem integrativen Modellverbund mit räumlichen Bewertungsansätzen hinsichtlich Biodiversität und Landschaftsbild. Unsere Modellkomponenten bestehen aus dem Fruchtfolgenmodell CropRota (Schönhart et al., 2011a), dem bio-physikalischen Prozessmodell EPIC (Williams, 1995) sowie dem räumlich-expliziten ökonomischen Betriebsmodell FAMOS[space] (Schönhart et al., 2011b). Landnutzungsänderungen werden auf Feld-, Betriebs- und Landschaftsebene simuliert und kosteneffektive Klimawandelanpassungs- und -vermeidungsstrategien für landwirtschaftliche Betriebe bestimmt. Der Ansatz ist auf die Landschaftsebene fokussiert um zwei, im Sinne einer nachhaltigen Landschaftsentwicklung, bedeutende Aspekte im räumlich-zeitlichen Wechselspiel zu analysieren: Biodiversität und Landschaftsästhetik. Die modellierten Landnutzungsänderungen werden mit ökonomischen, biotischen, abiotischen und Landschaftsindikatoren auf Basis von GIS-Modellierungen (Schauppenlehner & Amon, 2012) und Felderhebungen bewertet. Die Indikatoren werden jeweils für Hexagone mit einem Innendurchmesser von 400m ermittelt (siehe Abb. 1).

Ergebnisse und Bewertung

Bei den Vegetationsaufnahmen, aufgeteilt in die 5 Hauptnutzungsklassen Wiesen, Weiden, Obstbaumzeilen, Hecken und Ackerflächen wurden insgesamt ca. 250 unterschiedliche Pflanzenarten und davon abgeleitet 21 unterschiedliche Syntaxa identifiziert. Die Hotspots an lokaler pflanzlicher Biodiversität in der Kulturlandschaft waren Hecken und Streuobst. Weiters wurden 14 hemerobiebestimmende Parameter pro Aufnahmeplot erhoben und deren Einzelwerte zu einem Gesamthemerobiewert aggregiert. Die darauffolgende statistische Auswertung durch lineare Regressionsanalysen ergab eine starke Abhängigkeit der Gesamtartenzahl vom Grad des menschlichen Einflusses auf die jeweilige Fläche (korr $r^2=0.634$, $p=0,000$).

Des Weiteren wurden pflanzenartspezifische Multiplikatorwerte für Hemerobie – bezogen aus dem Projekt „Bioindikation der Kulturlandschaft“ (BINKL), welches im Rahmen der österreichischen Kulturlandschaftsforschung durchgeführt wurde (Pollheimer et al., 2002) – herangezogen, um jeweils von den in Einzelaufnahmen vorkommenden Pflanzenarten und deren Abundanzen abgeleitete Hemerobiewerte zu erlangen. Da jedoch vor allem für die Klasse der Ackeraufnahmen nur in einem geringen Umfang Multiplikatorwerte zur Verfügung standen, wurden diese für die folgende Regressionsanalyse, den Zusammenhang zwischen Gesamtartenzahl und kumulierten artspezifischen Hemerobiewert untersuchend, ausgeschlossen. Obwohl jene Regressionsanalyse einen zwar signifikanten aber deutlich niedrigeren Zusammenhang zeichnete (korr $r^2=0.263$, $p=0.000$), lässt sich der gleiche Trend, dass niedrigere Gesamtartenzahlen mit höherer Hemerobie einhergehen, ableiten. Der direkte Zusammenhang zwischen flächenspezifischer und von Indikatorarten erlangter Hemerobiebewertung wurde durch eine Korrelationsanalyse validiert ($r=0.726$, $p=0.000$).

Zur Bewertung des Einflusses auf das Landschaftsbild wurde neben klassischen Landschaftsstrukturparametern ein neuer Ansatz zur Analyse der Kulissenwirkung von Streuobst und anderen vertikalen

Landschaftsstrukturen angewandt. Die nachfolgende Abbildung zeigt eine Auswahl der Indikatoren für die Bewertung von Biodiversität und Landschaftsbild.

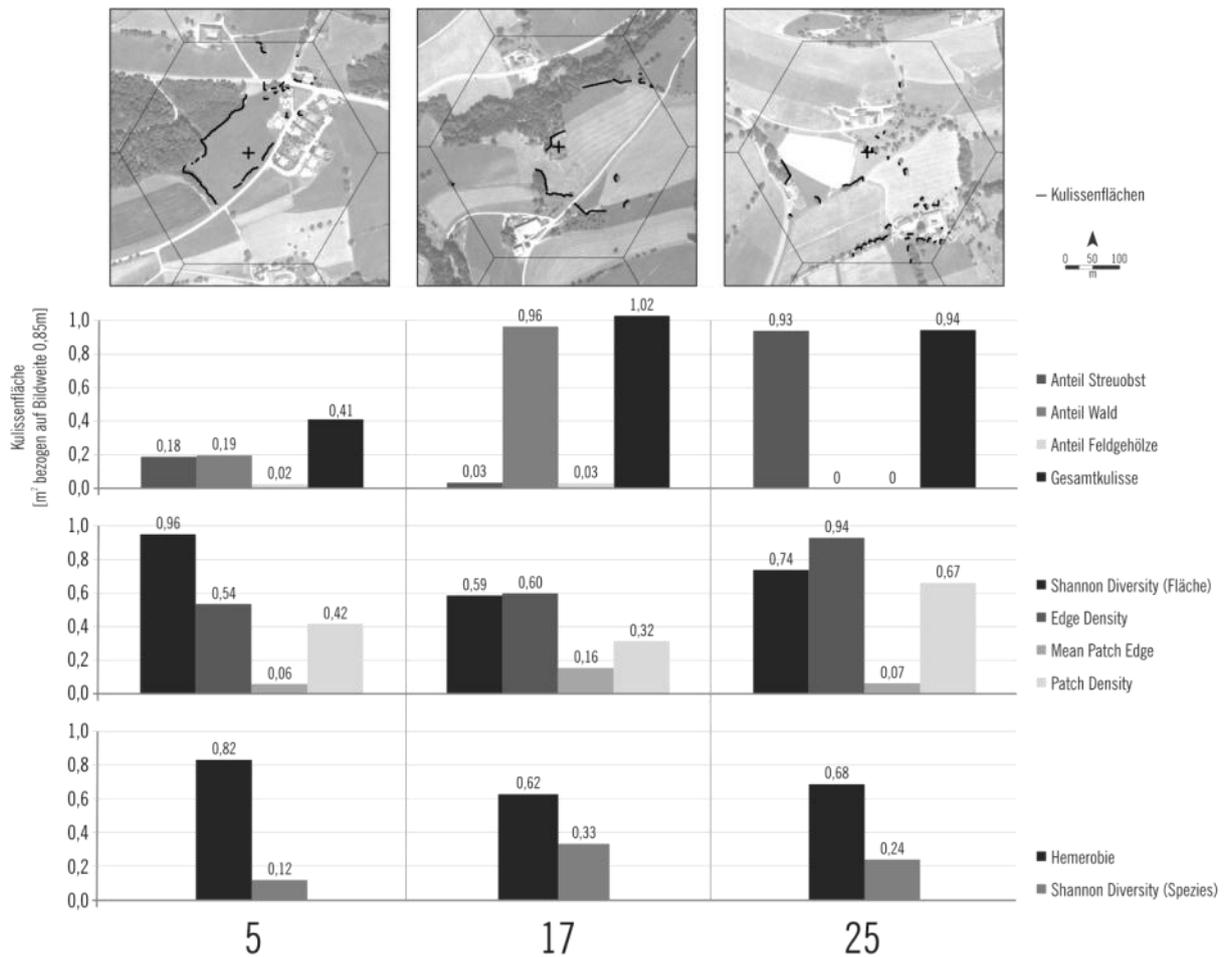


Abb. 1: Bewertungsindikatoren für drei ausgewählte Hexagone (Die Werte der beiden unteren Diagramme sind normalisiert).

Abbildung 1 zeigt Landschafts- und Biodiversitätsindikatoren für drei ausgewählte Hexagone im Projektgebiet. Typische Landschaftsstrukturparameter, die häufig zur Bewertung von Landschaftsbild und Biodiversität herangezogen werden, weichen teilweise sehr stark von den Vegetationsaufnahmen ab und bestätigen damit auch die Zweckhaftigkeit eines interdisziplinären Ansatz zur Analyse der komplexen Wechselwirkungen zwischen Landwirtschaft, Landschaftsbild und Biodiversität anstelle von pauschalen Indikator-Anwendungen.

Schlussfolgerungen und Ausblick

Der Modellansatz erfordert eine sehr hohe räumliche Auflösung, um eine detailgetreue Darstellung der Wechselwirkung von Landschaft und Landwirtschaft zu ermöglichen. Damit verbunden sind hohe Anforderungen an Datenqualität und -menge, die eine entsprechende Schnittstelleninfrastruktur sowie Validierungsmechanismen benötigen.

Die hier präsentierten Ergebnisse beruhen auf einer Bewertung der beobachteten Landschaft (Referenzszenario). In einem nächsten Schritt werden Szenarien zur Landschaftsentwicklung unter unterschiedlichen Klimaszenarien im integrativen Modellverbund modelliert. Die Ergebnisse, optimierte Landnutzung unter ausgewählten Politik- und Ökonomieszenarien, werden mit den vorgestellten

Landschaftsindikatoren bewertet. Somit wird das ökonomische Optimierungskriterium um ökologische und sozio-kulturelle Faktoren ergänzt. Ganzheitlichere Aussagen zur Landschaftsentwicklung und Schlussfolgerungen über die Effektivität gesellschaftlicher und privater Politiken und Maßnahmen werden möglich.

Danksagung

Der Artikel wurde im Rahmen des Projekts „Analysing climate change mitigation and adaptation strategies for sustainable rural land use and landscape developments in Austria (CC-ILA)“ erarbeitet. Dieses Projekt wird durch das Global Change Programme der österreichischen Akademie der Wissenschaften gefördert.

Literatur

- Bailey, D., M. H. Schmidt-Entling, P. Eberhart, J.D.Herrmann, G. Hofer, U. Kormann, und F. Herzog, F (2010): Effects of habitat amount and isolation on biodiversity in fragmented traditional orchards. *Journal of Applied Ecology* 47, 1003-1013.
- Kleijn, D., H. Schekkerman, H., W.J. Dimmers, R.J.M. van Kats, D. Melman und W.A. Teunissen (2010): Adverse effects of agricultural intensification and climate change on breeding habitat quality of Black-tailed Godwits *Limosa l. limosa* in the Netherlands. *Ibis* 152, 475–486.
- Pollheimer, M., T. Wrška und H.G. Zechmeister (Hrsg.) (2002): Moose, Gefäßpflanzen und Vögel als Bioindikatoren nachhaltiger Nutzung österreichischer Kulturlandschaften. Modul IN5 „Bioindikationssysteme mit überregionaler Gültigkeit“ des Leitschwerpunktes „Kulturlandschaftsforschung“ des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft und Kultur. Unveröffentlichter Projektendbericht, Wien
- Prinz, M., C. Renetzeder, I. Schmitzberger, A. Stocker-Kiss und T. Wrška (2007): Obstbaumwiesen als Schlüsselemente zur Erhaltung und Förderung der natürlichen Vielfalt in österreichischen Agrikulturlandschaften. *Ländlicher Raum* [online, 15.10.2012] <http://www.laendlicher-raum.at/>
- Schönhart, M, E. Schmid und U.A. Schneider (2011): Crop Rota - A crop rotation model to support integrated land use assessments. *European Journal of Agronomy*. 2011; 34(4): 263-277.
- Schönhart, M., T. Schauppenlehner, und E. Schmid (2011b): Integrated bio-economic farm modeling for biodiversity assessment at landscape level. In: Flichman, G. (Hrsg.): *Bio-Economic Models Applied to Agricultural Systems*. Springer, Dordrecht, Heidelberg, London, New York, 185-213.
- Schauppenlehner, T. und H. Amon (2012): Landschaftskulissen – Ein GIS-basierter Ansatz zur Analyse der räumlichen Landschaftsstruktur und Bewertung landschaftsästhetischer Aspekte. In: Strobl, J., T. Blaschke und G. Griesebner (Hrsg.): *Angewandte Geoinformatik 2012, Beiträge zum 24. AGIT-Symposium Salzburg*, Wichmann-Verlag, Heidelberg, 652-661.
- Steffan-Dewenter, I. (2003): Importance of Habitat Area and Landscape Context for Species Richness of Bees and Wasps in Fragmented Orchard Meadows. *Conservation Biology* 17/4, 1036-1044.
- Williams, J.R. (1995): The EPIC model. In: Singh, V.P. (Hrsg.): *Computer models of watershed hydrology*. Water Resources Publications, Highlands Ranch, Colorado, 909–1000.
- Zechmeister, H. G., I. Schmitzberger, B. Steurer, J. Peterseil, und T. Wrška (2003): The influence of land-use practises and economics on plant species richness in meadows. *Biological Conservation* 114, 165-177.

Wie reagieren Landwirte im Stubaital (Österreich) auf den globalen Wandel?

Uta Schirpke¹, Georg Leitinger^{1,2}, Markus Schermer³ und Ulrike Tappeiner^{1,2}

¹ Institut für Alpine Umwelt, EURAC research, Bozen, Italien

² Institut für Ökologie, Universität Innsbruck, Österreich

³ Institut für Soziologie, Universität Innsbruck, Österreich

Zusammenfassung

Auf der Basis von zwei gegensätzlichen sozioökonomischen Szenarien (global, lokal) und dem fortschreitenden Klimawandel wurden die Landwirte im Stubaital (Österreich) gefragt, wie sie auf diesen globalen Wandel reagieren würden. Im globalen Szenario verliert die Landwirtschaft an Bedeutung. Bei einer globalen Krise kommt es allerdings zu einer Aufwertung der Subsistenzwirtschaft und alle landwirtschaftlich nutzbaren Flächen werden bewirtschaftet. Im lokalen Szenario bewerten die Landwirte die neuen wirtschaftlichen Möglichkeiten positiv. Dagegen können im Extremfall die starren vertraglichen Bindungen in Kombination mit Trockenheit zu einer Aufgabe der Betriebe führen, da die Landwirte auf Witterungsschwankungen nicht flexibel reagieren können. Anhand der kartierten Landnutzungsänderungen wurden die Auswirkungen des globalen Wandels auf Ökosystemdienstleistungen untersucht. Während die Futterproduktion mit der Nutzungsintensität steigt, sinken regulierende Ökosystemdienstleistungen sowie der ästhetische Wert. Bei einer Aufgabe der Nutzung mit einer anschließenden Wiederbewaldung der Brachflächen steigen die regulierenden Ökosystemdienstleistungen zwar an, jedoch ist der ästhetische Wert geringer als für extensiv genutzte Wiesen und Weiden.

Einleitung

Klimatische Veränderungen haben weitreichende Auswirkungen auf Ökosysteme in Berggebieten und können zu Änderungen in der landwirtschaftlichen Nutzung und auf die Bereitstellung von Ökosystemdienstleistungen führen (Metzger et al., 2006; Tappeiner et al. 2008; Theurillat und Guisan, 2001). Schon in der Vergangenheit hat sich die Landwirtschaft grundlegend durch modernere Produktionsmethoden, Mechanisierung und andere Einkommensquellen wie Tourismus stark verändert (Tasser et al. 2007). Besonders im Alpenraum hat dieser Wandel zu einer Abnahme landwirtschaftlicher Nutzflächen geführt, wobei vor allem die Almgebiete betroffen sind (Rutherford et al. 2008). Heutzutage bestimmen agrarpolitische Reformen die landwirtschaftliche Nutzung, aber zusätzlich werden die Landwirte mit sich ändernden Klimabedingungen konfrontiert. Im Alpenraum wird bis zum Jahr 2100 von einem Temperaturanstieg bis zu 6°C und starken Schwankungen der Niederschlagsmengen ausgegangen (Beniston, 2012).

Ziel dieser Arbeit ist es, die Auswirkungen des globalen Wandels auf die Landwirtschaft und verschiedene Ökosystemdienstleistungen im Stubaital (Österreich) zu untersuchen. Dazu wurden sowohl sozioökonomische Szenarien als auch Klimaszenarien für das Stubaital definiert und einheimische Landwirte befragt. Außerdem wurden zukünftige Landnutzungskarten angefertigt, die als Grundlage für die Analyse der Ökosystemdienstleistungen dienen.

Methoden

Sozioökonomische Szenarien

Gemäß lokalen Trends bei der Siedlungsentwicklung und beim Tourismus sowie aufgrund von internationalen Entwicklungen von Absatzmärkten für landwirtschaftliche Produkte (IPCC 2000) wurden zwei gegensätzliche sozioökonomische Szenarien definiert.

Globales Szenario: Im Talschluss nimmt der Massentourismus zu und Hotelburgen entstehen. Die Landwirte bewirtschaften die Flächen nur noch teilweise für Freizeitaktivitäten. Im Winter steht der Skibetrieb und im Sommer der „Outdoor-Adventure“ Tourismus im Vordergrund. Die Bevölkerung und die Touristen achten bei der Produktauswahl vorwiegend auf den Preis. Lokale Lebensmittelerzeuger können preislich nicht konkurrieren. Landwirtschaftliche Produkte werden außerhalb des Tales in zentralisierten Betrieben verarbeitet. Agrarförderungen werden weiterhin ausbezahlt und jeder Landwirt erhält ein geringes Grundeinkommen. Zusätzlich gibt es Förderungen für globale Ökosystemdienstleistungen.

Lokales Szenario: Im Talschluss wird der nachhaltige Ganzjahrestourismus gestärkt (Urlaub am Bauernhof, Wandern, Rodeln und Skitouren). Die Region profitiert von der erhöhten Nachfrage lokaler Produkte. Die Preise für biologisch hergestellte Produkte bzw. für solche mit geschützter Ursprungsbezeichnung steigen. Dadurch werden lokale Verarbeitungsbetriebe erhalten oder neue Betriebe entstehen (z.B. Metzgereien, Sennereien). Förderungen stammen vorwiegend aus der 2. Säule der neuen GAP Reform. Nationale Förderungen sind stärker an Umweltauflagen und an regional abgestimmte Ökosystemdienstleistungen gebunden. Den Tourismusverband unterstützt regionsspezifische Förderungen und die lokale Verwaltung trägt durch infrastrukturelle Maßnahmen und der Bereitstellung von landwirtschaftlichen Geräten zur Regionalentwicklung bei.

Klimaszenarien

Basierend auf den Ergebnissen von Strauss et al. (2012) wurde ein Klimaszenario für verschiedene Zeitspannen (5 und 20 Jahre) definiert. Für das Studiengebiet Stubaital wird angenommen, dass es durch Erwärmung und Abnahme der Sommerniederschläge regelmäßig zu trockenen Jahren kommt. Die warmen Wintermonate führen bei einer angenommenen Erwärmung von 3-4°C während der nächsten 20 Jahre dazu, dass Skitourismus nur noch oberhalb von ca. 1800 m rentabel betrieben werden kann (Steiger, 2010). Besonders die fehlenden Niederschläge im Sommer verursachen Ertragseinbußen bis zu 50% in der Grünlandwirtschaft (Egger et al., 2005). Durchschnittliche Jahre („normale“ Jahre) wechseln sich mit „trockenen“ Jahren ab, wobei trockenere Jahre häufiger werden (Tab. 1). Der 20-jährige Trend beim Worst-case Szenario setzt sich fort und die Trockenheit nimmt weiter stark zu. Für den Worst-case wurde kein genauer Zeithorizont bestimmt.

Tab. 1: Mittlere Jahrestemperatur, Jahresniederschlag und Sommerniederschlag (April-September) für den Status quo und die Szenarien während normaler und trockener Jahre.

	Status quo/ 5-Jahre normal	5-Jahre trocken ¹	20-Jahre mal ²	nor- 20-Jahre trocken ²
Mittlere Jahrestemperatur (°C)	2.4	6.9	5.8	7.7
Jahresniederschlag (mm)	1100	549	845	416
Sommerniederschlag (mm)	687	283	535	207
Häufigkeit	2	3	3	7

¹ entspricht 2003

² Strauss et al., 2012

Workshop

In einem Workshop wurden einheimische Landwirte gefragt, wie sie auf die beiden sozioökonomischen Szenarien (global, lokal) unter fortschreitendem Klimawandel reagieren würden. Abbildung 1 zeigt eine Übersicht über die verschiedenen Szenarien: global 5 Jahre (G5), lokal 5 Jahre (L5), global 20 Jahre (G20), lokal 20 Jahre (L20), global Worst-case (GW), lokal Worst-case (LW). Die Landnutzungsänderungen für die verschiedenen Szenarien wurden für das Studiengebiet ‚Kaserstattalm‘ im Stubaital (Österreich) in den nördlichen Zentralalpen kartiert. Die Kaserstattalm hat eine Fläche von 5.1 km² und erstreckt sich über eine Höhenlage von 970 bis 2535 m ü.NN.

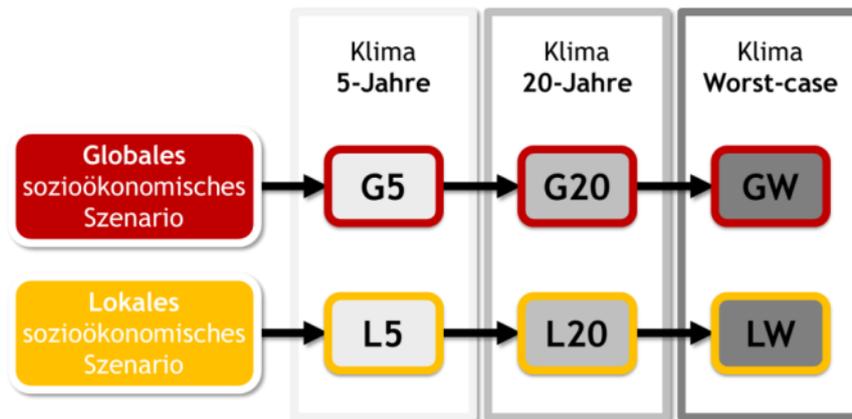


Abb. 1: Übersicht Szenarien

Ergebnisse

Szenarien

Im globalen Szenario orientiert sich die Landwirtschaft stärker am Tourismus und betreibt vorwiegend Landschaftspflege. Wiesen, die nicht mit Maschinen gemäht werden können, werden in Weiden umgewandelt. Sinkende Preise veranlassen die Landwirte von Rinderhaltung auf andere Tierarten wie Schafe oder Ziegen auszuweichen. Die höheren Temperaturen erlauben den Anbau von Gemüse oder Wein und die Tiere können länger auf den Weiden bleiben. Im Talboden könnte Bewässerung notwendig werden. Bei einer globalen Krise steuern die Marktkräfte die Entwicklung und führen zu einer Aufwertung der Subsistenzwirtschaft. Alle landwirtschaftlich nutzbaren Flächen werden bewirtschaftet und die Versorgung des regionalen Marktes wird wichtiger.

Im lokalen Szenario bewerten die Landwirte die neuen wirtschaftlichen Möglichkeiten positiv, da diese den Anbau neuer Gemüsesorten oder die Haltung von Milchschaafen zulassen. Trotzdem bleibt die Viehwirtschaft wichtiger als Ackerbau. Bevorzugte Flächen werden landwirtschaftlich genutzt, während besonders ungünstigere Hanglagen aufgegeben bzw. nur extensiv beweidet werden. Solange die Landwirtschaft konkurrenzfähig bleibt, bewirtschaften die Landwirte die Flächen. Jedoch führen besonders im Extremfall die starren vertraglichen Bindungen der Bewirtschaftung über Agrar-Umweltprogramme in Kombination mit Trockenheit zu einer Aufgabe der Betriebe, da die Landwirte auf Witterungsschwankungen nicht flexibel reagieren können. Nur große landwirtschaftliche Betriebe bewirtschaften weiterhin den Talboden, während die Almgebiete brach fallen.

Landnutzungsänderungen

Die Landnutzungsänderungen wurden für die ‚Kaserstattalm‘ von den Landwirten kartiert (Abb. 2). Die Flächenänderungen der Szenarien G5 und L5 stimmen überein und unterscheiden sich kaum vom Status quo, da die Landwirte für 5 Jahre an die Zahlungen agrarpolitischer Programme gebunden sind. Teilweise werden ehemals brachliegende Flächen wieder als Weideflächen genutzt. Dieser Trend setzt sich bei den G20 Szenario fort und im Talboden werden Grünlandflächen für den Gemüse- oder Weinanbau umgewandelt. Größere Änderungen treten beim GW Szenario auf. Dort werden alle zur Verfügung stehenden Flächen wieder bewirtschaftet, ähnlich wie nach dem zweiten Weltkrieg. Beim LW Szenario hingegen werden die gesamten Grünlandflächen im Almgebiet aufgelassen, die anschließend wiederbewaldet werden.

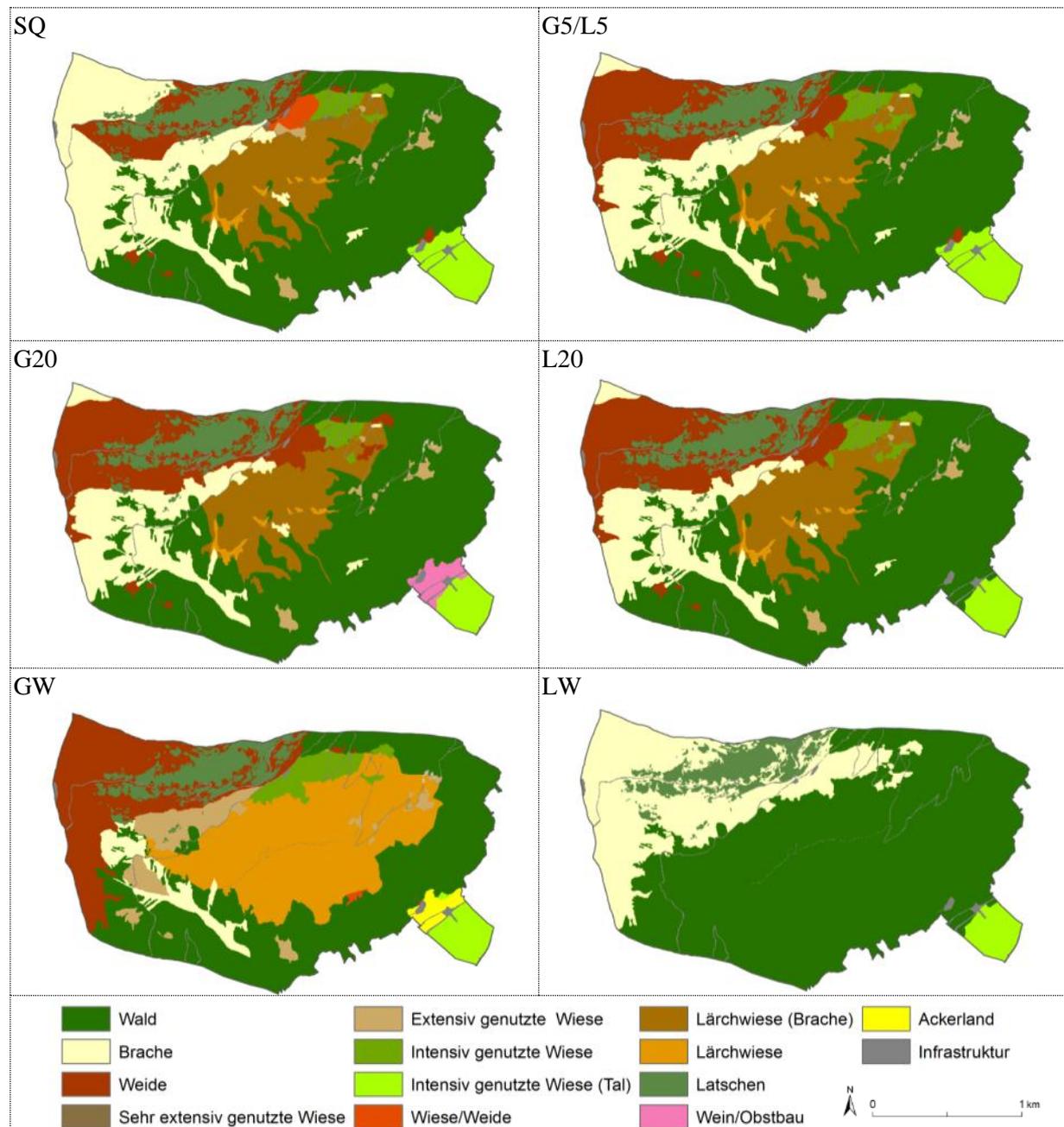


Abb. 2: Landnutzung für die Kaserstattalm

Ökosystemdienstleistungen

Auf Basis der Landnutzungskarten wurden verschiedene Ökosystemdienstleistungen modelliert (Tab.2). Während sich unter den Szenarien G5 und L5 kaum etwas ändert, zeigen die Szenarien G20 und L20 gegensätzliche Trends, die sich bei den Worst-Case-Szenarien deutlich verstärken. Während der ästhetische Wert und die Regulierung von Naturgefahren beim globalen Szenario zunehmen, verringern sich Klimaregulierung und Bodenstabilität. Obwohl die Grünlandflächen zunehmen, nimmt die Futterqualität und -menge im Mittel ab, da vor allem Weideflächen ausgedehnt werden, die geringere Werte aufweisen als Wiesen. Außerdem begrenzen die geringen Sommerniederschläge die Futtermenge, was durch eine Zunahme an Grünlandflächen kompensiert wird. So kann die gesamte Futtermenge beim GW Szenario im Vergleich zum Status quo verdoppelt werden. Unter den lokalen Szenarios besteht ein gegensätzlicher Trend. Der ästhetische Wert nimmt stark ab, da die Almflächen nicht mehr bewirtschaftet werden und der Wald zunimmt, der einen geringeren ästhetischen Wert hat aufgrund der eingeschränkten Sicht. Regulierende Ökosystemdienstleistungen hingegen verbessern sich, besonders die Klimaregulierung aufgrund der Zunahme des Waldes. Die Futterproduktion verliert an Bedeutung und beschränkt sich nur auf den Talboden.

Tab. 2: Ökosystemdienstleistungen für die Kaserstattalm für den Status quo (SQ) und die Szenarien. Alle Werte wurden von 0-100 skaliert und für das gesamte Gebiet gemittelt.

Ökosystemdienstleistung	Szenario					
	SQ	G5/L5	G20	L20	GW	LW
Ästhetik	46.0	46.0	46.0	45.8	49.0	33.4
Futterqualität*	37.6	31.9	29.6	31.3	27.9	96.0
Futtermenge*	41.6	31.7	31.2	31.3	23.9	40.0
Klimaregulierung	58.3	58.1	58.8	59.4	53.7	69.9
Naturgefahrenregulierung	78.8	86.8	87.1	87.2	85.3	90.4
Bodenstabilität	38.5	38.1	38.5	38.9	35.3	44.4

*Gesamtfläche von Grünland ist für die Szenarien unterschiedlich.

Schlussfolgerung

Während der Workshops brachten die Landwirte zum Ausdruck, dass ihre Entscheidungen hauptsächlich durch die Agrarpolitik, das Klima, den Naturschutz, die Topographie und finanzielle Unterstützungen beeinflusst werden. Generell ist die Trockenheit das größte Problem für die Landwirte. Im Gegensatz zu den Almgebieten könnte der Talboden mit entsprechenden Investitionen bewässert und somit weiterhin landwirtschaftlich genutzt werden. Die steigenden Temperaturen bieten zwar teilweise die Möglichkeit, neue Sorten anzubauen und die Weidezeit zu verlängern, allerdings haben sie negative Auswirkungen auf die Wasserverfügbarkeit im Frühjahr aufgrund fehlender Schneeschmelze und schränken den Wintertourismus stark ein. In Berggebieten ist die Bereitstellung von Ökosystemdienstleistungen eng an topographische und klimatische Bedingungen geknüpft. Agrarpolitische Programme sollten den Landwirten daher erlauben, flexibel auf die klimatische Variabilität reagieren zu können. Die Erhaltung der Landwirtschaft und eine extensive Bewirtschaftung der Flächen fördert die Bereitstellung verschiedener Ökosystemdienstleistungen und bildet besonders für den Tourismus eine wichtige Grundlage.

Literatur

- Beniston, M. 2012: Impacts of climatic change on water and associated economic activities in the Swiss Alps, *Journal of Hydrology* 412-413, 291–296.
- Egger, G., K. Angermann, S. Aigner und K. Buchgraber (2005): GIS-Gestützte Ertragsmodellierung zur Optimierung des Weidemanagements auf Almweiden. BAL - Bundesanst. für Alpenländ. Landwirtschaft, Gumpenstein.
- IPCC (2000): Emissions Scenarios. A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge.
- Metzger, M.J., M. Rounsevell, A. Michlik, R. Leemans und D. Schröter (2006): The Vulnerability of Ecosystem Services to Land Use Change. *Agriculture Ecosystem & Environment* 114, 69-86.
- Rutherford, G.N., P. Bebi, P.J. Edwards und N.E. Zimmermann (2008): Assessing land-use statistics to model land cover change in a mountainous landscape in the European Alps. *Ecological Modelling* 212, 460-471.
- Steiger, R. (2010): The impact of climate change on ski season length and snowmaking requirements in Tyrol, Austria. *Climate Research* 43(3), 251-262.
- Strauss, F., H. Formayer und E. Schmid (2012): High resolution climate data for Austria in the period 2008-2040 from a statistical climate change model. *International Journal of Climatology*. DOI: 10.1002/joc.3434.
- Tappeiner, U., E. Tasser, G. Leitinger, A. Cernusca und G. Tappeiner (2008): Effects of Historical and Likely Future Scenarios of Land Use on Above- and Belowground Vegetation Carbon Stocks of an Alpine Valley. *Ecosystems* 11, 1383-1400.
- Tasser, E., J. Walde, U. Tappeiner, A. Teutsch und W. Nogglner (2007): Land-use changes and natural reforestation in the Eastern Central Alps. *Agriculture Ecosystem & Environment* 118, 115-129.
- Theurillat J. und A. Guisan (2001): Potential Impact of Climate Change on Vegetation in the European Alps: A Review. *Climatic Change* 50, 77-109.

Regionalisierte Biomassepotenziale im ländlichen Raum - Ein räumliches Bilanzierungsverfahren für die Planungs- und Entscheidungsunterstützung

Werner Rolf¹, Julia Habeck¹, Roman Lenz¹, Rainer Luick², Kolja Schümann²

¹ Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen, Nürtingen, Deutschland

² Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg, Rottenburg, Deutschland

Zusammenfassung

Im Rahmen des Forschungs- und Entwicklungsvorhabens „Renewable Energy Concepts – Regionalisierte Biomassekonzepte im ländlichen Raum“ wurde ein informeller planerischer Ansatz entwickelt und erprobt, der auf regionaler bzw. kommunaler Ebene eine nachhaltige bzw. naturverträgliche Nutzung von Bioenergie koordiniert (Schümann et al. 2012). Darüber hinaus kann er helfen, gesellschaftliche Leitplanken in einer Region zu entwickeln, innerhalb derer die Biomassewirtschaft in einer Region zukünftig erfolgen soll.

Teil des Konzeptes ist ein räumliches Bilanzierungsverfahren, das die Biomasse-Potenziale einer Region ermittelt. Es soll helfen, folgende Fragen zu veranschaulichen:

- Wie viel Biomasse stellt die Landschaft zur Verfügung?
- Was sind Möglichkeiten zur Biomasse-Nutzung?
- Wo sind die Grenzen?

Das entwickelte Bilanzierungsverfahren ermöglicht es, die installierte Anlagenkapazität dem landschaftlichen Leistungspotenzial der Region gegenüberzustellen, und kann somit wertvolle Hinweise für einen nachhaltigen Ausbau liefern. Die Ermittlung des landschaftlichen Leistungspotenzials erfolgt unter Berücksichtigung der landschaftsökologischen Standortbedingungen sowie des Ressourcenschutzes. Neben naturschutzfachlichen Rahmenbedingungen können weitere Nutzungsansprüche berücksichtigt werden. Merkmal des Verfahrens sind sogenannte „Handlungsoptionen“, die gewählt und priorisiert werden können. Dies ermöglicht es, verschiedene Diskussionsvarianten interaktiv zu entwickeln und Szenarien einander gegenüber zu stellen.

Einleitung

Ziel der Bundesregierung ist es, den Anteil erneuerbarer Energien bis zum Jahr 2020 deutlich zu steigern. Dabei soll der energetischen Nutzung von Biomasse auch künftig eine besondere Bedeutung zukommen. Nach den aktuellen Leitszenarien (Nitsch & Wenzel 2009) bedeutet dies, dass bis 2040 etwa 25 Prozent der landwirtschaftlichen Nutzfläche oder umgerechnet 4,2 Millionen Hektar mit Energiepflanzen bestellt sein könnten.

Mittlerweile zweifeln verschiedene wissenschaftliche Untersuchungen an, dass insbesondere die energetische Nutzung von Anbaubiomasse einen nennenswerten positiven Beitrag zur Erfüllung des gesamtgesellschaftlichen Zieles der Reduktion von Treibhausgasen (THG) hat. Unter Umständen kann sie sogar negativer als die CO₂-Emissionen aus fossilen Energien sein (Anspach & Möller 2008). Das ist etwa der Fall, wenn humusreiche Grünlandstandorte für den Energiepflanzenanbau umgebrochen werden (von Haaren et al. 2010). Viel diskutiert sind ferner die Folgewirkungen des heimischen Energiepflanzenanbaus auf die Biodiversität unserer Kulturlandschaften. Hierbei muss man zwischen direkten (Intensivierung der Flächennutzung oder Flächenumbruch) und indirekten Beeinträchtigungen differenzieren. Letztere beschreiben Verlagerungseffekte in Form indirekter Landnutzungsänderungen (indirect land use change, ILUC), wobei eine vermehrte Flächeninanspruchnahme zur Ausdehnung der

Agrarproduktion von energetisch nutzbarer Biomasse andernorts Agrarflächen beansprucht bzw. deren Ausdehnung bewirkt. So ist bereits heute nachweisbar, dass verstärkt Futtermittel importiert werden und etwa die Regenwaldzerstörung für den Sojaanbau zunimmt, während bei uns vermehrt Ackerflächen mit den auf Grund des Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) profitableren Energiepflanzen bestellt werden.

In einigen Regionen Deutschlands haben förderpolitische Maßnahmen zu einem wahrhaften Bioenergie-Boom geführt. Begleiterscheinungen sind, dass regional und vor allem lokal die nachhaltigen Nutzungspotenziale vielfach überschätzt wurden, es bei Biogasanlagen und auch schon bei Holzwärme- und Biomassekraftwerken zur Konzentration der Anlagenstandorte und Übernutzung der verfügbaren Ressourcen kommt. So bleibt nicht aus, dass zunehmend unerwünschte negative Umweltwirkungen bilanziert werden müssen (vgl. NBBW 2012). Um auch künftig der Prämisse einer ökologischen, sozialen und ökonomischen Nachhaltigkeit zu entsprechen, sind räumliche Steuerungsansätze gefragt, die eine regionale/lokale Ressourcenübernutzung und die Verschärfung von Nutzungskonkurrenzen vermeiden helfen. Entscheidend ist daher stets, die theoretisch verfügbaren Biomassepotenziale – egal, auf welcher räumlichen Ebene sie erfasst werden – hinsichtlich der Flächenanforderungen, der für den jeweiligen Raum ermittelten konkurrierenden Nutzungen, zu "korrigieren" bzw. anzupassen. Dies setzt einen gesellschaftlichen Dialog voraus, in dem Nutzeransprüche offen diskutiert und miteinander abgewogen werden müssen.

Genau hierin lag die Zielsetzung der Schwerpunkt des Forschungs- und Entwicklungsvorhabens „Renewable Energy Concepts – Regionalisierte Biomassekonzepte im ländlichen Raum“, einen partizipativen Ansatz auf kommunaler Ebene Lösungsansätze zur Harmonisierung konkurrierender gesellschaftlicher Ansprüche zu entwickeln.

Methode

Zu Beginn des Projektes wurde im Rahmen einer SWOT-Analyse eine Bewertung von Chancen, Stärken, Risiken und Gefahren der energetischen Biomassenutzung im regionalen Kontext der Modellregion vorgenommen – die Modellregion umfasste den Regionalverband Stuttgart, Neckar-Alb und Schwarzwald-Baar-Heuberg. Hieraus wurden Handlungserfordernisse und zugehörige Lösungsansätze abgeleitet.

In einem weiteren Schritt wurden diese Lösungsansätze bzw. Handlungsoptionen auf kommunaler Betrachtungsebene konkretisiert. Hierbei wurde zum einen lokales Expertenwissen hinzugezogen und zum anderen lokale landschaftliche Besonderheiten sowie die aktuelle Flächennutzung berücksichtigt. Darüber hinaus wurde die Akzeptanz von Handlungsoptionen diskutiert und diese sukzessive konkretisiert, um vor allem Schnittstellen von Nutzungsansprüchen und Konfliktpotenzialen herauszuarbeiten. Die Handlungsoptionen wurden letztlich als Variablen in das räumliche Bilanzierungsverfahren mit aufgenommen.

Die letztendliche Erprobung der räumlichen Bilanzierungsmethode erfolgte im Rahmen eines Workshops, mit Akteuren der Kommune. Im Rahmen dieses Workshops wurden die übereinstimmenden Vorstellungen über die kommunale Biomassegewinnung durch sogenannte „Leitplanken“ für das Untersuchungsgebiet diskutiert und festgelegt. Divergierende Vorstellungen und weitergehende Restriktionen konnten nun durch das räumliche Analyseverfahren in verschiedenen Varianten abgebildet werden. Die verschiedenen Szenarien beruhten letztlich auf den ermittelten verfügbaren Flächenpotenzialen, wie sie sich aus den "Leitplanken" und den entwickelten "Varianten" ergeben und beinhalteten eine Abbildung zu erwartenden Umweltwirkungen. Vor allem die Ergebnisse können somit den Akteuren vor Ort einen Orientierungsrahmen bieten, wie durch die verschiedenen Handlungsoptionen

eine standort-angepasste und nachhaltige Biomasse-nutzung auf kommunaler Ebene ausgestaltet werden könnte und bieten somit eine Handlungs- und Entscheidungshilfe.

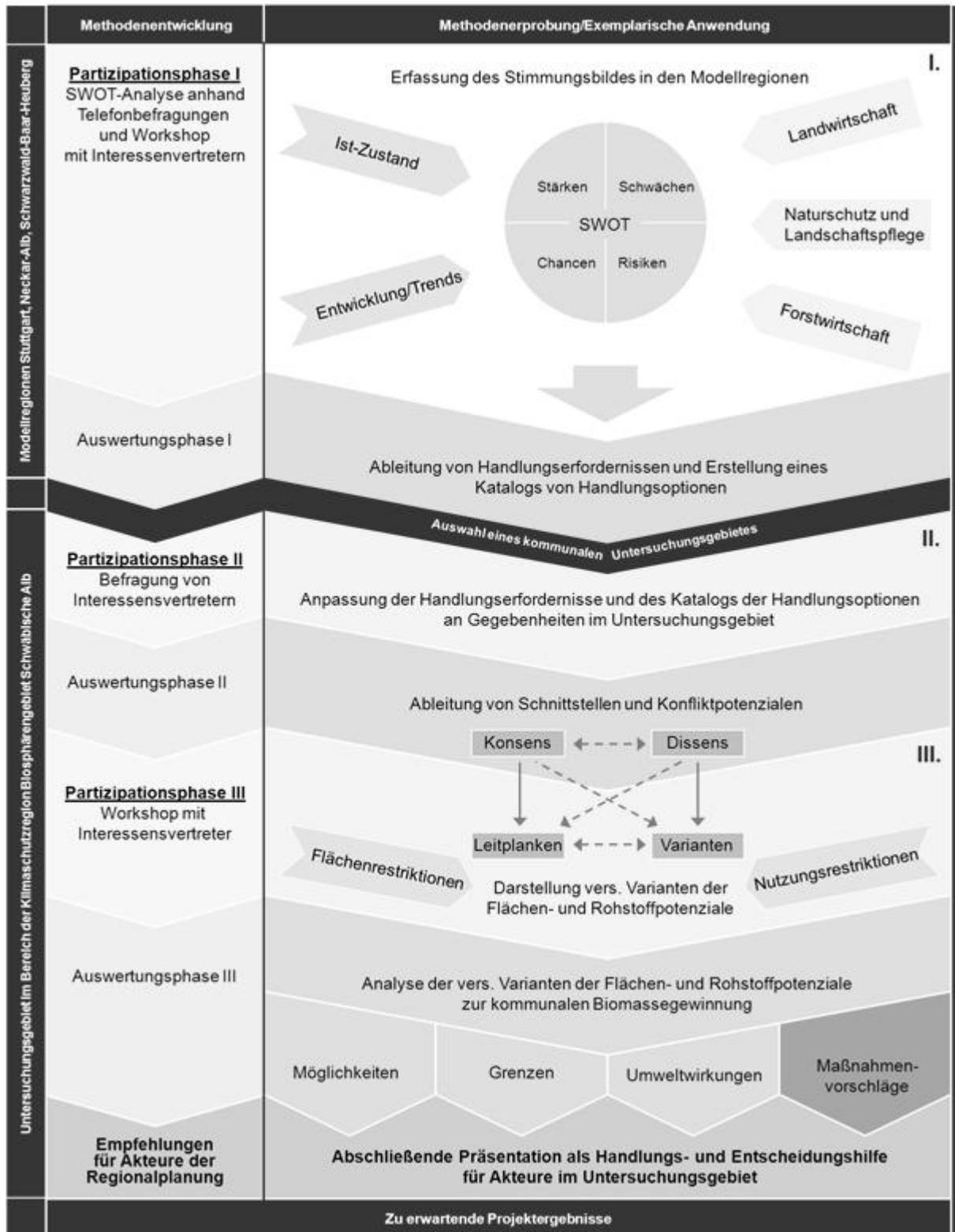


Abb. 1: Verfahrensablauf mit den verschiedenen Phasen

Ergebnis

Das Ergebnis des entwickelten Verfahrens wird in Abbildung 2 schematisiert dargestellt.

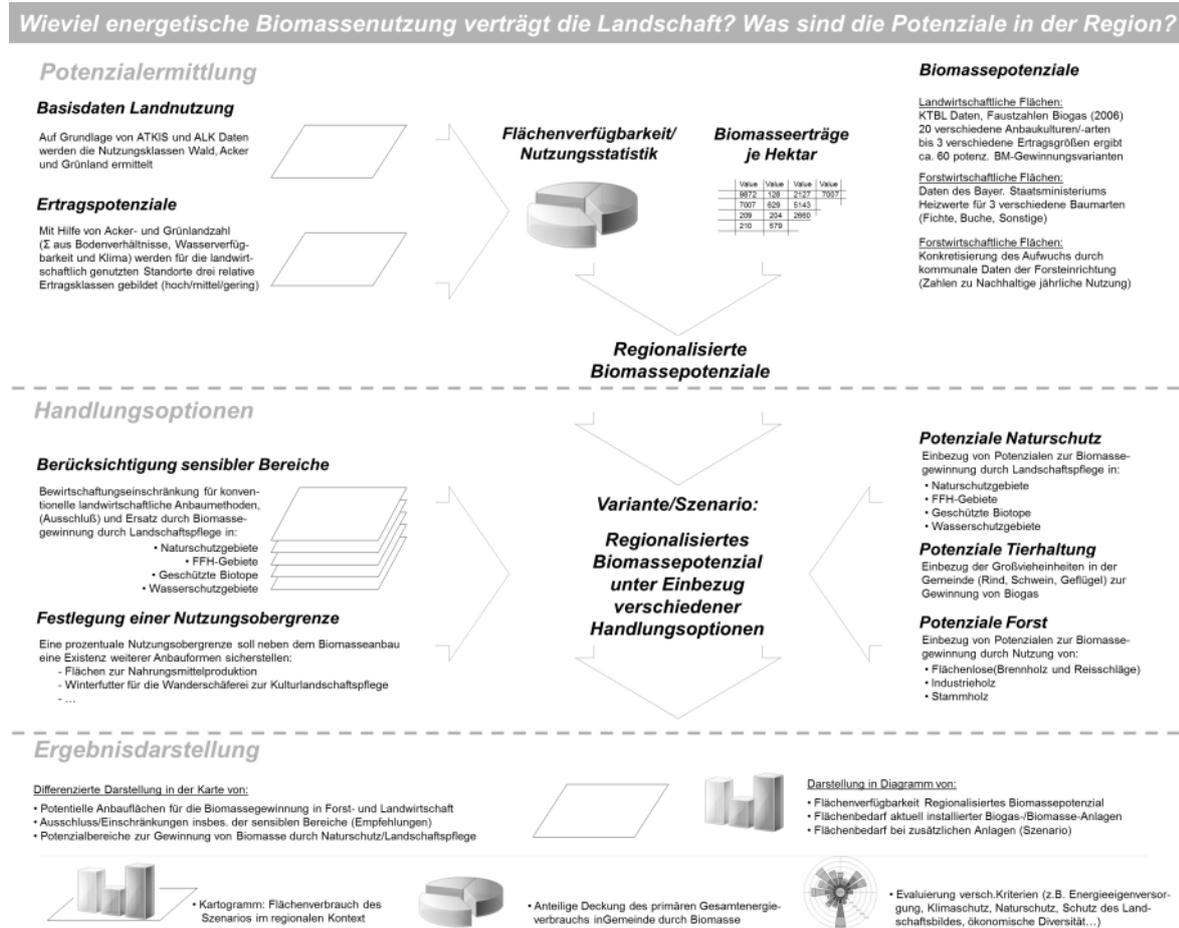


Abb. 2: Darstellung des entwickelten räumlichen Bilanzierungsverfahrens

In einem ersten Schritt wird das Bereitstellungspotenzial im Untersuchungsgebiet ermittelt, welches das gesamte physikalische Biomasseangebot primär bewirtschafteter Flächen im Untersuchungsgebiet umfasst. Es beschreibt das maximal mögliche Nutzungspotenzial der landwirtschaftlich genutzten Acker- und Grünlandbereiche sowie des Waldes; die Berücksichtigung von Dauerkulturen, Tierhaltung, Reststoffen aus der Landschaftspflege, Bewirtschaftungsform, Anbaufrucht, oder Fruchtfolge etc. erfolgt in diesem Schritt noch nicht, sondern erst im späteren Verlauf, unter Einbezug verschiedener Handlungsoptionen. Die Ermittlung des Bereitstellungspotenzials der landwirtschaftlich genutzten Acker- und Grünlandbereiche erfolgt durch eine Verknüpfung der Flächenstatistik mit der „Biomasseertragsdatenbank Landwirtschaft“, die im Rahmen des Projektes aufgebaut wurde (KTBL 2006, KTBL 2009; Rösch et al. 2007). Sie umfasst Daten von 24 verschiedenen Anbauformen für verschiedene standortbezogene Ertragsklassen. Mit der „Biomasse-Leistungspotenzialdatenbank Landwirtschaft“ stehen in Abhängigkeit von Kulturwahl, Nutzungsintensität und Standorteigenschaften, insgesamt 70 verschiedene Datensätze zur Verfügung, mit denen im weiteren Verlauf und unter Einbezug weiterer Handlungsoptionen eine weitere Differenzierung des landschaftlichen Leistungspotenzial erfolgen kann. Das maximal mögliche Nutzungspotenzial des Waldes wiederum wird aus dem aktuellen Waldbestand und dem jährlichen Gesamteinschlag abgeleitet. Die Ertragszahlen werden mit der „Biomasse-Leistungspotenzialdatenbank Wald“ verknüpft, die im Rahmen des Projektes aufgebaut

wurde. Sie ermöglichen es in Anlehnung an Heizwerttabellen für verschiedene Holzarten (TFZ 2009) Potenziale zur energetischen Nutzung abzuleiten.

Nachdem als Grundlagen das maximal mögliche Nutzungspotenzial landwirtschaftlich und waldbaulich genutzter Bereiche ermittelt wurde, fließen im weiteren Verlauf verschiedene Handlungsoptionen in die Bilanzierung ein, die eine Konkretisierung des landschaftlichen Leistungspotenzials ermöglichen. Unter den Handlungsoptionen werden verschiedene denkbare Möglichkeiten verstanden, die – je nach gesellschaftlicher Wertschätzung, Zielsetzung und auch Anstrengungen – bestehende Potenziale einschränken oder aber auch neue Potenziale erschließen können; so können bestimmte Anbau- und Bewirtschaftungsmethoden ausgenommen aber auch Alternativen forciert werden. Beides hat die Konsequenz, dass dies zu Abzügen bzw. Zuschlägen des Biomassebereitstellungspotenzials der Region führt. Diese Handlungsoptionen sind somit ausschlaggebend für die Ermittlung des regionalisierten Biomassepotenzials. Sie definieren Leitplanken und bilden somit einen Rahmen, innerhalb dessen der Anbau und die Nutzung von Biomasse stattfinden kann/soll.

Folgende Handlungsoptionen wurden hierbei entwickelt:

- **Handlungsoption Ressourcenschutz:**

Mit den Handlungsoptionen Ressourcenschutz wird die ökologische Leistungsfähigkeit der Standorte berücksichtigt. Hier erfolgen vor allem in den sensiblen Bereichen Bewirtschaftungseinschränkung für konventionelle landwirtschaftliche Anbaumethoden. Folgende Ressourcenschutzaspekte können als Handlungsoption in die Bilanzierung mit einbezogen werden:

 - Schutz der Ressource Boden durch den Ausschluss von Ackerbau auf Flächen mit Erosionsgefahr, zur Vermeidung von Bodenabtrag.
 - Schutz der Ressource Boden durch eine mehrgliedrige Fruchtfolge (2-4gliedrig) und den damit verbundenen Ertragsschwankungen
 - Schutz der Ressource Grundwasser durch Einschränkung intensiver Anbau-/Nutzungsformen für die Biomasseproduktion in Wasserschutzgebieten der Zone 1 und 2.
 - Schutz der Ressource Tier- und Pflanzenarten/Biodiversität durch Einschränkung intensiver Anbau-/Nutzungsformen für die Biomasseproduktion in Naturschutz-, FFH-Gebieten etc. (unabhängig von den jeweiligen Schutzgebietsverordnungen)

- **Handlungsoption Potenziale Naturschutz und Landschaftspflege:**

Die Handlungsoption Ressourcenschutz geht zwar mit Nutzungseinschränkungen für intensive Nutzungsformen in sensiblen Bereichen (Naturschutz, Grundwasserschutz, ...) einher, andererseits können alternative extensive Nutzungen neue Potenziale erschließen. Da es sich allerdings oftmals um regional sehr unterschiedliche Fragestellungen und eine hohe Varianz lokaler Besonderheiten handelt, gestaltet sich die Bilanzierung der Biomassepotenziale allerdings vergleichsweise schwierig. Beispielhaft genannt sind:

 - Extensive Grünlandnutzung in sensiblen Bereichen
 - Unterwuchs und Baumschnitt der Streuobstwiesen
 - Landschaftspflegeholz aus Offenhaltungsmaßnahmen in Heiden und Mooren oder auch aus Heckenschnitt
 - Agroforstsysteme oder Kurzumtriebsplantagen zur Strukturbereicherung ausgeräumter Agrarlandschaften

- **Potenzielle Tierhaltung:**
Diese Handlungsoption ermöglicht es, die Potenziale aus der Tierhaltung, aus Gülle und Mist zu erschließen und in der Bilanzierung mit einzubeziehen. Hierfür wurde eine „Biomasse-Leistungspotenzialdatenbank Tierhaltung“ zusammengetragen.
- **Handlungsoption konkurrierender Nutzungsansprüche:**
Als eine weitere Handlungsoption kann für landwirtschaftliche Nutzflächen ein verhältnismäßiger Anteil des Biomasseanbaus an der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche gewählt werden, der die zukünftige Bedeutung des Biomasse-sektors in dem Gebiet im Vergleich zu anderen landwirtschaftlichen Betriebszweigen abbildet.

Die Analyse- und Bilanzierungsergebnisse werden in verschiedenen Formen dargestellt:

- **Potenzialdiagramm:**
Das Potenzialdiagramm überführt das ermittelte landschaftliche Leistungspotenzial, in eine potenzielle Anlagenkapazität. Sie stellt eine Art Obergrenze der installierten Anlagenkapazität dar, die durch das landschaftliche Leistungspotenzial, also unter Berücksichtigung aller gewählten Handlungsoptionen, gedeckt werden kann. Das Potenzialdiagramm kann somit eine Hilfestellung leisten, den Landschaftsverbrauch der aktuell installierten Anlagengröße einzuschätzen und lässt erkennen, wann eine kritische Größe erreicht respektive überschritten wird, die nicht mehr mit dem regionalisierten Biomassepotenzial im Einklang steht.
- **Wirkungsdiagramm:**
Das Wirkungsdiagramm orientiert sich an der AMOEBA-Methode (vgl. Ten Brink 1991) und ermöglicht eine aggregierte Betrachtung aller Handlungsoptionen hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf verschiedene gesellschaftliche, wirtschaftliche und ökologische Indikatoren. Die Auswirkungen werden auf diese Weise evaluiert und deren Ergebnisse visualisiert (Abb. 26). Das nachfolgende Wirkungsdiagramm stellt Evaluationsergebnisse der Handlungsoption hinsichtlich verschiedener Nachhaltigkeits-Indikatoren dar, wie:
 - der Beitrag zur Eigenenergieversorgung durch den Biomasseanbau
 - der Beitrag zum Klimaschutz im Vergleich zu fossilen Energieträgern
 - der Beitrag zur Biodiversität, also zum Erhalt der Tier- und Pflanzenvielfalt in der Region
 - der Beitrag Schutz des Landschaftsbildes, insbesondere durch eine verringerten Anbau großflächiger Maiskulturen
 - der Beitrag zum Bodenschutz und Wasserschutz
 - der Beitrag zur ökonomischen Diversität im Agrarsektor durch die Möglichkeiten zur Koexistenz weiterer Betriebszweige
- **Empfehlungskarten:**
Mit diesen Empfehlungskarten kann ein raumbezogenes Instrumentarium angeboten werden, das regionale Besonderheiten sowie flächen- und standortspezifische Empfindlichkeiten berücksichtigt. Sie können genutzt werden, um den Anbau von Energiepflanzen räumlich zu steuern und naturverträgliche Anbau-/Nutzungsformen in bestimmten Bereichen gezielt fördern. Sie können in Landschafts(rahmen)pläne übernommen werden oder auch als Grundlage für Festsetzungen im Regionalplan dienen. Aus diesem Verfahren hervorgehende Empfehlungskarten können sein:

- Konfliktkarten mit ggf. Ausschlussflächen bzw. Flächen mit Einschränkungen, aufbauend auf den definierten Leitplanken der Handlungsoptionen „Ressourcenschutz“
- Eignungskarten für den naturverträglichen Anbau von Silomais für die energetische Nutzung, aufbauend auf den definierten Leitplanken der Handlungsoptionen „Ressourcenschutz“
- Potenzialkarten für Bereiche zur Gewinnung von Biomasse durch Naturschutz/Landschaftspflege, aufbauend auf den definierten Leitplanken der Handlungsoptionen „Naturschutz und Landschaftspflege“

Fazit/Ausblick

Mit Hilfe des Verfahrens kann ausgehend vom theoretisch verfügbaren Biomasseangebot (theoretisches Potenzial), mittels verschiedener Handlungsoptionen eine Konkretisierung des tatsächlichen landschaftlichen Leistungspotenzials für ein definiertes Untersuchungsgebiet erfolgen. Die Bilanzierungsergebnisse werden auf drei Ebenen dargestellt: Ein Potenzialdiagramm hilft die Flächeninanspruchnahme aktuell oder auch geplanter Biomasseanlagen einzuschätzen und zeigt auf, ob der Bedarf sich noch mit dem regionalisierten Biomassepotenzial im Einklang befinden. Das Wirkungsdiagramm stellt die Auswirkungen gewählter Handlungsoptionen und Leitplanken hinsichtlich verschiedener gesellschaftlicher, wirtschaftlicher und ökologischer Indikatoren dar. Empfehlungskarten stellen Eignungen, Potenziale sowie Konflikte, auf Grundlage der definierten Handlungsoptionen, räumlich dar. Die Ergebnisse können Planungsprozesse transparent gestalten und bieten eine wichtige Hilfestellung bei der Diskussion aktueller bzw. möglicher Entwicklungen. Darüber hinaus können vor allem die Empfehlungskarten eine Grundlage bieten, um den Anbau von Energiepflanzen räumlich zu steuern und naturverträgliche Anbau- /Nutzungsformen in bestimmten Bereichen gezielt zu fördern. Die Ergebnisse dieses räumlichen Bilanzierungsmodells für die Modellgemeinde Engstingen dienten als wichtige Diskussionsgrundlage für den Leitplanken-Workshop der mit den lokalen Akteuren im Rahmen des partizipativen Planungsprozesses durchgeführt wurde. Obwohl eine Reduzierung des Bilanzierungsmodells auf wenige Parameter erfolgt, zeigte die Erprobung im Rahmen des Leitplanken-Workshops, dass wesentliche diskussionsrelevante Aspekte abgedeckt werden können. Auftauchende Kernfragen, wie z. B. „Wie viele Biomasseanlagen trägt unsere Landschaft? Haben wir das Potenzial schon ausgereizt oder besteht noch ‚Luft‘ nach oben?“ können hiermit aufgegriffen werden. Auch wenn im Rahmen des Projektes die kommunale Leitplankendiskussion zunächst nur initiiert werden konnte, wurde ganz deutlich, dass der begonnene Diskurs ein kleiner Schritt zu mehr Transparenz hinsichtlich der energetischen Nutzung von Biomasse in der Kommune war.

Einschränkend sei ergänzt, dass sich das Bilanzierungsmodell in erster Linie an dem Prinzip regionaler Stoffstromkreisläufe und einer dezentralisierten Energieversorgung orientiert. Zwar soll die Realität überregionaler Stoffströme damit nicht ignoriert werden, sie sind allerdings nicht Bilanzierungsmerkmal eines regionalisierten Biomassekonzepts, wie es im Rahmen des Projektes aufgefasst wird. Das Bilanzierungsverfahren wird weniger als eine lineare Methode sondern vielmehr als eine interaktive, wechselseitige Methode verstanden, die es ermöglicht, verschiedene Handlungsoptionen zu diskutieren, Varianten zu entwickeln, in Szenarien gegenüber zu stellen und zu visualisieren. Die Methode kann dazu beitragen, den Diskussionsgegenstand zu fixieren, Problem- und Konfliktthemen zu versachlichen, Lösungsmöglichkeiten für sich darstellende Problembereiche zu diskutieren, Handlungsempfehlungen zu erarbeiten und somit zur Konsensfindung beitragen. Es eignet sich somit für den Einsatz in partizipativen Planungsprozessen, vor allem um den Dialog im Spannungsfeld Natur-/Landschaftsschutz und Landwirtschaft zu fördern, wo sich oftmals polarisierende Positionen gegen-

überstehen. Eine Weiterentwicklung und Ergänzung des Bilanzierungsmodells wäre daher nicht nur denkbar sondern auch wünschenswert.

Mit diesem Projektergebnis liegt im Wesentlichen eine Bilanzierungsmethode mit ersten Anwendungsbeispielen vor. Zwar konnten einzelne Schritte über ein Geografisches Informationssystem (GIS) implementiert werden, eine vollständige technische Realisierung, die eine Anwendung des Verfahrens in Echtzeit, im Rahmen von Workshops ermöglicht, erfolgte im Rahmen des Projektes jedoch nicht.

Literatur

- Anderson, A. E., M. Weiler, Y. Alila und R. O. Hudson (2009): Dye staining and excavation of a lateral preferential flow network. *Hydrology and Earth System Sciences* 13, 935-944.
- Anspach V. & D. Möller (2008): Biogas – Gründes Gold vom Acker? Wirtschaftliche Potenziale und Ökologische Nachhaltigkeit von Biogasanlagen. IN: AgrarBündnis e.V. [HRSG.] (2008): Der kritische Agrarbericht 2008. Schwerpunkt: Landwirtschaft als Energieerzeuger. Kassel. 129-134.
- Haaren, C. von, Saathoff, W., Boodenschatz, T. und M. Lange (2010): Der Einfluss veränderter Landnutzungen auf Klimawandel und Biodiversität – unter besonderer Berücksichtigung der Klimarelevanz von Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege. In: BFN (Bundesamt für Naturschutz) [Hrsg.]: Naturschutz und Biologische Vielfalt 94. Landwirtschaftsverlag Münster. 182 S.
- KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft) (2006): Energiepflanzen. Darmstadt. 371 S.
- KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft) (2009). Faustzahlen Biogas. Darmstadt. 236 S.
- NBBW (Nachhaltigkeitsbeirat Baden-Württemberg (2012): Energiewende: Implikationen für Baden-Württemberg. Energiegutachten des NBBW. 90 S. URL: <http://www.nachhaltigkeitsbeirat-bw.de/mainDaten/dokumente/energiegutachten2012.pdf> [Stand: 07.10.2012]
- Nitsch, J. und B. Wenzel (2009): Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland unter Berücksichtigung der europäischen und globalen Entwicklung - Leitszenario 2009. Berlin: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Reihe Umweltpolitik. 104 S. Berlin URL: http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/leitszenario2009_bf.pdf [Stand: 07.10.2012]
- Rösch, C., Raab, K., Skara, J. und V. Stelzer (2007): Energie aus Grünland – eine nachhaltige Entwicklung? Karlsruhe. 179 S
- Schümann, K., Luick, R., Habeck, J., Lenz, R. und R. Rolf (2012): Renewable Energy Concepts – Regionalisierte Biomassekonzepte im Ländlichen Raum. F+EVorhaben der Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg und der Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen- Geisingen. 127 S. URL: http://www.hs-rottenburg.net/fileadmin/data/Hochschule/Forschung_Projekte/IAF/Forschungsprojekte/2011/RenECon_2011.pdf (Stand: 07.10.2012)
- TFZ (Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe) (2009) (Hrsg.): Heizwerttabellen für verschiedene Holzarten. Straubing. 2 S. URL: http://www.tfz.bayern.de/sonstiges/16028/mb_b_rs_heizwerttabellen_holzarten.pdf [Stand: 07.10.2012]
- Ten Brink, B. (1991): The AMOEBa approach as a useful tool for establishing sustainable development? In: Kuik, O., Verbruggen, H. [Hrsg.]: Search of indicators for sustainable development. Environment & Management (1). 71-87

Möglichkeiten und räumliche Differenzierung der Anpassung an künftige Niedrigwassersituationen in kleinen Fließgewässern Brandenburgs

Björn Thomas^{1,2}, Jörg Steidl¹, Gunnar Lischeid^{1,2}, Ottfried Dietrich¹ und Ralf Dannowski¹

¹ Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e. V., Institut für Landschaftswasserhaushalt, Müncheberg, Deutschland

² Universität Potsdam, Institut für Erd- und Umweltwissenschaften, Deutschland

Zusammenfassung

Extreme Niedrigwasserabflüsse vergangener Jahre im Nordosten Deutschlands (z.B. 1992, 2003, 2006) haben in der Wissenschaft und bei Entscheidungsträgern bereits das Bewusstsein für eine Anpassung der Wasserbewirtschaftung geschärft. Ensembles von Klimaprojektionen und Abflussprojektionen zeigen künftig ein noch häufigeres Auftreten von extremen Niedrigwasserabflüssen. Kleine relativ gewässerreiche Einzugsgebiete (< 500 km²) werden in Brandenburg zuerst von den Folgen des Klimawandels betroffen sein. Neben den Problemen der Wasserverfügbarkeit sind dies vor allem auch Veränderungen der gewässerökologischen Verhältnisse. Ziel unserer Arbeit ist es Grundlagen für die Vorplanung von Anpassungsmaßnahmen zu erarbeiten.

Aufgrund der Niederschlagsmuster und der unterschiedlichen Geohydrologie konnte gezeigt werden, dass Gebiete im Nordosten Brandenburgs, gerade Einzugsgebiete auf der Barnim Hochfläche, ein erhöhtes Niedrigwasserrisiko aufweisen. Darüber hinaus reagieren die Einzugsgebiete unterschiedlich auf Niederschlagsdefizite. Die daraus resultierenden Unterschiede der Defizitvolumina bezogen auf die Einzugsgebietsfläche zeigen wie groß die räumlichen Unterschiede des Bedarfs von Anpassungsmaßnahmen sind.

Innerhalb des Projektes wurde die Wirksamkeit von Kleinspeichern und Seen, sowie eines Grabenbewässerungssystems zur ufernahen Grundwasseranreicherung unter den Bedingungen Nordostdeutschlands analysiert. Zusammen mit weiteren in der Literatur beschriebenen Maßnahmen steht somit ein Katalog zur Verfügung aus denen Maßnahmenpakete, die den Einzugsgebietseigenschaften gerecht werden, abgeleitet werden können.

Einleitung

Bereits bei extremen Niedrigwasserabflüssen im Nordosten Deutschlands (z.B. 1992, 2003, 2006) wurden räumliche und zeitliche Unterschiede deutlich. Ensembles von Klimaprojektionen und Abflussprojektionen zeigen künftig ein noch häufigeres Auftreten von extremen Niedrigwasserabflüssen (Conradt et al., 2012). Kleine relativ gewässerreiche Einzugsgebiete (< 500 km²) werden zuerst von den Folgen des Klimawandels betroffen sein. Selbst geringe Änderungen der Abflussverhältnisse und Grundwasserflüsse können zum Unterschreiten von Schwellwerten, Änderung im Abflussverhalten (z.B. durch zeitweise Entkopplung von Fließabschnitten vom Grundwasser) bzw. zum Trockenfallen der Gewässer führen (Ramelow et al., 2012) und damit auch deutliche Veränderungen der gewässerökologischen Verhältnisse hervorrufen.

Eine zukünftige Anpassung an die sich ändernden Abflussverhältnisse muss eine Vielzahl, evtl. interagierender Maßnahmen umfassen, da sowohl die Prozesse, die Niedrigwasserabflüsse hervorrufen, sich unterscheiden und die Beschränkung auf einzelne Maßnahmentypen wegen der begrenzten Flächenverfügbarkeit nicht umsetzbar erscheint. Auch sollte die Kommunikation von erwarteten Ände-

rungen im Abflussgeschehen vorangetrieben werden. Der Informationsbedarf unterscheidet sich bei der Anpassung je nach Akteur. Auf Ebenen der Landesämter und des Verbandstages der Wasser- und Bodenverbände fehlen Erkenntnisse über räumliche Unterschiede der Einzugsgebiete. Die unteren Wasserbehörden und Verbände haben hingegen ein gesteigertes Interesse an Entscheidungsunterstützungssystemen für die Vorplanung konkreter Maßnahmen.

In einer Literaturstudie geben Thomas et al. (2011) bereits einen Überblick über mögliche Anpassungsmaßnahmen. Die Effektivität von Anpassungsstrategien hängt stark von den räumlichen und wasserwirtschaftlichen Gegebenheiten eines Gebietes ab. Auch die zeitliche Skala ist von großer Bedeutung. Während Waldumbau, Siedlungswassermanagement, Wasserüberleitungen und Abwassermanagement längere Zeiträume bis zu ihrer Wirkung aufweisen, können Flussrenaturierungen, künstliche Grundwasseranreicherungen, Feuchtgebietsmanagement und Speicherung in Standgewässern schon in den nächsten Jahren wirksam werden. Die meisten Anpassungsmaßnahmen wirken dämpfend auf die Abflussdynamik und können ebenfalls gewässerökologische Funktionen sichern oder fördern. Gerade in semiariden Gebieten sind bereits eine Vielzahl von technischen und landschaftsplanerischen Anpassungsmaßnahmen zur Niedrigwasseraufhöhung bekannt und getestet. Für eine effektive Anpassungsstrategie in Nordostdeutschland ist es jetzt notwendig, die passenden Maßnahmen auszuwählen und unter den klimatischen und hydrogeologischen Rahmenbedingungen zu testen, bzw. an diese anzupassen.

Ziel unserer Arbeit ist die Beschreibung unterschiedlicher Prozesse und deren räumliche Muster, die im Nordosten Deutschlands Niedrigwasserabflüsse generieren und die Erprobung und Katalogisierung möglicher Anpassungsmaßnahmen, die den Gebietseigenschaften gerecht werden. Zunächst sollen dafür mit statistischen Analysen die räumlichen und zeitlichen Unterschiede des Niedrigwasserrisikos in Brandenburg beschrieben werden. Anschließend werden unter Berücksichtigung der zugrunde liegenden Prozesse geeignete Anpassungsmaßnahmen herausgearbeitet.

Methoden

Als Grundlage für die statistischen Untersuchungen diente eine Datenbank von 115 Zeitreihen der täglichen Abflüsse (LUGV Brandenburg), korrigierte Niederschläge, Temperaturen und potentiellen Verdunstung (PIK Potsdam und DWD) kleiner Einzugsgebiete in Brandenburg. Darüber hinaus wurden für dieselben Gebiete Einzugsgebietsparameter durch Verschneidung mit bestehendem Kartenmaterial (u.a. der hydrogeologischen Karte Hyka50 des Land Brandenburgs und dem Höhenmodell DGM 1:25000) ermittelt.

Um grundlegende Unterschiede der kleinen Einzugsgebiete in Bezug auf die Niedrigwasserabflüsse zu ermitteln, wurden die Abflusszeitreihen einer Hauptkomponentenanalyse unterzogen. Hierzu wurden 37 der 115 Zeitreihen verwendet die komplett zwischen 1991 und 2006 in der hinreichenden Datenqualität vorlagen und nicht deutlich anthropogen beeinflusst waren (Tagebau, starke Regulierung, etc.). Die Hauptkomponentenanalyse zerlegt den multidimensionalen Datensatz in möglichst aussagekräftige Linearkombinationen (Hauptkomponenten), die entsprechend ihrer Relevanz für die Erklärung der ursprünglichen Datenreihen geordnet sind. Eine Vielzahl von Studien hat bereits gezeigt, dass es oft möglich ist, den führenden Hauptkomponenten hydrologische Prozesse zuzuweisen und somit ein Verständnis über die wichtigsten Prozesse in einem hydrologischen Datensatz zu erlangen. Auch ist durch Korrelation der Hauptkomponenten mit den ursprünglichen Abflusszeitreihen eine Differenzierung der Relevanz einzelner Prozesse je nach Einzugsgebiet möglich. Für eine genaue Beschreibung der Methodik verweisen wir auf Thomas et al. (2012). Lischeid (2012) zeigt die Vorteile dieser Herangehensweise im Vergleich mit herkömmlichen Analysemethoden wie z.B. der Trendanalyse.

Für die Ermittlung der Jährlichkeiten von Defizitvolumina V_U wurde als Schwellwert das 5%-Abflussquantil verwendet. Die Berechnung wurde nach DVWK (DVWK, 1983; DVWK, 1992) durchgeführt und eine Normalverteilung zur Anpassung verwendet. Es wurden ausschließlich Jährlichkeiten ermittelt, die kürzer als die Länge der Zeitreihen waren und somit ist die Normalverteilung eine geeignete Verteilungsfunktion. Trotz der Vielzahl an vorhandenen Abflussdaten waren nur 8 Gebiete für eine Ermittlung der Jährlichkeiten geeignet.

Für die Erprobung von Teichen und einem Tagebaurestsee zur Niedrigwasseraufhöhung wurde ein Monitoring von Seewasserständen, Abflüssen und meteorologischen Parametern seit 2010 aufgebaut (Thomas et al., 2010). Die Untersuchungen konzentrieren sich auf das Einzugsgebiet Greifenhainer Fließ, welches westlich von Cottbus in die Spree mündet. Für die Berechnung der Effektivität der Niedrigwasseraufhöhung und Dämpfung von Hochwasserspitzen verschiedener Teiche und einem Tagebaurestsee wurde ein einfaches Speichermodell entwickelt (Steidl et al., 2012). Die Berechnung der Effektivität eines Grabenbewässerungssystems zur lokalen Grundwasseraufhöhung stützen sich auf numerische Modellrechnungen mit dem Bodenwassermodell HYDRUS 2D (Gliege, 2012). Eine detaillierte Beschreibung der Methoden ist in den jeweiligen Quellen zu finden.

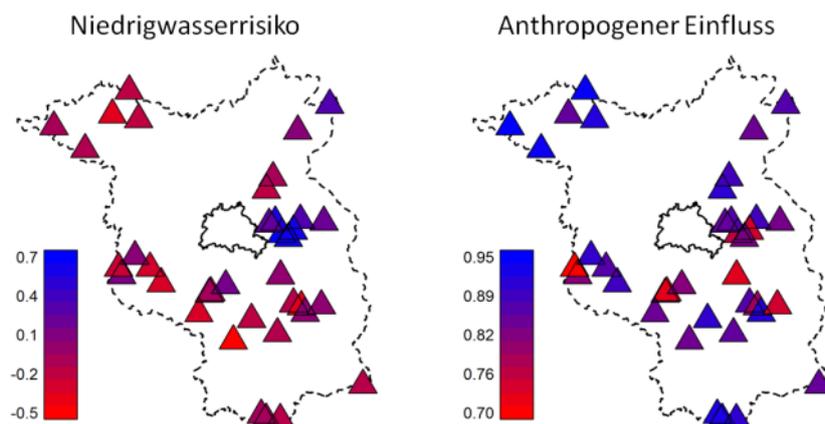


Abb. 1: Niedrigwasserrisiko (hohes Risiko = hohe Werte) und Schätzung anthropogener Beeinflussung (hohe Beeinflussung = niedrige Werte) als Ergebnisse der Hauptkomponentenanalyse. Abgeändert nach Thomas et al. (2012).

Ergebnisse

Die Hauptkomponentenanalyse von Abflussdaten 37 kleiner Einzugsgebiete in Brandenburg zeigt räumliche Unterschiede des Niedrigwasserverhaltens auf (Abbildung 1; Thomas et al., 2012). So kommt es im Nordosten zu einem länger anhaltenden Abflussrückgang als im übrigen Landesgebiet. Dieses ist vor allem den klimatischen Rahmenbedingungen geschuldet. Insbesondere auf der Barnim-Hochfläche östlich Berlins ist eine stärkere Saisonalität mit einem teilweisen Trockenfallen der Fließe im Sommer vorhanden. Dort führen saisonal tiefer sinkende Grundwasserstände in den Sommermonaten zu einer teilweisen Entkopplung der Fließe vom Grundwasserzufluss und damit zu einem deutlichen Abflussrückgang (Ramelow et al., 2012). Solche Gebiete könnten als erstes vom Klimawandel betroffen sein. Anpassungsstrategien zur Minderung der Effekte des Klimawandels müssen den natürlichen Gegebenheiten gerecht werden, aber auch anthropogene Einflüsse berücksichtigen (Merz und Pekdeger, 2011). Die detaillierten Ergebnisse und Diskussion der Hauptkomponentenanalyse sind Thomas et al. (2012) zu entnehmen.

Die berechneten Defizitvolumina für Niedrigwasser Jährlichkeiten von 5, 10 und 25 Jahren sind in Tabelle 1 aufgelistet. Ausgehend von einem 5-jährigen Niedrigwasserereignis wurde berechnet wie groß der Flächenbedarf für ideale (d.h. keine Verluste und optimale Steuerung der Abgabe) Oberflächenwasserspeicher mit einer 0.5 m Staulamelle ist, wenn die Defizite bei höheren Jährlichkeiten, also einem 10, bzw. 25-jährigen, ausgeglichen werden sollen. Die Berechnungen zeigen dass der Flächenbedarf für ein 10-jähriges, bzw. 25-jähriges Niedrigwasser bei 0.04-0.17%, bzw. 0.10-0.43% der Einzugsgebietsfläche läge. Die Einzugsgebiete unterscheiden sich daher deutlich in ihrem Flächenbedarf. Solch ein Szenario, in dem die Anpassung allein durch Oberflächenwasserspeicher bewerkstelligt wird, ist zwar unrealistisch, zeigt aber eine Obergrenze des notwendigen Flächenbedarfes auf.

In dem vom Tagebau beeinflussten Einzugsgebiet des Greifenheiner Fließes wurden Teiche, ein Tagebaurestsee und ein ufernahes Grabenbewässerungssystem zur lokalen Grundwasseraufhöhung erprobt (Steidl et al., 2012). Die meisten kleineren Teiche eignen sich zur Aufhöhung von Niedrigwasserabflüssen, jedoch war Ihre Wirkung lokal begrenzt und hauptsächlich in den Oberläufen effektiv. Gerade bei ungesteuertem Betrieb mit entsprechenden Wehrkonstruktionen sind diese Maßnahmen ohne großen Aufwand zu implementieren. Eine Vielzahl von kleineren Teichen bestand in dem Untersuchungsgebiet und bei vielen erscheint ein Umbau möglich. Der Gräbendorfer See hat sich als effektive Maßnahme zur Niedrigwasseraufhöhung des gesamten Greifenheiner Fließes erwiesen. Der derzeitige Betrieb zeigt bereits entsprechende Effekte im Abfluss, könnte aber durch Umstellung der Wehrein- stellung noch optimiert werden. Die Berechnungen zeigen, dass bei effektiver Aufteilung der Speicherlamelle zur Niedrigwasseraufhöhung und zum Hochwasserschutz die entsprechenden Speicher oft auch zur Verminderung beider Extrema beitragen können. Darüber hinaus können die Speicher auch gewässerökologische Funktionen sichern oder fördern.

Tab. 1: Defizitvolumina für Jährlichkeiten und benötigte Speicherfläche in ha und Prozent der Einzugsgebietsfläche, um bei 0.5 m Staulamelle (Verluste nicht berücksichtigt) Defizitvolumina nicht über die eines 5-jährigen Niedrigwassers ansteigen zu lassen.

PKZ	Fläche (km ²)	Defizitvolumina (m ³)			Speicherfläche (ha/0.5m)		Speicherfläche (%/0.5m)	
		T _n = 5a	T _n = 10a	T _n = 25a	T _n = 10a	T _n = 25a	T _n = 10a	T _n = 25a
5930500	289.9	76455	192562	407530	23.2	66.2	0.08	0.23
5936600	75.9	45088	110329	208279	13.0	32.6	0.17	0.43
5956000	466.8	266979	569701	1029357	60.5	152.5	0.13	0.33
5879500	141.4	27665	60626	108235	6.6	16.1	0.05	0.11
5844300	316.9	126159	368855	741396	48.5	123.0	0.15	0.39
5860800	116.6	54574.3	132747	248377	15.6	38.8	0.13	0.33
5865800	64.4	12810.2	26137	46219	2.7	6.7	0.04	0.10

Die ufernahe Grabenbewässerung am Koselmühlenfließ wirkt sich im Allgemeinen positiv auf die Durchflüsse während Niedrigwassers aus. Trotz Verdunstungsverluste sorgt der erhöhte Grundwasserspiegel für einen höheren Grundwasserzufluss. Im Verhältnis zum Durchfluss im Fließ wird jedoch deutlich, dass solche Maßnahmen nur einen Teilbeitrag leisten können. Durch die Modellrechnungen wurde deutlich, dass ein hinreichend angepasstes Wassermanagement, wie z. B. ein Stopp des Zuflusses zu den Bewässerungsgraben und ein höherer Einstau (evtl. auch Überstau), zu erheblicher Effizienzsteigerung führen kann (Gliege, 2012).

Schlussfolgerung

Die vorgestellten Analysen der Abflusszeitreihen kleiner Einzugsgebiete Brandenburgs zeigen Unterschiede der Einzugsgebiete in ihrer Niedrigwasserdynamik und den Defizitvolumina. Es wird deutlich, dass zukünftige Anpassungsstrategien den Gebietsunterschieden gerecht werden müssen. Eine Einzugsgebietsanalyse ist dabei unerlässlich. Unsere Analysen können dabei als Ausgangspunkt verwendet werden, da sie die grundlegenden Abflussmuster kleiner Einzugsgebiete Brandenburgs zeigen. Welche Maßnahmen im Einzelnen geeignet sind, ergibt sich aus der Gebietshydrologie, den jeweiligen wasserwirtschaftlichen Gegebenheiten und der Berücksichtigung der Bedürfnisse der Stakeholder. Für Brandenburg sind derzeit nur selten Minimalabflüsse für kleinere Fließe definiert worden. Für eine effektive Anpassung ist dieses jedoch unerlässlich, da sich daraus auch der Umfang der benötigten Maßnahmen ergibt. Gerade in den Gebieten, die ein hohes Niedrigwasserrisiko zeigen, sollte mit der Definition von Minimalabflüssen begonnen werden.

Die verwendeten Methoden der multivariaten Statistik haben sich als datenbasierte Alternative zu anderen Analysemethoden und einer modellgestützten Herangehensweise bewiesen. Sie eignen sich insbesondere für den Vergleich von Einzugsgebietsabflüssen und zur Identifikation der wichtigsten Prozesse in einem Datensatz. Für die Entwicklung von Anpassungsstrategien sind die Ergebnisse wertvoll, da sie dem Planer die grundlegende Besonderheit eines Gebiets aufzeigt und somit eine Vorauswahl von Maßnahmen ermöglicht.

In unserer Literaturstudie haben wir Maßnahmen aufgelistet, die potentiell für eine Aufhöhung von Niedrigwasserabflüssen in Frage kommen. Dieser Katalog kann bei der Planung von Anpassungsmaßnahmen und –Strategien herangezogen werden. Darüber hinaus liegen für Teiche und einen Tagebaurestsee, sowie für ein ufernahes Grabenbewässerungssystem zur lokalen Grundwasseraufhöhung Prozessstudien aus Brandenburg vor (Gliege, 2012; Steidl et al., 2012). Diese zeigen die grundlegende Eignung solcher Maßnahmen zur Niedrigwasseraufhöhung, jedoch auch die nur lokale Wirkung klei-

nerer Maßnahmen. Sofern größere Speicher vorhanden sind oder möglich werden können diese effektiv zur Niedrigwasseraufhöhung verwendet werden.

Eine effektive Anpassung an extremere Niedrigwasserabflüsse erfordert ein Ineinandergreifen mehrerer Maßnahmen. Diese können sowohl technische Lösungen sein, aber auch Landnutzungsänderungen umfassen. Es wird deutlich, dass für solch eine Anpassung eine behörden- und verbandsübergreifende Herangehensweise benötigen wird, die der Komplexität der Fragestellung gerecht wird. Da für viele Maßnahmen zusätzliche Flächen benötigt werden, muss auch die Diskussion über zur Verfügung stehende Flächen begonnen werden. All diese Überlegungen zeigen die Notwendigkeit einer Integrativen Planung.

Literatur

- Conradt, T., Koch, H., Hattermann, F. und Wechsung, F. (2012): Spatially differentiated management-revised discharge scenarios for an integrated analysis of multi-realisation climate and land use scenarios for the Elbe River basin. *Regional Environmental Change*, Online First™.
- DVWK (1983): Niedrigwasseranalyse, Teil I: Statistische Untersuchung des Niedrigwasser-Abflusses. Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau.
- DVWK (1992): Niedrigwasseranalyse, Teil II: Statistische Untersuchung der Unterschreitungsdauer und des Abflussdefizits. Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau.
- Gliege, S. (2012). Diplomarbeit. Technische Universität Berlin, Institut für angewandte Geowissenschaften, Fachrichtung Hydrogeologie.
- Merz, C. und Pekdeger, A. (2011): Anthropogenic Changes in the Landscape Hydrology of the Berlin-Brandenburg Region. *Die Erde*, 142(1-2): 21-39.
- Ramelow, M., Böttcher, S., Dannowski, R., Merz, C., Steidl, J. und Thomas, B. (2012): Bausteine eines transdisziplinären Konzeptes zur Stabilisierung der Abflussverhältnisse am Fredersdorfer Mühlenfließ (Brandenburg). In: Grünewald, U. et al. (Ed.), *Wasserbezogene Anpassungsmaßnahmen an den Landschafts- und Klimawandel*. Schweizerbart, Stuttgart, pp. 258-265.
- Steidl, J., Thomas, B. und Dietrich, O. (2012). Exemplarisches Managementkonzept - Nutzung von dezentralen Kleinspeichern und Tagebaurestseen zur Stützung von Niedrigwasserabflüssen und Dämpfung von Abflussspitzen im Einzugsgebiet des Pegels Paulicks Mühle und des Vetschauer Mühlenfließ. Projektinternes Dokument (Projekt: INKA BB, Teilprojekt: 19), Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e. V., Müncheberg.
- Thomas, B., Lischeid, G., Steidl, J. und Dannowski, R. (2012): Regional catchment classification with respect to low flow risk in a Pleistocene landscape. *Journal of Hydrology*, in review.
- Thomas, B., Steidl, J., Dietrich, O. und Lischeid, G. (2010): Quantifizierung der Wirkung wasserwirtschaftlicher Anpassungsoptionen zur Minderung kritischer Niedrigwasserabflüsse in kleinen Einzugsgebieten. Scientific Technical Report STR10/10, Deutsches GeoForschungsZentrum, Potsdam.
- Thomas, B., Steidl, J., Dietrich, O. und Lischeid, G. (2011): Measures to sustain seasonal minimum runoff in small catchments in the mid-latitudes: a review. *Journal of Hydrology*, 408(3-4): 296-307.

Der Wasserhaushalt großer Feuchtgebiete im Klimawandel – Auswirkungen und Anpassungsmöglichkeiten

Ottfried Dietrich, Jörg Steidl, Ute Appel

Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V., Institut für Landschaftswasserhaushalt, Müncheberg, Deutschland

Zusammenfassung

Modelluntersuchungen mit aktuellen Klimaszenarien zeigen, dass der Wasserhaushalt der großen Feuchtgebiete im Elbe-Tiefland zukünftig häufiger als bisher durch Trockenperioden in den Sommermonaten beeinflusst wird. Die Verdunstung der Gebiete und damit auch ihr Wasserbedarf werden in mittleren Jahren weiter ansteigen. In trockenen Jahren wird das Wasserdargebot nicht mehr in allen Gebieten ausreichen, um den Bedarf decken zu können und Grundwasserstände, die unter feuchtgebietstypisches Niveau absinken, können die Folge sein. Großgebietliche Betrachtungen im BMBF-Verbundprojekt GLOWA-Elbe veranschaulichen auch die unterschiedliche Betroffenheit innerhalb des Elbe-Tieflands. Besonders Regionen südlich von Berlin, deren Einzugsgebiet im Vergleich zur Niederungsfläche relativ klein ist, werden unter der zunehmenden Sommertrockenheit zu leiden haben.

Wasserwirtschaftliche Anpassungsoptionen können helfen die negativen Auswirkungen zu mindern. Voraussetzung für deren Entwicklung sind genaue Kenntnisse über ihre komplexen Wirkungen auf Wasserhaushaltgrößen. Ergebnisse aus dem BMBF-Verbundprojekt INKA BB zeigen welche Wirkung veränderte wasserwirtschaftliche Steuerregime haben können.

Einleitung

Niederungsgebiete sind typisch für das Landschaftsbild ganzer Regionen im nordostdeutschen Tiefland. Nahezu alle wurden im Laufe der letzten 200 Jahre entwässert. Ihr Wasserhaushalt wird anthropogen gesteuert, um sie land- oder forstwirtschaftlich nutzen zu können. Für den Ausgleich der hohen sommerlichen Verdunstung benötigen sie Wasser aus ihren Einzugsgebieten. Ihr Wasserhaushalt ist also auch abhängig vom Wasserhaushalt und der Wasserbewirtschaftung dieser Gebiete. Heute werden die Flächen größtenteils als extensives Grasland genutzt. Ihre Böden sind überwiegend Torfe und grundwasserbeeinflusste Sande. Wenn sich Landnutzung und Wasserbewirtschaftung nicht ausreichend an Änderungen der klimatischen Bedingungen anpassen, kann die Zukunft der Niederungsgebiete in dieser niederschlagsarmen Region sehr schnell gefährdet sein.

Im Rahmen des BMBF-Verbundprojektes GLOWA-Elbe (Wirkungen des globalen Wandels auf den Wasserkreislauf im Elbegebiet – Ergebnisse und Konsequenzen) wurden Modelluntersuchungen mit aktuellen Klimaszenarien zur zukünftigen Entwicklung des Wasserhaushalts und der Wassernutzungen im Elbe-Einzugsgebiet durchgeführt (Wechsung et al. 2011). Aus Sicht der Wassernutzung in den Einzugsgebieten zählen Niederungsgebiete während der Sommermonate in vielen struktur- und bevölkerungsarmen Regionen des Elbe-Tieflands zu den bedeutendsten Wassernutzern. Sie wurden daher in der großgebietlichen Modellanalyse mit dem Modellsystem WBalMo Elbe in einem speziellen Teilmodell integriert und als separate Wassernutzer betrachtet (Dietrich et al. 2007). Das ermöglichte nicht nur die zukünftige Entwicklung ihres Wasserbedarfs zu analysieren, was aus Sicht des großgebietlichen Wassermanagements von besonderem Interesse ist, sondern auch die Entwicklung anderer wichtiger Wasserhaushaltsgrößen der Feuchtgebiete, wie der Verdunstung oder des Grundwasserstandes,

zu untersuchen. Im ersten Teil dieses Beitrags werden einige Ergebnisse zu den Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt der untersuchten Gebiete dargestellt und diskutiert.

In der Diskussion sind Gegenwärtig verschiedene wasserwirtschaftliche Anpassungsoptionen, die negative Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt von Feuchtgebieten mindern könnten. Dabei geht es im Wesentlichen um eine Verbesserung des Wasserrückhalts im Niederungsgebiet in Zeiten mit Wasserüberschuss durch Erhöhung der Stauziele während der Wintermonate oder eine zeitliche Verlängerung des Winterstaus im Frühjahr. Aber auch eine Reduzierung der Wasserentnahmen aus den Einzugsgebietszuflüssen in Perioden mit einem geringen Wasserdargebot steht zur Diskussion. Infolge des künftigen Klimawandels sollen lange Trockenperioden im Sommer häufiger eintreten als bislang. Über die komplexen Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Wasserhaushaltsgrößen grundwassernaher Standorte ist jedoch noch zu wenig bekannt, um wirklich belastbare Steuerungsempfehlungen geben zu können. Deshalb werden im Rahmen des BMBF-Verbundprojekts INKA BB (Innovationsnetzwerk Klimaanpassung Brandenburg Berlin) die Wirkung verschiedener Anpassungsoptionen auf den Wasserhaushalt grundwassernaher Standorte untersucht. Der zweite Teil dieses Beitrags stellt einige Ergebnisse vor.

Methoden

Die Modelluntersuchungen zum Wasserhaushalt der großen Feuchtgebiete im Elbe-Tiefland waren Teil des GLOWA-Elbe Modellverbundes (Wechsung et al. 2011) und wurden mit dem Modell WBalMo GLOWA Elbe (Kaden et al. 2005) durchgeführt. Dem Modell WBalMo GLOWA Elbe ist dazu eine ganze Modellkette vorgeschaltet worden, die mit einem globalen Zirkulationsmodell als Grundlage der Klimaszenarien und einem regionalen Ökonomiemodell für die Aufstellung eines Entwicklungsrahmens beginnt. Es folgen weiter hydrologische und ökonomische Modelle, bevor im WBalMo Modell Wasserdargebot und Wasserbedarf von Wassernutzern gegenüber gestellt werden. Die Modelle sind nicht miteinander gekoppelt, zwischen den einzelnen Modellen findet ausschließlich eine Datenübergabe statt. Direkt in das Modell WBalMo GLOWA Elbe wurde das Modul WABI integriert (Dietrich et al. 2007). Es dient zur Berechnung von Flächenwasserbilanzen stauregulierter grundwassernaher Standorte und wurde hier für die Analysen zur Wirkung des Klimawandels auf den Wasserhaushalt der großen Feuchtgebiete genutzt.

Entsprechend des Betrachtungsmaßstabes konnten in GLOWA-Elbe nur die großen Feuchtgebiete des Elbe-Tieflands berücksichtigt werden. Auenstandorte, die besonders entlang des Elbe-Flusslaufs eine große Bedeutung haben, wurden dem Projektantrag entsprechend ebenfalls nicht berücksichtigt. Untersucht wurden insgesamt 35 Gebiete mit einer Fläche von jeweils mehr als 1000 ha und aktiven Wasserbewirtschaftung. Ihre Gesamtfläche beträgt 3.840 km². Grundwassernahe Sandstandorte dominieren mit rd. 50 % Flächenanteil, 35 % der Flächen sind Torfe. Die überwiegende Fläche der Feuchtgebiete wird als Grasland genutzt (54 %). Flächen mit Ackernutzung folgen mit 34 % Flächenanteil. In der Gesamtbetrachtung untergeordnet treten Wälder sowie Gewässer auf. In einzelnen Feuchtgebieten können sie jedoch durchaus von Bedeutung sein. Im Einzelnen dominiert Grünland in 27, Acker in 8 Gebieten als Hauptlandnutzung.

Für die Modellrechnungen wurde das Szenario A1⁰ aus dem GLOWA-Elbe Szenarien-Ensemble genutzt. Das Szenario A1⁰ geht von einer Erwärmung der Durchschnittstemperatur bis 2050 um 2 K und einer weiterhin auf Globalisierung ausgerichteten wirtschaftlichen Entwicklung aus. Eine detaillierte Beschreibung der Entwicklung der Szenarien ist in Hartje et al. (2008) und Wechsung et al. (2011) dargestellt. Das Szenario A1⁰ betrachtet den Zeitraum bis 2052. Gerechnet wurden 100 Realisierungen des Szenarios. Diese wurden anschließend für 5-Jahresscheiben statistisch ausgewertet und verglichen.

Für die Untersuchungen zu den Wirkungszusammenhängen zwischen der Grundwassersteuerung und den einzelnen Wasserhaushaltsparametern wird eine Lysimeteranlage mit wägbaren Lysimetern eingesetzt. Sie befindet sich in situ in einer typischen Niederungsfläche des Oberspreewaldes (Appel et al. 2011). Die umgebende Fläche wird als Mähweide genutzt. Mitte Juni erfolgt der erste Schnitt und im Rest des Jahres wird beweidet. Die Böden sind nur noch in Senken als Niedermoor, sonst als Anmoor oder Humusgleye anzusprechen. Sie zeigen die für den Spreewald typische Torfdegradierung. Die Grundwasserflurabstände unterliegen jahreszeitlichen Schwankungen. Sie variieren zwischen 0 cm und 60 cm unter Flur, wobei die Senken im Winter und Frühjahr regelmäßig und 2010 auch im niederschlagsreichen Sommer überstaut waren.

Eingesetzt werden wägbare Grundwasserlysimeter der Fa. Umweltgerätetechnik GmbH Müncheberg. Die vier Bodensäulen der Spreewald-Anlage wurden monolithisch am Standort gestochen. Sie haben eine Grundfläche von 1 m² und sind 2 m mächtig. Die Entnahme der 4 Monolithe erfolgte auf einer Grundfläche von rd. 20 m². Beim Stechen wurde die Grasnarbe nicht zerstört. Es kann daher von annähernd gleichen Bodenverhältnissen und gleicher Ausgangsvegetation in den Lysimetern ausgegangen werden. Zur Lysimeteranlage gehören eine Wetterstation und ein bodenhydrologischer Referenzmessplatz unmittelbar neben den Lysimetern.

Die Verdunstungsmessung mit wägbaren Lysimetern basiert auf der allgemeinen Wasserhaushaltsgleichung

$$\Delta S = P - ET_a + Q_{zu} - Q_{ab} \quad (1)$$

wobei ΔS die Speicheränderung, P der Niederschlag, ET_a die tatsächliche Verdunstung, Q_{zu} der Zufluss zum Lysimeter und Q_{ab} der Abfluss aus dem Lysimeter ist. Bis auf die Verdunstung sind alle Größen direkt messbar. Die Verdunstung für ein Zeitintervall ergibt sich als Restgröße aus Gleichung (1). Eine ausführlichere Beschreibung der Anlage ist in Dietrich et al. (2012a) dargestellt.

Ergebnisse

Grundlage der hydrologischen Modellierungen war das regionale Klimaszenario STAR 2K mit 100 Realisierungen für die Jahre 2003 bis 2053. Gerstengarbe et al. (2011) zeigen, dass im Vergleich der Zeitscheiben 2004 bis 2013 und 2044 bis 2053 im unteren Elbeinzugsgebiet eine ganzjährige Temperaturerwärmung und Zunahme der potentiellen Verdunstung sowie eine leichte Zunahme der Winterniederschläge und eine Abnahme der Sommerniederschläge zu erwarten sind. Für den Wasserhaushalt der betrachteten Feuchtgebiete führt der Anstieg der potentiellen Verdunstung auch zu einem Anstieg der tatsächlichen Verdunstung, da die grundwassernahen Standortbedingungen zunächst eine nahezu uneingeschränkte Wasserversorgung der Pflanzen bieten. Die 5-Jahres-Mediane der 35 Gebiete verdeutlichen diesen Anstieg in Abbildung 1. Bedingt durch regionale Unterschiede gibt es einen Schwankungsbereich, der bis 2050 zunimmt, was bedeutet, dass auch die bestehenden regionalen Unterschiede zunehmen werden. Entscheidend ist aber, dass die mittlere Verdunstung auch in den Gebieten mit regional bedingt geringerer Verdunstung zunehmen wird, wie die unteren Grenzen des Schwankungsbereichs zeigen. Kritischer ist die Entwicklung des 10. und 90. Perzentilwertes zu sehen. Steigt die Verdunstung in Jahren hoher Verdunstung in allen 5-Jahresscheiben weiter an, gehen die Werte der Jahre mit geringer Verdunstung in einigen Gebieten ab 2030 zurück. Dieses ist auf zu tiefe Grundwasserstände und damit nicht mehr uneingeschränkter Wasserversorgung der Pflanzen zurückzuführen. Die verfügbaren Zuflüsse aus Einzugsgebieten, welche auch abnehmen werden, können das

durch die bereits hohe Verdunstung entstehende Wasserdefizit nicht mehr ausreichend ausgleichen. Ein klares Indiz für die Gefährdung des Feuchtgebietscharakters in diesen Gebieten.

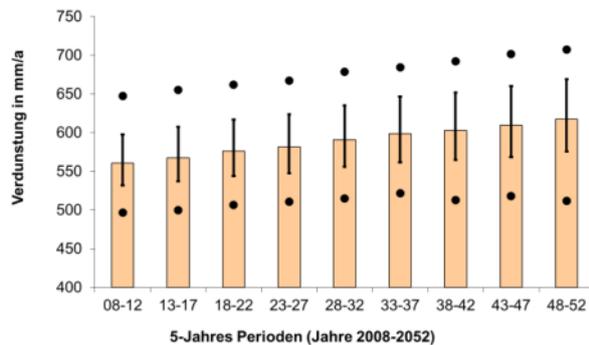


Abb. 1: Jahresverdunstung der 35 Feuchtgebiete im Elbe-Tiefland, Balken – arithmetisches Mittel aller Gebietsmediane mit Schwankungsbereich der Mediane (Range), Punkte – Bereich zwischen kleinstem 10. Perzentilwert und größtem 90. Perzentilwert, Szenario A1⁰.

Die Verteilung der regionalen Unterschiede im Elbe-Tiefland veranschaulicht Abbildung 2. In allen modellierten Gebieten steigt die Verdunstung im Vergleich der Zeitscheiben 2008 bis 2012 und 2048 bis 2052 an. Im niederschlagsreicheren Nordwesten jedoch stärker als im Südosten, obwohl die potentielle Verdunstung in der gesamten Region relativ gleichmäßig zunimmt. Die gefährdetsten Gebiete befinden sich südlich Berlins. Hier gibt es in der Zeitscheibe 2048 bis 2052 gegenüber 2008 bis 2012 trotz Anstiegs der potentiellen Verdunstung nur eine geringe Zunahme in den trockenen Jahren. Es sind Gebiete, die im Vergleich zu ihrer eigenen Gebietsgröße nur über kleine Einzugsgebiete verfügen. Das am östlichsten gelegene Feuchtgebiet, der Spreewald, wird im Vergleich zu vielen anderen großen Feuchtgebieten im Elbe-Tiefland von einem relativ großen Einzugsgebiet versorgt und wird daher trotz der Veränderungen im bergbaubeeinflussten Einzugsgebiet noch relativ gut mit Wasser versorgt. Auch gibt es im Einzugsgebiet des Spreewalds mit der Talsperre Spremberg und den neuen Seen gute wasserwirtschaftliche Möglichkeiten, um Defizite im Jahresverlauf auszugleichen, was bei den Modelluntersuchungen berücksichtigt wurde.

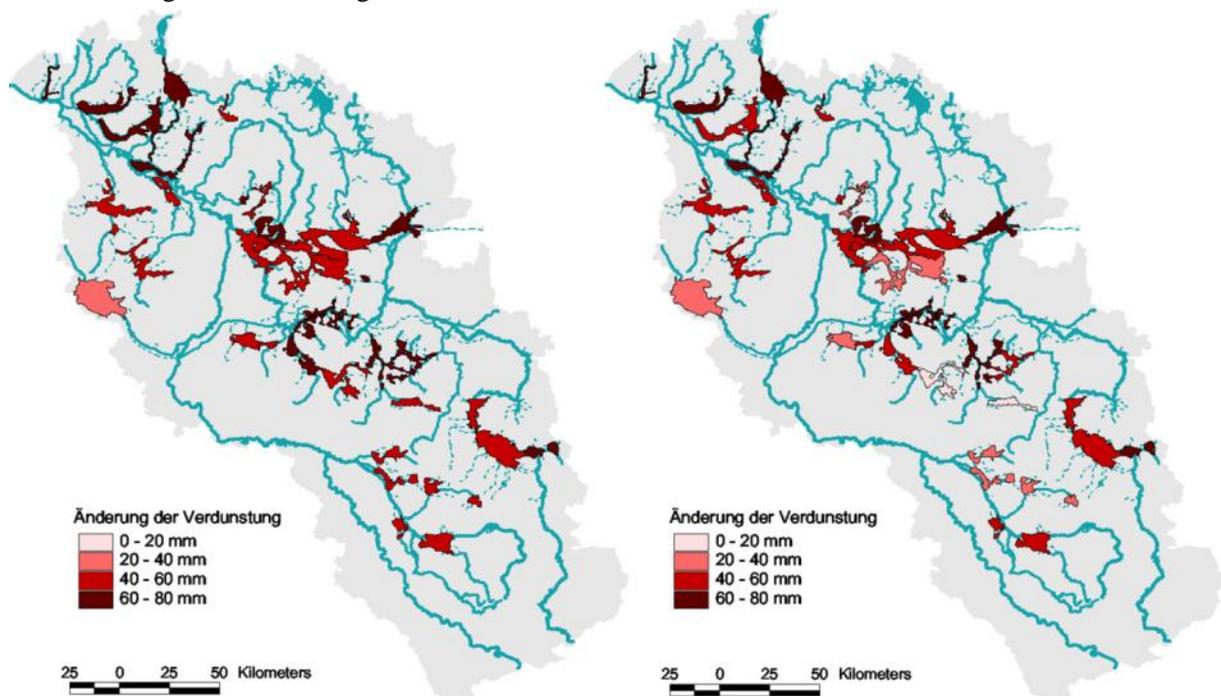


Abb. 2: Änderung der Jahressummen der Verdunstung im Vergleich der Zeitscheiben 2008 bis 2012 und 2048 bis 2052 in mittleren (links) und trockenen Jahren (rechts).

Auswirkungen der veränderten klimatischen Randbedingungen auf weitere Wasserhaushaltsgrößen sind in Dietrich et al. (2012b) dargestellt und diskutiert.

Eine Fragestellung, die hinter den Lysimeteruntersuchungen zu den Wirkungszusammenhängen zwischen den Wasserhaushaltsgrößen grundwassernaher Standorte steht, ist z. B.: Wie lange kann das durch höhere Zielwasserstände im Winter zusätzlich in einer Fläche gespeicherte Wasser die Verdunstung im Frühjahr/Sommer kompensieren? Hierfür wurde im Frühjahr 2012 ein Versuch durchgeführt, bei dem folgende Randbedingungen eingestellt wurden:

- Der Wasserhaushalt von Lysimeter 1 wurde entsprechend dem Wasserstand der umgebenden Referenzfläche nachgefahren.
- Auf Lysimeter 3 und 4 wurden höhere und zeitlich verlängerte Winterstauziele simuliert. Jeweils bis 15.4. wurde Lysimeter 3 auf 5 cm u. F. und Lysimeter 4 auf 7 cm Überstau eingestellt.
- Ab 15.4. konnten sich die Wasserstände von Lysimeter 3 und 4 frei entwickeln, jedoch war ihr Zufluss auf den Zufluss von Lysimeter 1 begrenzt.

Das Ergebnis zeigt Abbildung 3. Die ca. 15 cm höheren Wasserstände in Lysimeter 3 gegenüber Lysimeter 1 konnten die etwas höhere Verdunstung 20 Tage kompensieren, der flache Überstau von Lysimeter 4 reichte für 36 Tage. Der zunächst flache Abfall des Grundwasserstandes in Lysimeter 4 in der Zeit mit Überstau und das steile Absinken nachdem die Wasserstände unter Flur gesunken sind, veranschaulicht dabei die typische Speichercharakteristik eines grundwassernahen Standortes, großer nutzbarer Wasserspeicher im Überstau, geringes entwässerbares Porenvolumen im flurnahen Bereich. Durch den längeren Winterstau konnte die Wasserentnahme aus dem Zufluss reduziert und durch Entnahmen aus dem Flächenspeicher kompensiert werden. Es stellt sich allerdings die Frage nach der Notwendigkeit einer reduzierten Entnahme im April/Mai. Die typischen Niedrigabflüsse, die durch hohe Wasserentnahmen noch verstärkt werden, treten gewöhnlich erst später im Jahresverlauf auf. Die hohen Wasserstände in Lysimeter 4 führten weiterhin zu einer sehr selektiven Vegetationsentwicklung und zu einem Grasbestand mit geringem Futterwert. Aus Sicht eines besseren Ressourcenschutzes sollte der Versuch mit einem 4 Wochen späteren Beginn der Absenkung wiederholt werden. Dieses würde jedoch nicht den Interessen einer landwirtschaftlichen Nutzung entgegenkommen.

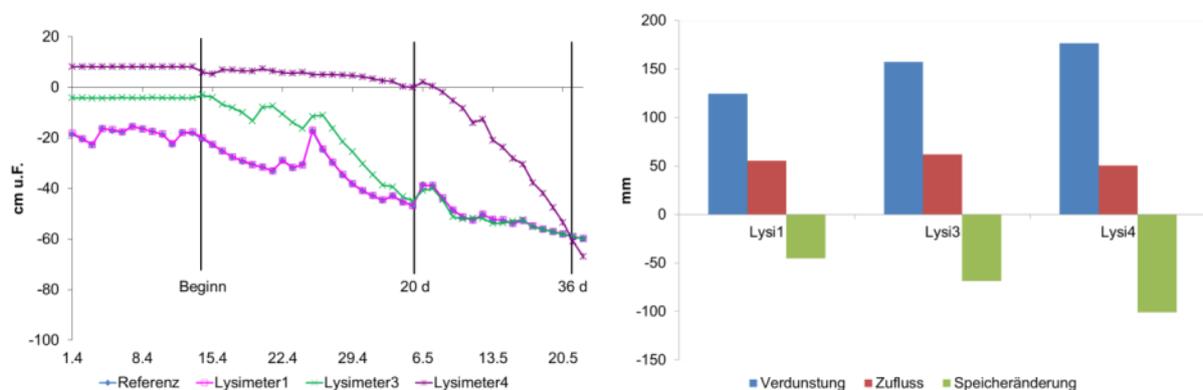


Abb. 3: Entwicklung der Grundwasserstände der untersuchten Varianten ab 1.4.2012 (links) und Summe der Wasserhaushaltsgrößen im Zeitraum 15.4. bis 22.5.2012 (rechts, Niederschlag 25 mm).

Schlussfolgerung

Die Modelluntersuchungen in GLOWA-Elbe zeigen die Betroffenheit der großen Feuchtgebiete im Elbe-Tiefland durch sich ändernde Klimaverhältnisse. Zunehmende Verdunstung und abnehmendes Wasserdargebot im Sommer führen dazu, dass in einigen Feuchtgebieten besonders in trockenen Jahren die feuchtgebietstypischen Standortbedingungen nicht mehr im gesamten Gebiet aufrechterhalten werden können. Ob einzelne Extremjahre von den angepassten Biotopen kompensiert und ein Feuchtgebietscharakter insgesamt weiterhin erhalten werden kann, können diese Untersuchungen allein nicht beantworten. Erwähnt werden muss auch die noch relativ große Unsicherheit der Klimaszenarien, besonders bzgl. der Niederschlagsentwicklung. Gerade die Entwicklung geeigneter Anpassungsoptionen und deren Wirkungsnachweis auf reiner Modellebene werden dadurch erschwert.

Gute Kenntnisse über wesentliche Prozesszusammenhänge, Möglichkeiten der Prozessbeeinflussung und Wechselwirkungen zwischen den Wasserhaushaltsgrößen werden daher für sehr wichtig bei der Entwicklung von Anpassungsoptionen angesehen. Das gezeigte Beispiel der Lysimeteruntersuchungen aus INKA BB steht stellvertretend hierfür. Eine größere Sicherheit der Aussagen kann nur durch langjährige Versuche erlangt werden. In einem nächsten Schritt sollte verstärkte Erprobung in geeigneten Pilotprojekten erfolgen.

Danksagung

Wir danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung für die finanzielle Förderung der Vorhaben GLOWA-Elbe (FKZ 01LW0312) und INKA BB (FKZ 01LR0803A). Unseren Praxispartnern vom Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg und dem Wasser- und Bodenverband „Oberland Calau“ sowie der Firma Umweltgerätetechnik aus Müncheberg danken wir für die gute Zusammenarbeit.

Literatur

- Appel, U., Dietrich, O. und M. Seyfarth (2011): Analyse wasserwirtschaftlicher Steueroptionen für grundwasser-nahe Standorte mittels moderner, wägbarer Grundwasserlysimeter. 14. Gumpensteiner Lysimetertagung, 3. und 4. Mai 2011, Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein, S. 11-16, Irdning.
- Dietrich, O., Redetzky, M. und K. Schwärzel (2007): Wetlands with Controlled Drainage and Subirrigation Systems - Modelling of the Water Balance. *Hydrological Processes* 21(14), 1814-1828, DOI: 10.1002/hyp.6317.
- Dietrich, O., Appel, U., Fahle, M., Lischeid, G. und J. Steidl (2012a): Grundlagen für eine flexible und ressourcenschonende Wasserbewirtschaftung in Niederungsgebieten zur verbesserten Anpassung an den Klimawandel. In: Bens, O., Grünewald, U., Hüttl, R., Kaiser, K. und A. Knierim (2012): Wasserbezogene Anpassungsmaßnahmen an den Landschafts- und Klimawandel. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller), Stuttgart. S.138-147.
- Dietrich, O., Steidl, J. und D. Pavlik (2012b): The impact of global change in the water balance of large wetlands in the Elbe Lowland. *Reg Environ Change*, (online), DOI: 10.1007/s10113-012-0286-5.
- Gerstengarbe, F.-W., Werner, P.C., Österle, H. und F. Wechsung (2011): Regionales Klimaszenario STAR 2K. In: Wechsung, F., Koch, H. und P. Gräfe (Hrsg) (2011): Elbe-Atlas des globalen Wandels. Weißensee-Verlag, Berlin, S. 44-49.
- Hartje, V., Ansmann, T., Blazejczak, J., Gömann, H., Gornig, M., Grossmann, M., Hillenbrand, T., Hoymann, J., Kreins, P., Markewitz, P., Mutafoglu, K., Richmann, A., Sartorius, C., Schulz, E., Vögele, S. und R. Walz (2008): Regionalisierung der Szenarioanalyse (der Antriebskräfte und des Nutzungsdruckes) des globalen

Wandels für die Wasserwirtschaft. Wirkungen des globalen Wandels auf den Wasserkreislauf im Elbegebiet - Risiken und Optionen. Kapitel 2 des Schlussberichts zum BMBF-Vorhaben GLOWA-Elbe II, Potsdam.

Kaden, S., Schramm, M. und M. Redetzky (2005): Großräumige Wasserbewirtschaftungsmodelle als Instrumentarium für das Flussgebietsmanagement. In: Wechsung, F., Becker, A. und P. Gräfe (Hrsg): Integrierte Analyse der Auswirkungen des Globalen Wandels auf Wasser, Umwelt und Gesellschaft im Elbegebiet. Weißensee-Verlag, Berlin, S. 223–233.

Wechsung, F., Koch, H. und P. Gräfe (Hrsg) (2011): Elbe-Atlas des globalen Wandels. Weißensee-Verlag, Berlin, 102 S.

Wiedervernässte Niedermoore – Wertschöpfung durch die Ausnutzung ihres Reinigungspotentials bezüglich gereinigten Abwassers

Dagmar Balla¹, Sebastian Maaßen¹ und Ralf Dannowski¹

¹ Institut für Landschaftswasserhaushalt, Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung e.V., Müncheberg, Deutschland

Zusammenfassung

Im Verbundprojekt ELaN wird ein wiedervernässtes Niedermoor mit einem Mix aus gereinigtem Abwasser und Oberflächenwasser mit Wasser versorgt. Zu untersuchen ist die Abbauleistung des Moorbodens, insbesondere von ökotoxikologischen Substanzen, da angenommen werden kann, dass der hohe Gehalt an organischer Substanz der Torfe, anaerobe Bedingungen sowie lange Verweilzeiten des Wassers unter der Moorfläche zusätzliche Möglichkeiten für einen mikrobiellen Abbau schaffen. Wenn ein positiver Effekt der wiedervernässten Moore nachgewiesen wird, kann eine Wertschöpfung folgendermaßen erwartet werden: (1) Verbesserung der Gewässergüte hinsichtlich der Spurenstoffe, (2) Nutzung der Biomasse, (3) Schließung von Wasser- und Stoffkreisläufen.

Einleitung

Das im Jahre 2011 gestartete Verbundprojekt ELaN untersucht Handlungsoptionen für ein nachhaltiges Landmanagement an der Schnittstelle zwischen Land-, Wasser- und Stoffnutzungen (Lischeid et al., 2012). Das nachhaltige Landmanagement schließt ein Stoffstrommanagement ein. Dieses wird in drei Regionen getestet – im dicht besiedelten Stadtgürtel von Berlin, im Barnim und in der dünnbesiedelten ländlichen Region Uckermark. Dabei werden drei Aspekte der Wertschöpfung berücksichtigt – Boden- und Gewässerschutz, Biomassenutzung sowie die partielle Schließung von Stoffkreisläufen.

Die Niedermoorböden der Randow-Welse-Niederung in der Uckermark, im Nordosten Deutschlands, eignen sich insbesondere für eine Biomasseproduktion, sowohl für Plantagen nachwachsender Hölzer als auch für eine Schilfproduktion (Positionspapier der Länderfachbehörden, 2010). Im Sinne der Nachhaltigkeit sind dabei Torfmineralisierungsprozesse durch hohe Wasserstände zu drosseln. Dieses wiederum bedeutet, dass neben Maßnahmen zum Wasserrückhalt auch Zusatzwasser aus dem Einzugsgebiet in das Moor geleitet werden muss, da sich der notwendige, hohe Wasserstand aufgrund der negativen klimatischen Wasserbilanz in dieser Region allein durch Niederschläge nicht einstellen kann (Dietrich et al., 2000; Dannowski und Balla, 2002). Weiterhin ist es denkbar, die wiedervernässten Niedermoore aktiv in eine weitergehende Reinigung von geklärtem Abwasser (Klarwasser) einzubeziehen. Diese Hypothese ergibt sich aus folgenden Überlegungen:

1. Klarwasser ist nicht frei von toxischen Stoffen. Weltweite Studien haben gezeigt, dass Medikamentenrückstände, Körperpflegemittel, Reinigungsmittel usw. („emergent pollutants“) zu endokrinen und ökotoxikologischen Problemen der Aqua- und Avifauna geführt haben (Ternes et al., 1999, Positionspapier, 2010).
2. Aus Gründen des vorbeugenden, flächendeckenden Grundwasserschutzes ist geklärtes Abwasser auf schnellstem Wege abzuleiten. Ist keine Vorflut vorhanden, kann das Klarwasser im Ausnahmefall in den Untergrund versickert werden (geringe Abwassermengen). Bei einer schnellen Ableitung und kurzen Fließwegen jedoch ist die Abbaubarkeit in den Fließgewässern selbst gering, so dass ökotoxikologische Beeinflussungen stattfinden können.
3. Wiedervernässte Moore bieten durch den hohen Gehalt an organischer Substanz und infolge anoxischer Bedingungen im Grundwasserbereich Möglichkeiten für einen anaeroben, mikrobiell

gesteuerten Stoffabbau. Bei gedrosseltem Wasseraustausch zwischen Grund- und Oberflächenwasser ergeben sich hohe Verweilzeiten der Stoffe im Grundwasser und somit eine längere potentielle Prozessdauer für den Stoffabbau (Abb. 1).

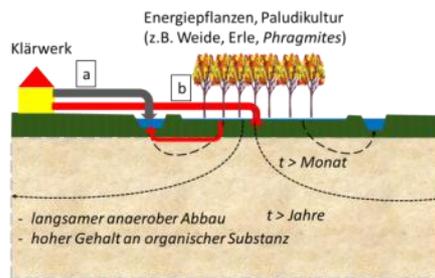


Abb. 1: Prinzipskizze für die Einbeziehung von wiedervernässten Niedermooren in Wertschöpfungsketten, sowohl zur weitergehenden Abwasserreinigung als auch zur Energieerzeugung, (a) zeigt die bisherige Praxis der Einleitung von geklärtem Abwasser in die Vorflut, (b) zeigt die weitergehende Reinigung in den Mooren durch anaerobe Bedingungen, lange Verweilzeiten (t) sowie eine hohe organische Substanz der Moorböden.

Voraussetzung für die Umsetzung dieses Prinzips ist die Umweltverträglichkeit bezüglich gefährlicher Schadstoffe gegenüber dem Schutzgut Grundwasser. Die Brandenburger Verwaltungsvorschrift (2002) erlaubt das Versickern von Klarwasser nur bei einem Grundwasserflurabstand $> 1,5$ m, um die Filterpassage in der ungesättigten Bodenzone für einen aeroben Stoffabbau zu nutzen. Das jedoch steht im Widerspruch zu den hohen Grundwasserständen der wiedervernässten Moore. Ziel ist es, die Umweltverträglichkeit der Aufbringung von Klarwasser auf diesen grundwassernahen Standorten gemäß der Grundwasserverordnung (GrwV) vom 9. November 2010, Anlage 7 – Liste gefährlicher Schadstoffe und Schadstoffgruppen - zu untersuchen und ggf. einen weitergehenden Stoffabbau durch die Moorpassage in einem Feldversuch unter natürlichen Bedingungen nachzuweisen.

Material und Methoden

Die 8 ha große Pilotanlage Biesenbrow (Abb. 2) liegt im südlichen Teil der Randow-Welse-Niederung (Uckermark). Die Torfauflage ist stellenweise noch 1,20 m stark, der Torf aber durch intensive Nutzung seit den 1970-80iger Jahren stark degradiert. Die Fläche ist von Muddebändern unterlagert, jedoch nicht durchgängig, sodass ein Wasseraustausch mit dem darunterliegenden sandigen, ca. 25 m mächtigen Aquifer gegeben ist. Das für die Wiedervernässung nötige Zusatzwasser wird aus dem Mittelgraben entnommen, dem zentralen landwirtschaftlichen Vorfluter des Gebietes. Der Wasserstand im Graben wird manuell über Bohlen-Staubauwerke eingestellt und damit entsprechend auch der Grundwasserstand in der Fläche reguliert. Dieses ist auch deshalb notwendig, da sich die umliegenden Nachbarflächen weiterhin in konventioneller Grasland-/Weidenutzung befinden und zu hohe Grundwasserstände bzw. Überschwemmungen zu vermeiden sind. Einem Absinken der Grundwasserstände im Sommer, wenn ein Wasserdefizit aufgrund der geringen Niederschläge und der hohen Evapotranspiration des Schilfbestandes eintritt, wird durch oberflächige Verrieselung entgegengewirkt. Dafür wird das Wasser aus dem Mittelgraben (Oberflächenwasser) in das höher gelegene Speicherbecken gepumpt und im freien Gefälle der Fläche über ein Rohrleitungssystem zugeleitet. Die Ausmündungen der unter der Fläche verlegten Dränrohre wurden Ende der 1990er Jahre verschlossen, um Wasserverluste zum Mittelgraben zu verringern.

Die Pilotanlage zur Wiedervernässung wurde im Zeitraum von 1996-2002 im Rahmen eines DBU-Forschungsprojektes, später gefördert durch die VolkswagenStiftung, angelegt und wissenschaftlich betrieben. Es erfolgte ein abiotisches Monitoring des Bodens sowie des Grund- und Oberflächenwasser vor und während der Wiedervernässung. Vor Beginn wurde das vorhandene Grünland letztmalig umgebrochen und gewalzt, eine Höhenvermessung der Fläche durchgeführt und die Fläche mit *Phragmites australis* unterschiedlicher Provenienz und verschiedenen Carex-Arten bepflanzt. Im Zeitraum von 2002-2011 fand kein Wassermanagement durch Einstau und Verrieselung statt, sodass die Fläche nicht immer ausreichend feucht war. Mit Beginn des ELaN-Projektes 2011 wurde vor der Aufbringung des Klarwassers die Fläche gemäht, die Biomasse bestimmt (9 Areale, jeweils 0,36 m²) sowie eine erneute, GPS-gestützte topographische Vermessung im Raster von 50m x 50m vorgenommen.

Der Wasserbedarf der Fläche wird während der Vegetationsperiode (April-Oktober) aus einem Gemisch von Klarwasser und Oberflächenwasser gedeckt, wobei das gereinigte Abwasser aus dem nahegelegenen Klärwerk Passow per Achse transportiert wird. Das Mischungsverhältnis beträgt ca. 1:5, das tägliche Klarwasservolumen 30 m³ und die damit bevorteilte wiedervernässte Fläche ca. 4 ha. Dieser – versuchstechnisch bedingte – Kompromiss ergibt sich einerseits aus der Lage der Versuchsfläche Biesenbrow zum Klärwerk Passow, der zur Verfügung stehenden Abwassermenge insgesamt sowie der aus Gründen des Grundwasserschutzes mit Vorsicht zu betreibenden Anlage. Im Rahmen des Beschaffenheitsmonitorings werden monatliche Analysen von Klarwasser, Oberflächen- und Grundwasser an ausgewählten Grundwasserbeobachtungsstellen (Abb. 2, GW2 und GW4) durchgeführt. Diese sind kombiniert mit Bodenreferenzplätzen zur Bestimmung der bodenchemischen Parameter (HUB) sowie zur Durchführung von ökotoxikologischen Tests (ECT Oekotoxikologie GmbH Flörsheim/ Main). Spurenstoffanalysen von ausgewählten Schadstoffen gemäß Anlage 7 der GrwV erfolgen monatlich durch die Berliner Wasserbetriebe. Gleichzeitig werden Schwermetalle, Anionen und Kationen untersucht. Vor und nach der jährlichen Versuchsperiode (April und Oktober) erfolgt ein komplettes Monitoring, bei dem auch die Bundesanstalt für Gewässerkunde Koblenz (organische Spurenstoffe) beteiligt ist. Dieses umfangreiche, kostenintensive Monitoringprogramm ist notwendig, um den erteilten behördlichen Auflagen Folge leisten und ggf. schnell auf Verunreinigungen reagieren zu können.

Aufenthaltszeiten bzw. potenziell mögliche Abbauzeiten für Spurenstoffe im Grundwasser der Pilotanlage sowie mögliche Stoffeinträge in das Grundwasser der Nachbarflächen werden anhand eines numerischen 2D-Modells mit FEFLOW (DHI-WASY) ermittelt. Zur Kalibrierung und Validierung des Modells werden wöchentliche Grundwasserstandsmessungen durchgeführt. Mittels kontinuierlicher Messungen der vertikalen Temperaturverteilung an der Gewässersohle des Mittelgrabens (thermodynamischer Messplatz) werden direkt an der Gewässersohle der Exfiltrations- und Infiltrationsflux und somit die zwischen Hauptgraben und Grundwasser ausgetauschten Stofffrachten ermittelt (Maassen und Balla, 2010).

Vorläufige Ergebnisse und Diskussion

Status quo der Fläche vor Beginn der Klarwasseraufbringung

Im Vergleich zur Höhenvermessung im Jahre 1995 ergab die Vermessung im Jahre 2011 einen mittleren Höhenverlust von 6,6 cm, mit einem Minimum von 0 cm und einem Maximum von 18 cm (Abb. 2, rechts). Die Höhendifferenzen sind sehr heterogen verteilt. Die Verteilung der Mudde, eine unterschiedliche Mächtigkeit der Torfaufgaben und damit auch Differenzen in der kapillaren Wassernachlieferung und den Bodenfeuchteverhältnissen wie auch generell, mit dem Relief ört-

lich variierende Grundwasserflurabstände sind mögliche Ursachen für die unterschiedlichen Torf-Degradierungsintensitäten. Bezogen auf die 16-jährige Zeitspanne mit Nutzungsauffassung der Fläche beträgt die Mineralisierungsrate ca. 0,4 cm pro Jahr. Dies ist bedeutend weniger als die Mineralisierungsrate von 1 cm, die unter den regionalen Bedingungen ermittelt wurde (Zeit, 1997). Wird konservativ angenommen, dass während der Wiedervernässungsphase (1996-2002) kein Torfschwund entstanden ist (die Phragmites-Rhizome könnten auch Torfbildung initiiert haben), so beträgt die Mineralisierungsrate während des Zeitraumes ohne Wassermanagement immerhin noch 0,7 cm pro Jahr. Diese Tatsache macht die Bedeutung des stabilen Wassermanagements auf den wiedervernässten Moorflächen im Sinne der Nachhaltigkeit deutlich.

Die im Frühjahr 2011 geerntete Biomasse von 20 t/ha Trockenmasse aus Schilf und Seggen haben 9,7 t/ha Kohlenstoff und 0,29 t/ha Stickstoff gespeichert. Dies bestätigt frühere Ergebnisse von der Pilotfläche Biesenbrow (Koppitz und Budrus, 2004).

Die hydrochemischen Untersuchungen des Grundwassers zeigen eine signifikante Zunahme der Sulfatkonzentration (SO_4) sowie eine Abnahme von gelöstem Phosphor (SRP) und gelöstem organischem Kohlenstoff (DOC) während der letzten 10 Jahre (Abb. 3). Die Chlorid (Cl) -Konzentrationen bleiben nahezu konstant. Die Zunahme der SO_4 -Konzentrationen bis fast 700 mg/l ist auf eine SO_4 -Freisetzung infolge der Torfmineralisierung in der oberen Bodenschicht zurückzuführen, wobei der Trend der anderen Parameter auch auf veränderte hydrologische Bedingungen während der „Trockenphase“ hinweisen. Durch gefallene Grundwasserstände in der Fläche der Pilotanlage nimmt aufgrund der Fließgradienten der Einfluss des regionalen Grundwasserzustroms zu. Während der Vernässungsphase ist der Wasserstand auf der Fläche höher als der regionale Grundwasserstand und bildet einen lokalen Wasserkörper über dem regionalen Grundwasser aus, begrenzt von den umgebenden Gräben.

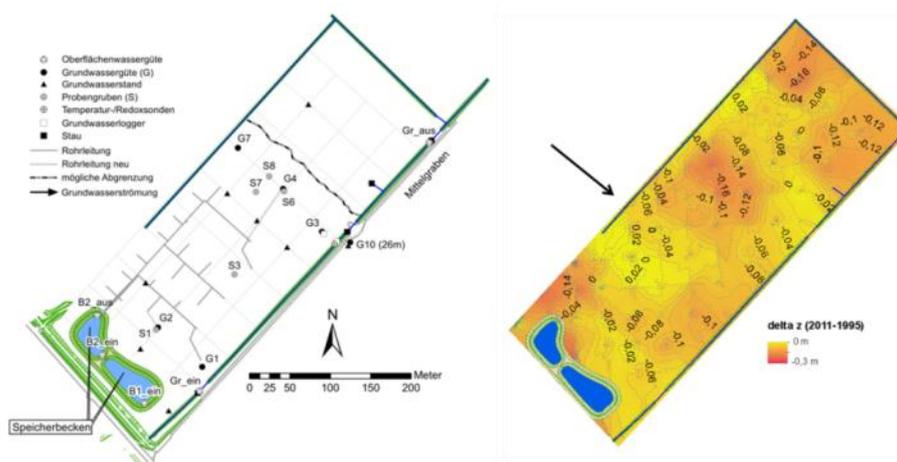


Abb. 2: Links: Untersuchungs- und Pilotanlage Biesenbrow zur Aufbringung von Klarwasser sowie Monitoring-Messstellen. Rechts: Höhenabnahme delta z, entstanden zwischen 1995 und 2011.

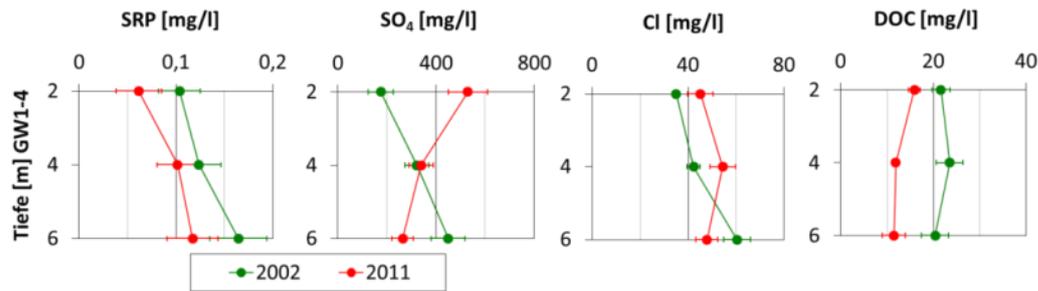


Abb. 3: Veränderungen der hydrochemischen Parameter innerhalb eines 10-jährigen „Trockenfallens“ der wiedervernässten Pilotanlage Biesenbrow für ausgewählte Grundwassermessstellen in 3 Entnahmetiefen.

Klarwasseraufbringung

Nach der fast zweijährigen Versuchsdauer (insgesamt 6 Monate während der Vegetationsperioden 2011 und 2012) wurden ca. 1 000 m³ Klarwasser und 10 000 m³ Grabenwasser auf einer Fläche von ca. 4 ha verrieselt. Dabei wurden bisher keine negativen Effekte auf das Grundwasser festgestellt. Einige Stoffgruppen zeigen im Klarwasser „hot spots“ in den Konzentrationen (Pharmaka Diclophenac und Carbomacepin, Flammenschutzmittel Tris-(chlorisopropyl)phosphat). Am Auslauf der Speicherbecken, nach der Vermischung mit Oberflächenwasser, werden diese Stoffe bereits nicht mehr nachgewiesen. Gründe dafür können sein: a) eine zu hohe Verdünnung (ca. 1:5) mit Oberflächenwasser, so dass die Mischkonzentrationen unterhalb der Nachweisgrenze liegen, b) die Speicherbecken selbst wirken als Reaktionsraum, als constructed wetlands, in denen ein großer Teil der Stoffe bereits umgesetzt wird. Um dies zu klären, sollen mit Hilfe von hydrologischen Tracer-Tests Aufenthaltszeiten in den Speicherbecken bzw. bevorzugte Fließbahnen und vor allem Toträume, in denen eine Akkumulation unerwünscht ist, ermittelt werden

Schlussfolgerungen

Wiedervernässte Moore brauchen einerseits ein stabiles Wassermanagement, was mit Dauerkosten verbunden sein kann. Andererseits zeichnet sich aus den Untersuchungen ab, dass eine Wertschöpfung neben der Biomassenutzung durch eine weitergehende Reinigung von geklärtem Abwasser, insbesondere im ländlichen Raum, erzielt werden kann. Davon profitieren Fließgewässer infolge geringerer eingeleiteter Schadstofffrachten, aber auch eine Einbeziehung der Moore in künftige infrastrukturelle Maßnahmen zur Abwasserbeseitigung bzw. -nutzung ist denkbar.

Literatur

- Balla, D., S. Veltly, und R. Dannowski (2004): Wirkung einer Wiedervernässungsmaßnahme auf das Grund- und Oberflächenwasser – Pilotanlage Biesenbrow. *Arch. für Nat. Lands.* 43, 41-58.
- Dannowski, R. und D. Balla, (2004): Wasserhaushalt und geohydrologische Situation einer vernässten Niedermoorfläche mit Schilfanbau in Nordost-Brandenburg. *Arch. für Nat. Lands.* 43, 27-40.

- Dietrich, O., R. Dannowski, R. Tauschke, K. Stornowski und V. Leschke (1999): Wiedervernässung einer degradierten Niedermoorfläche als Voraussetzung für den Schilfanbau. *Arch. für Nat. Lands.* 38, 233-249.
- Koppitz, H. und K. Buddrus (2004): Wachstum, Produktivität, Stickstoffhaushalt und genetische Diversität einer Schilfpflanzung auf degradiertem Niedermoor. *Arch. für Nat. Lands.* 43, 5-26.
- Lischeid, G., T. Moss, B. Nölting, M. Schäfer und U. Steinhardt (2012): Mit ELaN! Forschung für integrierte Land-, Wasser- & Stoffnutzung. *RaumPlanung* 163 (3), 56-57.
- Maaßen, S. und D. Balla (2010): Impact of hydrodynamics (ex- and infiltration) on the microbially controlled phosphorus mobility in running water sediments of a cultivated northeast German wetland. *Ecological Engineering* 36 (9), 1146-1155.
- Positionspapier (2010): Verwendung von gereinigtem Abwasser für Maßnahmen zur Stabilisierung des Wasserhaushaltes. <http://www.mugv.brandenburg.de/cms/media.php/lbm1.a.2342.de/wasserhh.pdf>.
- Positionspapier der Länderfachbehörden (2010): Potentiale und Ziele zum Moor- und Klimaschutz. Gemeinsame Position der Länderfachbehörden von Brandenburg, Bayern, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen und Schleswig-Holstein; unterstützt und mitgetragen von den Länderfachbehörden Baden-Württemberg, Bremen, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Sachsen-Anhalt, Saarland, Sachsen, Thüringen sowie vom Bundesamt für Naturschutz und dem Bundesumweltamt.
- Ternes, T.A., M. Stumpf, J. Mueller, K. Haberer, R. D. Wilken und M. Servos, M. (1999): Behavior and occurrence of estrogens in municipal sewage treatment plants. Investigations in Germany, Canada and Brazil. *Science of Total Environment* 225, 81-90.
- Verwaltungsvorschrift des Ministeriums für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung zur Einleitung gereinigter Abwässer in das Grundwasser vom 29. Januar 2001, ABl. Brandenburg Nr.9 vom 28.2.2001.
- Zeit, J. (1997): Zur Geochemie von Mooren. In: J. Matschullat, H.J. Tobschall und H.-J. Voigt (Hsg.), *Geochemie und Umwelt*, pp.75-94.

Partizipative Landschaftsplanung zur Klimaanpassung in der Samtgemeinde Gartow

Christian Albert¹, Thomas Zimmermann²

¹Leibniz Universität Hannover, Institut für Umweltplanung

²Hafen City Universität Hamburg, Fachgebiet Stadtplanung und Regionalentwicklung

Zusammenfassung

Als wichtige Voraussetzung für eine erfolgreiche Anpassung von Landnutzungen an den Klimawandel wird, neben der Generierung relevanten Wissens, zunehmend soziales Lernen genannt. Soziales Lernen kann verstanden werden als Veränderungen der Kenntnisse und den Fähigkeiten, die durch soziale Interaktionen entstehen und sich in Gruppen von Akteuren niederschlagen. Im Rahmen von Anpassungsprozessen an den Klimawandel kann soziales Lernen dazu beitragen, das Bewusstsein relevanter Akteure über den Klimawandel und seine Folgen für die unterschiedlichen Sektoren zu schärfen sowie Impulse zu kooperativer Wissensgenerierung und Umsetzung zu geben.

Ziel dieses Beitrags ist es, zu erkunden, inwieweit soziales Lernen durch szenariobasierte Landschaftsplanung gefördert werden kann, sowie welche Vorteile die entstehenden Lerneffekte für Entscheidungsprozesse zur Anpassung an den Klimawandel haben könnten. Als Fallbeispiel dient eine dreimonatige Serie von partizipativen Planungsworkshops des Verbundprojektes KLIMZUG Nord in der Samtgemeinde Gartow im ländlich geprägten Osten Niedersachsens an der der Elbe. Die Evaluation der Lerneffekte erfolgte mit einem Methodenmix aus Beobachtungen, Interviews, Befragungen und einer Fokusgruppe.

Die Ergebnisse des Szenarioprozess umfassten eine Analyse lokaler Chancen und Risiken des Klimawandels für unterschiedliche Landnutzungssektoren sowie Szenarien und räumliche Darstellungen alternativer Anpassungsstrategien. Lerneffekte zeigten sich hinsichtlich substanziellen Wissens (bspw. zu Klimaauswirkungen), Prozesswissens (bspw. zu Anpassungsstrategien), dem Verständnis unterschiedlicher Perspektiven sowie interpersoneller und technischer Fähigkeiten. Die Beteiligten Akteure bewerteten die neuen Erkenntnisse und Fähigkeiten als vorteilhaft für spätere Planungs- und Entscheidungsprozesse. Der Planungsprozess resultierte in einer weiterführenden Zusammenarbeit der lokalen Akteure, die in der Verabschiedung eines koordinierten Leitbildes der Gemeinde zur Klimaanpassung mündete.

Einleitung

Die Anpassung von Landschaftsentwicklungen an den Klimawandel ist zurzeit eine wichtige Aufgabe für die Planung und Politik. Trotz großer Fortschritte im wissenschaftlichen Verständnis des Klimawandels auf globaler Ebene stehen Bemühungen zur Entwicklung von Anpassungsstrategien vor zwei zentralen Herausforderungen. Zum einen sind wissenschaftliche Abschätzungen zukünftiger Klimaveränderungen auf der lokalen Ebene weiterhin unsicher. Zum anderen bedarf die Gestaltung und Umsetzung erfolgreicher Anpassungsstrategien einer Integration von Wissen und der Kooperation von Akteuren aus unterschiedlichen Wissenschaftsdisziplinen, Wirtschaftssektoren und Entscheidungsebenen.

Vor diesem Hintergrund wird das Konzept des sozialen Lernens zunehmend als zentrales Element zur Umsetzung von Anpassungsstrategien gesehen. Bisher liegt jedoch erst wenig Wissen darüber vor, wie soziales Lernen in der Praxis gemessen werden kann und welche Effekte partizipative Planungsprozesse auf gemeinschaftliche Lernerfolge und Entscheidungsprozesse haben.

Der Beitrag untersucht, ob und wie partizipative, szenariobasierte Landschaftsplanung zu sozialem Lernen mit Vorteilen für Entscheidungsprozesse zur Klimaanpassung führt. Als Fallbeispiel dient ein Landschaftsplanungsprozess in der Samtgemeinde Gartow in Niedersachsen, der methodisch auf dem von Steinitz (1990, 2003) vorgeschlagenen „Alternative Futures Framework Method“ beruht. In einem Aktionsforschungsansatz wurde ein entsprechendes Planungsverfahren von den Autoren durchgeführt und die Ergebnisse mit Hilfe eines Methoden-Mixes bestehend aus Beobachtungen, Interviews, Befragungen, und einer Fokusgruppe evaluiert.

Der vorliegende Beitrag fasst die Ergebnisse einer Studie zusammen, die in Albert et al. (2011, 2012) ausführlich dokumentiert ist.

Ergebnisse

Die Untersuchung führte zu der zentralen Erkenntnis, dass szenariobasierte Landschaftsplanung das soziale Lernen unter den Teilnehmern fördern kann. Beobachtete Lernergebnisse umfassen die Anreicherung von substanziellem Wissen (bspw. über Auswirkungen des Klimawandels) und von Prozesswissen (bspw. zu alternativen Anpassungsstrategien), das Verständnis unterschiedlicher Sichtweisen sowie die Verbesserung von sozialen und technischen Fähigkeiten. Die Teilnehmer nannten verschiedene mögliche Auswirkungen des sozialen Lernens auf zukünftige Entscheidungsprozesse, unter anderem ein geschärftes Bewusstsein, verbesserte Fähigkeiten, veränderte Agenden und bessere Beziehungen der Akteure untereinander. Die Ergebnisse des Szenarioprozesses veranlassten lokale Akteure und externe Partner zu einer weiterführenden Zusammenarbeit, in der ein abgestimmtes Leitbild zur Anpassung an mögliche Folgen des Klimawandels entwickelt wurde. Das Leitbild wurde vom Rat der Samtgemeinde einstimmig beschlossen und soll als Orientierung für künftige Entscheidungsprozesse über Landschaftsentwicklung dienen.

Literatur

- Albert, C., Knieling, J., Zimmermann, T. (2011): Szenarien als Instrument zur Klimaanpassung in Kommunen am Beispiel der Samtgemeinde Gartow. In: Buchholz, F., Frommer, B., Böhm, H.-R., Hrsg., Anpassung an den Klimawandel - Regional umsetzen! Ansätze zur Climate Adaptation Governance unter der Lupe. München, oekom verlag. 104-120.
- Albert, C., Zimmermann, T., Knieling, J., Von Haaren, C. (2012): Social learning can benefit decision-making in landscape planning: Gartow case study on climate change adaptation, Elbe valley biosphere reserve. *Landscape and Urban Planning* 105, (4), 347-360.
- Steinitz, C. (1990): A Framework for Theory Applicable to the Education of Landscape Architects (and Other Environmental Design Professionals). *Landscape Journal* 9, (2), 136-143.
- Steinitz, C., Arias, H., Bassett, S., Flaxman, M., Goode, T., Iii, M. T., Mouat, D., Peiser, R., Shearer, A. W. (2003): *Alternative Futures for Changing Landscapes: The Upper San Pedro River Basin in Arizona and Sonora*. Island Press, Washington, D.C., USA.

Von der Notwendigkeit und Möglichkeiten Stakeholder in die Forschung zu Ökosystemdienstleistungen einzubinden

Jennifer Hauck¹, Christoph Görg¹, Heidi Wittmer¹, Jörg Priess², Kurt Jax³

¹ Department Umweltpolitik, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung - UFZ

² Department Landschaftsökologie, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung - UFZ

³ Department Naturschutzforschung, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung - UFZ

Zusammenfassung

Immer öfter werden Ökosystemdienstleistungen (ÖDL) explizit in EU-Politiken integriert. Vor allem die EU Biodiversitätsstrategie bis 2020 stützt sich unter anderem auf das Konzept der ÖDL. Diese Entwicklungen haben viele Konsequenzen für Entscheidungsträger auf regionaler oder lokaler Ebene, aber vor allem auch Konsequenzen für die Menschen die von den Ökosystemdienstleistungen profitieren. Dieser Beitrag arbeitet die Herausforderungen der Einbindung des Konzepts der ÖDL in Politik und Management in einem Mehrebenengefüge von der Europäischen bis zur regionalen Ebene heraus. Aus der Betroffenheit vieler Menschen leitet sich die Notwendigkeit ab, diese als Stakeholder in Entscheidungen bezüglich ÖDL einzubeziehen. Der Beitrag stellt Möglichkeiten vor, Stakeholder in die Forschung einzubinden sowie die Ergebnisse einer solchen Einbindung. Als Ausblick wird ein neues EU-Projekt vorgestellt, das mit Hilfe von partizipativ entwickelten, multi-skaligen Szenarien, die Konsequenzen von verschiedenen Politik- und Managementansätzen auf ÖDL abzuschätzen.

Einleitung

Immer öfter werden Ökosystemdienstleistungen (ÖDL) explizit vor allem in EU-Politiken integriert. Implizit werden viele ÖDL dort aber schon lange behandelt, wie das Beispiel der Agrarpolitik deutlich zeigt, in der neben landwirtschaftlicher Nahrungsproduktion viele andere ÖDL betroffen sind. Vor allem die EU Biodiversitätsstrategie bis 2020 (vgl. Europäische Kommission 2011) stützt sich unter anderem auf das Konzept der ÖDL. Diese Entwicklungen haben viele Konsequenzen für Entscheidungsträger auf regionaler oder lokaler Ebene, aber auch Konsequenzen für die Menschen die von den Ökosystemdienstleistungen profitieren.

Methoden

Die Frage danach, warum Menschen bestimmte ÖSD schätzen, bzw. welche Synergien und Zielkonflikte sich unter Umständen aus diesen Präferenzen ergeben, lassen sich mit explorativen Forschungsmethoden gut ergründen (z. B. Menzel und Teng, 2009). Den ersten Schritt unserer Studie bildeten daher sechs Schlüsselinterviews, je zwei in drei Regionen Europas: Satakunta in Finnland, Sachsen in Deutschland und Schlesien in Polen. Diese persönlichen, offenen Interviews mit Landschafts- und Regionalplanerinnen und Planern sowie Vertreterinnen und Vertretern von Land- und Forstwirtschaft bildeten die Grundlage für die Ausarbeitung eines Fragebogens für einen größeren Kreis von Expertinnen und Experten aus allen drei Regionen; die Befragung wurde dann online durchgeführt. Erfragt wurden in dieser zweiten Runde zunächst der institutionelle Hintergrund der Befragten und deren Vertrautheit mit dem ÖSD-Konzept. Dann wurde darum gebeten, die drei für die Region wichtigsten ÖSD aus einer vorbereiteten Liste sowie mögliche Synergien und Zielkonflikte auszuwählen und diese Auswahl jeweils zu begründen. Die Adressaten der Befragung kamen aus Bereichen der Verwaltung und Planung, der Wirtschaft, des Naturschutzes und der Zivilgesellschaft, von denen ein Bezug zum Thema ÖSD angenommen werden konnten. Trotz eher geringer Rücklaufquoten der Fragebögen:

(10.3% in Sachsen, 16 Antworten; 19.6% in Finnland, 29 Antworten; 6.5% in Schlesien, 7 Antworten) konnte eine Vielfalt von Begründungsmustern, Zielkonflikten und Synergien aufgedeckt werden, die im Folgenden vorgestellt werden.

Ergebnisse: Warum manche ÖSD wichtiger sind als andere

Der Rücklauf der Fragebögen aus den drei Regionen kam von Befragten mit sehr unterschiedlichen institutionellen Hintergründen. Vertreten waren Land-, Forst-, Fischerei-, Bioenergie- und Wasserwirtschaft, Naturschutz, Planung, Bildung und Forschung sowie Tourismus. Auch die Vertrautheit mit dem Konzept der ÖSD variierte stark.

Insgesamt wurden „landwirtschaftlich produzierte Nahrungsmittel“ am häufigsten als wichtig eingestuft (Abb. 1), unabhängig von der Region und vom institutionellen Hintergrund der Befragten. Als Gründe für diese Wahl wurde angegeben, dass die landwirtschaftliche Nutzung die dominierende Form der Landnutzung ist und überregionale Versorgungsbedeutung hat. Betont wurde auch die kulturelle Bedeutung der Landwirtschaft.

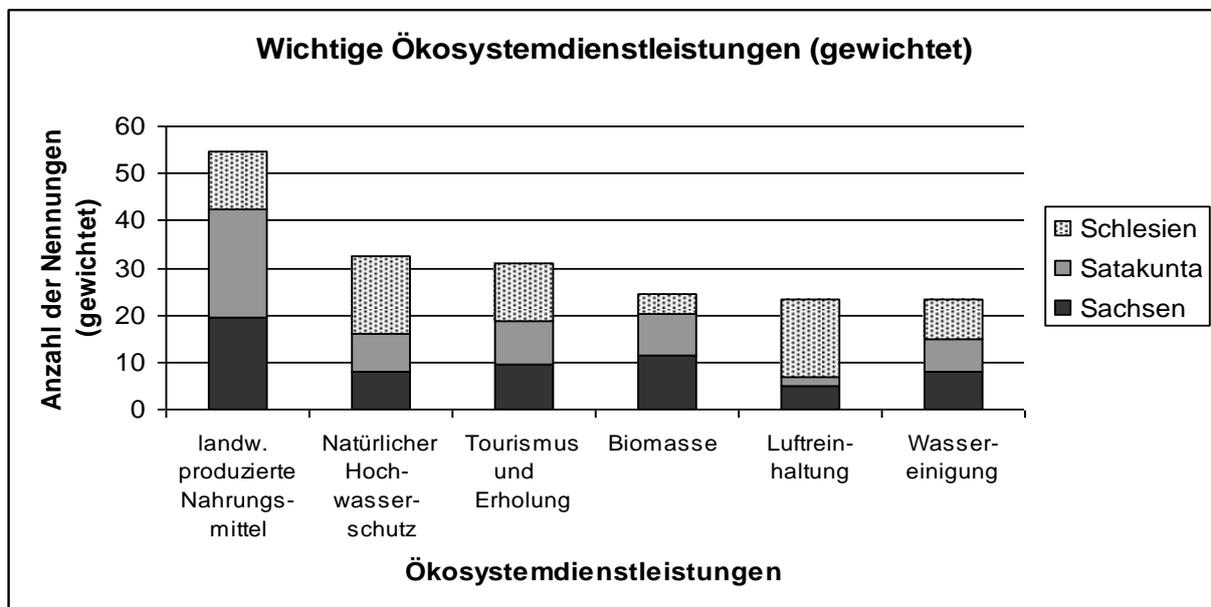


Abb 1: Aggregierte und gewichtete Anzahl der als wichtig ausgewählten ÖSD. Die Anzahl der Antworten wurde gewichtet, da der Rücklauf aus den Regionen sehr unterschiedlich war.

Vor allem die extremen Überschwemmungsereignisse innerhalb der letzten 10 Jahre wurden in Sachsen und Schlesien als Grund für die Wichtigkeit der ÖSD „natürlicher Hochwasserschutz“ angegeben. Aber auch, dass diese ÖSD weniger Kosten verursacht als technischer Hochwasserschutz und dabei zugleich Auen als Habitate zur Verfügung gestellt werden, wurde positiv vermerkt. Für Finnland wurde die Auswahl dieser ÖSD eher damit begründet, dass in Zukunft mit einer Zunahme von Hochwasserereignissen gerechnet wird.

Die Gründe für die Auswahl von „Biomasse“ als wichtige ÖSD, waren politischer Natur, so wurde z.B. eine neue Energiestrategie in Finnland aufgeführt. Während „Tourismus und Erholung“ auch in Sachsen und Satakunta von Einigen als wichtig ausgewählt wurde, wurde die Bedeutung vor allem für Schlesien hoch eingeschätzt. Dies wurde damit begründet, dass Möglichkeiten der Erholung durch die dichte Besiedelung Schlesiens eine wichtige Rolle für die Lebensqualität der Bewohnerinnen und Bewohner spielt. Das gleiche Argument, also die Erhaltung bzw. Steigerung der Lebensqualität, wurde

in allen Regionen angeführt für die Auswahl von „Luftreinhaltung“ und „Wasserreinhaltung“. In Schlesien wurde angesichts der dort herrschenden hohen Luftverschmutzung die ÖSD „Luftreinhaltung“ als die wichtigste erachtet.

Die Befragung weist darauf hin, dass die Wahrnehmung der Wichtigkeit einzelner ÖSD nicht nur von Individuum zu Individuum sondern auch in Abhängigkeit vom regionalen Kontext variieren. Der Hinweis auf Extremereignisse oder Gesetzgebung zeigt darüber hinaus, dass neben regionalen Aspekten auch zeitliche Aspekte eine Rolle spielen, also dass ÖSD im Zeitablauf an Bedeutung gewinnen oder verlieren können.

Ergebnisse: Synergien und Zielkonflikte

Nicht nur die Begründungsmuster für die Wichtigkeit einiger ÖSD können zwischen Regionen variieren. Die Wahrnehmung von Synergien und Zielkonflikten in den Regionen fällt teilweise ebenfalls recht unterschiedlich aus. Abbildung 2 zeigt, wie die Befragten in den drei Regionen die Auswirkungen der ÖSD landwirtschaftlich produzierte Nahrungsmittel auf die Verfügbarkeit von anderen ÖSD einschätzen.

ÖSD	Schlesien	Sachsen	Satakunta
	Landwirtschaftlich produzierte Nahrungsmittel		
Aquakultur		x	
Wildkräuter, Pilze, Wildbret, etc.			
Holz	x		
Biomasse (energetische Nutzung)			
Genetische Ressourcen		x	!
Wasserreinigung			!
Natürlicher Hochwasserschutz			!
Erosionsschutz		!	!
Luftreinhaltung		x	
Bereitstellung von Habitaten für geschätzte Arten		!	!
Klimaregulation	x		!
Ästhetische Werte			!
Tourismus und Erholung		!	!
Wissenschaft und Bildung	x	x	

Abb 2: Von den Befragten angenommene Auswirkungen der ÖSD „landwirtschaftlich produzierte Nahrungsmittel“ auf andere ÖSD. Weiße und schwarze Boxen bedeuten in der Summe positive bzw. negative Auswirkungen. Grau bedeutet eine gleiche Anzahl von positiven und negativen Auswirkungen. Boxen mit einem x bedeuten, dass es keine Auswirkungen gibt oder dass den Befragten keine Auswirkungen bekannt sind. Die Ausrufezeichen zeigen Fälle an, in denen der Trend deutlich positiv oder negativ ist, aber einige Befragte gegenteiliger Ansicht waren.

In Sachsen werden die Auswirkungen insgesamt eher negativ bewertet. Begründet wird dies mit den Zielkonflikten zwischen der landwirtschaftlichen Nutzung und dem Erosionsschutz, dem natürlichen Hochwasserschutz sowie der Wasserreinigung sowie natürlich auch mit entgangenen Möglichkeiten einer anderweitigen Nutzung der Fläche, z. B. als Wald. Allerdings waren die Befragten nicht immer derselben Meinung. Die Ausrufezeichen in Abbildung 2 zeigen, bei welchen Fragen die Expertinnen und Experten unterschiedliche Ansichten bezüglich Zielkonflikten hatten, bzw. weitere Differenzierungen vornahmen, indem z. B. einige Befragte anmerkten, dass Zielkonflikte abhängig von der Art

der Landwirtschaft sind. Negative Konsequenzen wurden vor allem mit der konventionellen Landwirtschaft assoziiert, positive mit Biolandbau (vgl. Grunewald und Naumann 2012).

Auch bzgl. des natürlichen Hochwasserschutzes wurden Synergien und Zielkonflikte mit anderen ÖSD regional unterschiedlich eingeschätzt. Während ein Befragter argumentierte, dass sich natürlicher Hochwasserschutz sehr gut mit Auwäldern kombinieren lässt, befürchten manche Befragte in Schlesien und Satakunta eher negative Konsequenzen. In allen drei Regionen werden Synergien zwischen natürlichem Hochwasserschutz und Wasserreinigung, Erosionsschutz, Luftreinhaltung, Klimaregulierung und der Bereitstellung von Habitaten für geschätzte Arten wahrgenommen.

Schlussfolgerungen und Ausblick

Weder bei den Begründungsmustern für die Wichtigkeit verschiedener ÖSD noch bei den Einschätzungen zu den Zielkonflikten sind Verallgemeinerungen möglich. Synergien und Zielkonflikte sind stark vom jeweiligen Management abhängig, was sich am Beispiel der Landwirtschaft sehr gut zeigen lässt. Ob Landwirtschaft negative oder positive Auswirkungen auf andere ÖSD hat, hängt stark von den eingesetzten Praktiken ab, wobei intensive Landwirtschaft eher mit negativem, Ökolandbau eher mit positiven Konsequenzen für andere ÖSD assoziiert wird. Sowohl die Einschätzung bzgl. der Wichtigkeit verschiedener ÖSD als auch die Wahrnehmung von Synergien und Zielkonflikten ist nicht nur von Individuum zu Individuum, sondern auch von Region zu Region unterschiedlich. Die Schwierigkeiten der Bewertung von Auswirkungen auf ÖSD sind bei solchen ÖSD, die nicht ohne weiteres direkt wahrgenommen werden können, wie zum Beispiel bei der Klimaregulation besonders groß (Hauser et al. 2011).

Unsere Ergebnisse zeigen die Notwendigkeit lokale und regionale Präferenzen einzubeziehen. Eine solche Berücksichtigung unterschiedlicher Präferenzen innerhalb einer Region stellt zugleich einen essentiellen Schritt in Richtung sozialer Nachhaltigkeit dar. Auch weiteres Kontextwissen, zum Beispiel Wissen über lokale Managementpraktiken, Auswirkungen von Extremereignissen oder auch das Wissen um die jeweilige Habitatbeschaffenheit und mögliche Synergien mit anderen Nutzungen, sollte unbedingt in die Entwicklung von umweltpolitischen Maßnahmen, Planungen und in die Kartierung von ÖSD einfließen.

Die Ergebnisse unserer bisherigen Forschung werden in einem neuen EU-Projekt 'Operationalisation of natural capital and ecosystem services: from concept to real world applications (Open-NESS)', das im Dezember 2012 beginnt, umgesetzt. Wie ein partizipativer Ansatz konzipiert werden kann, wird am Beispiel eines EU-Teilprojekts, das nicht nur die sozialwissenschaftliche Forschung mit Landnutzungsmodellierung verbindet, sondern auch transdisziplinär arbeitet, konkretisiert. Ziel ist, mit Hilfe von partizipativ entwickelten, multi-skaligen Szenarien, die Konsequenzen von verschiedenen Politik- und Managementansätzen auf ÖDL abzuschätzen. Vor allem dem Austausch von Wissen zwischen den einzelnen Ebenen und den dafür erforderlichen multi-skaligen Governance-Ansätzen wird große Bedeutung beigemessen.

Literatur

- Europäische Kommission (2011): Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Our life insurance, our natural capital: an EU biodiversity strategy to 2020. COM (2011) 244 final.
- Grunewald, K. u. Naumann, S. (2012): Bewertung von Ökosystemdienstleistungen im Hinblick auf die Erreichung von Umweltzielen der Wasserrahmenrichtlinie am Beispiel des Flusseinzugsgebietes der Jähna in Sachsen. *Natur und Landschaft* 87 (1): 17-23.
- Hauser, A.; Ott, W.; Kaenzig, J.; Scheuthle, H.; Schlatter, C.; Stremlow, M. u. Erhard, M. (2011): Was leisten Ökosysteme für unsere Wohlfahrt? Indikatoren für die Schweizer Umweltberichterstattung. *Natur und Landschaft* 86 (4): 151-155.
- Menzel, S., Teng, J., 2009. Ecosystem services as a stakeholder-driven concept for conservation science. *Conserv. Biol.* 24, 907–909.

Der Umgang mit unsicherem Wissen bei der regionalen Anpassung an den Klimawandel

Anne Bundschuh und Andrea Knierim

Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V., Institut für Sozioökonomie, Müncheberg

Zusammenfassung

Unser Beitrag bezieht sich auf die Herausforderung, mit unsicherem Wissen umzugehen und angesichts von Projektionen über die zukünftige Klimaentwicklung Strategien zur Anpassung an den Klimawandel zu entwerfen. Wir stellen die Ergebnisse einer Fallstudie dar, die im KLIMZUG-Projekt Innovationsnetzwerk Klimaanpassung Brandenburg Berlin (INKA BB) durchgeführt wurde. INKA BB ist ein transdisziplinäres Netzwerk, in dem Wissenschaftler und Praxispartner in verschiedenen Handlungsfeldern gemeinsam Anpassungsstrategien entwerfen und erproben.

Einleitung

Eine Herausforderung bei der Entwicklung von Anpassungsstrategien an den Klimawandel besteht darin, dass heutige Entscheidungen auf der Basis von vermuteten zukünftigen Entwicklungen getroffen werden müssen. Dieser notwendige Umgang mit den Unsicherheiten, die der Forschung zu zukünftigen (klimatischen) Entwicklungen inhärent sind, wird in der sozialwissenschaftlichen Anpassungsforschung in den letzten Jahren viel diskutiert.² Transdisziplinäre Forschungsvorhaben wie INKA BB sind zudem damit konfrontiert, einerseits wissenschaftliche Erkenntnisse zu den konkreten Auswirkungen des Klimawandels in einer Region zu generieren, diese wissenschaftlichen Erkenntnisse jedoch andererseits praktisch nutzbar zu machen, um Anpassungsmöglichkeiten und -strategien zu entwerfen und zu erproben. Dabei stellt sich immer wieder die Frage danach, „wie exakt das generierte Wissen sein muss, um praktisches Handeln initiieren zu können“ (Renn et al. 2007: 138).

Dieser Beitrag hat zum Ziel, ein Verständnis für verschiedene Umgangsweisen mit Unsicherheit in der Anpassung an den Klimawandel zu entwickeln und Schlussfolgerungen für die Wissenschaft sowie für die transdisziplinäre Zusammenarbeit zu ziehen. Einleitend werden wir das Phänomen der Unsicherheit in der Wissenschaft aus wissenschaftssoziologischer Perspektive darstellen. Dabei zeigt sich, dass die moderne Wissenschaft zwar mit dem Anspruch nach wahren und sicherem Wissen assoziiert wird, dass wissenschaftliches Wissen aber immer vorläufig und mit Unsicherheiten behaftet ist. Im zweiten Teil werden wir darstellen, wie in Wissenschaft und Praxis mit Unsicherheiten der Klimaforschung umgegangen wird. Hierzu greifen wir auf Ergebnisse einer empirischen Studie zurück, die im Rahmen der sozialwissenschaftlichen Begleitforschung im Innovationsnetzwerk Klimaanpassung Brandenburg Berlin (INKA BB) durchgeführt wurde.

² Mehrere KLIMZUG-Verbünde beschäftigen sich mit dem Thema (vgl. Hecht et al. 2011; nordwest2050 2010; von Winterfeld und Schüle 2010), und sowohl in der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (Die Bundesregierung 2008) als auch in Berichten des UBA (Zebisch et al. 2005) wird die Thematik aufgegriffen; vgl. außerdem Grothmann et al. 2011. Zudem stand der zweite europaweite CIRCLE-Workshop 2010 unter dem Oberthema „Umgang mit Unsicherheiten in der Forschung zu Klimawandelfolgen, Vulnerabilität und Anpassung“ (van Pelt et al. 2010a; van Pelt et al. 2010b).

Wissenschaftssoziologie: „Unsicherheit“ in Wissenschaft und Gesellschaft

Das Verhältnis der Wissenschaft zu unsicherem Wissen ist ambivalent: Einerseits ging die moderne Wissenschaft noch nie von absoluter Wahrheit und Sicherheit aus (vgl. Gross 2007); ihr „Erkenntnisfortschritt beruht [vielmehr] auf dem Prinzip des Zweifels“ (Bonß 2010: 36). Andererseits gilt es gerade ein Kennzeichen der modernen Gesellschaft, dass sie die Wissenschaft als Garant für Sicherheit ansieht (vgl. Latour 2008). Lange Zeit bestand der Glaube an den kontinuierlichen Wissensfortschritt und den Zusammenhang zwischen mehr Wissen und angemessenem Handeln: mehr Wissenschaft führt zu mehr sicherem Wissen, dieses Wissen wiederum zu angemessenerem (politischen) Handeln. Spätestens seit den Technik- und Ökologiekonflikten der 70er Jahre ist dieser Glaube brüchig geworden; inzwischen ist deutlich geworden, dass Wissenschaft nicht lediglich mehr Sicherheit liefert, sondern gleichzeitig auch neue Unsicherheiten produziert (vgl. Bösch und Wehling 2010). Einerseits kann Wissenschaft gesellschaftliche Kontroversen nicht lösen, da in gesellschaftlich wichtigen Debatten immer auch außer-wissenschaftliches Wissen, Werte und Normen eine wichtige Rolle spielen. Andererseits sind wissenschaftliche Aussagen immer nur begrenzt – das heißt zeitlich vorübergehend sowie innerhalb bestimmter Denkkollektive bzw. wissenschaftlicher Paradigmen – gültig (vgl. Oreskes 2004; Sarewitz 2004). Diese Situation hat Hansson (2002) dazu veranlasst, unsere Gesellschaft als eine „uncertainty society“ zu beschreiben: einerseits lässt sich ein enormer Fortschritt an Wissenserzeugung beobachten, andererseits wirft das neue Wissen auch immer neue ungeklärte Fragen auf; die Wissenschaft erzeugt damit selbst neue Unsicherheiten. Am Beispiel der Klimaforschung und der Klimapolitik zeigt sich: Für die Wissenschaft stellen die Unsicherheiten eine Quelle und Motivation für neue Forschungen dar, für die politische Entscheidungsfindung können sie jedoch eine „Quelle für Komplikationen“ bedeuten (Lemos und Rood 2010: 671). Der pro-aktive Umgang mit Unsicherheit wird damit zu einer gesamtgesellschaftlichen Herausforderung, der sich alle gesellschaftlichen Gruppen stellen müssen.

Methodisches Vorgehen

Das Ziel der empirischen Untersuchung bestand darin, die Vielfalt an Sichtweisen auf Unsicherheit unter den Netzwerkpartnern in INKA BB zu erfassen. Da es sich hierbei um eine entdeckend-explorative Fragestellung handelt, wurde eine methodische Vorgehensweise entsprechend den Standards der qualitativen Sozialforschung gewählt.

Die Fallauswahl orientierte sich am Ziel einer „inhaltlichen Generalisierbarkeit“ (Merkens 2008) der Ergebnisse entsprechend der thematischen Breite des Netzwerkes. Da der thematische Schwerpunkt von INKA BB auf Anpassungsstrategien im Bereich der Landnutzung und dem Wassermanagement liegt, sollten die Interviewpartner/innen vorrangig aus diesen beiden Bereichen stammen. Als zwei weitere wichtige Bereiche wurden die Klimaforschung sowie die Regionalplanung ausgewählt. Zusätzlich wurde versucht, Vertreter/innen verschiedener Organisationsformen – Unternehmen, Verbände, Behörden – in die Untersuchung zu integrieren. Weitere Kriterien für die Auswahl der Interviewpartner/innen waren außerdem (a) die Ausübung einer planenden, entwerfenden oder konzipierenden Tätigkeit mit einem gewissen eigenständigen Entscheidungsspielraum sowie (b) evtl. auch eine beratende Tätigkeit beziehungsweise Tätigkeit als Multiplikator/in. Anhand dieser Kriterien wurden sukzessive insgesamt vier Wissenschaftler/innen und acht Praxisakteure ausgewählt, mit denen Expert/innen-Interviews durchgeführt wurden. Als Expert/innen gelten dieser Methode zufolge solche Personen, die eine bestimmte Akteursgruppe oder ein Handlungsfeld repräsentieren können (Meuser und Nagel 2005). Die Interviews fanden im Zeitraum Februar bis Oktober 2011 statt und dauerten jeweils zwischen 30 und 100 Minuten. Zusätzlich zu den Interviews fand im April 2010 eine Grup-

pendiskussion mit sechzehn Wissenschaftler/innen aus verschiedenen Teilprojekten statt, deren Ergebnisse ebenfalls in die Auswertung eingeflossen sind (Flick 2002). Die Diskussion war in drei Teile geteilt; jeder Teil bestand aus einem kurzen Input zum Thema „Handeln unter Unsicherheit und Kommunikation von Unsicherheit im Kontext der Klimawandelanpassung“ und einer anschließenden moderierten Diskussionsrunde. Die gesamte Session dauerte etwa 45 Minuten. Die an der Diskussion beteiligten Wissenschaftler/innen stammten aus den Teilprojekten 4, 6, 7, 15, 18, 19, 21, 24³. Als dritte Informations- und Datenquelle wurden die SWOT-Berichten der Teilprojekte genutzt. Bei diesen Berichten handelt es sich um die Protokolle der Stärken-Schwächen-Analysen⁴, die im Herbst 2009 von (fast) allen Teilprojekten durchgeführt wurden. Für die Auswertung wurde ein Kategoriensystem entworfen und das verschriftliche Datenmaterial mit Hilfe von MAXqda, einer Software zur qualitativen Datenanalyse, dementsprechend kodiert und ausgewertet.

Ergebnisse

1. Begriffsklärung: unterschiedliche Arten von Unsicherheit

Als erstes Ergebnis wird dargestellt, welche Arten von Unsicherheit die Interviewpartner/innen wahrnehmen und in den Interviews zur Sprache bringen. Diese verschiedenen Arten von Unsicherheit können in Anlehnung an Umweltwissenschaftler des Tyndall Center for Climate Change Research in vier Kategorien eingeordnet werden, die von „sicherem Wissen“ auf der einen Seite bis zu „kein Wissen“ auf der anderen Seite reichen (Dessai und van der Sluijs 2007, vgl. Abb. 1):⁵

Statistische Unsicherheit ist die Form von Unsicherheit, von der in den Naturwissenschaften typischerweise die Rede ist, sie kann in statistischen Begriffen ausgedrückt werden und ist in Wahrscheinlichkeiten formulierbar. Ein Beispiel aus der Klimaforschung in INKA BB sind die Forschungen eines Klimawissenschaftlers zu den Unsicherheiten der zukünftigen Temperaturveränderungen in Brandenburg, die er wie folgt erklärt: „Wenn ich sage zum Mitte des Jahrhunderts verändert sich die Temperatur in Brandenburg um zwei Grad, dann möchte ich gerne wissen, plus/minus zehn Grad, oder plus/minus ein Zehntel Grad. Weil plus minus zehn Grad wäre eine unsichere Information, da stünde nicht mal das Vorzeichen fest, plus minus ein Zehntel Grad wäre eine vergleichsweise sichere Information. Das heißt also, uns geht es insbesondere auch um die Quantifizierung von solchen Projektionen.“

Szenarien-Unsicherheit beschreibt die Bandbreite möglicher zukünftiger Entwicklungen, die sich daraus ergibt, dass wir nicht wissen können welches der möglichen (Klima-)Szenarien in Zukunft tatsächlich eintreten wird. Im Unterschied zu der statistischen Unsicherheit ist es nicht möglich, statistische Eintrittswahrscheinlichkeiten für ein bestimmtes Szenario anzugeben, daher gelten alle Szenarien als gleich wahrscheinlich. Als ein Beispiel aus INKA BB können hier die Erläuterungen eines Interviewpartners angeführt werden, der in der hydrologischen Modellierung arbeitet. Die Arbeitsgruppe modelliert die zukünftige Gewässerentwicklung einerseits unter der Annahme einer gleichbleibenden Jahresmitteltemperatur, andererseits unter der Annahme einer Erhöhung um 2°C bis 2060. Innerhalb der Szenarien existieren statistische Unsicherheiten (siehe oben), jedoch ist es nicht möglich, statistische Aussagen darüber zu machen, welches der beiden Szenarien eintreffen wird – oder ob zum Beispiel auch eine Erhöhung der Jahresmitteltemperatur um 3°C stattfinden wird.

³ Für Informationen zu den Arbeitsgebieten der einzelnen Teilprojekte vgl. www.inka-bb.de

⁴ SWOT steht für die englischen Begriffe *strength*, *weaknesses*, *opportunities* und *threats*.

⁵ Diese Kategorisierung erscheint uns für den Kontext der transdisziplinären Klimaanpassung gut geeignet. Entsprechend der Breite des Forschungsfeldes zu Unsicherheit existieren jedoch noch zahlreiche andere Definitionen und Kategorisierungen von Phänomenen wie Unsicherheit, Nichtwissen, Ungewissheit etc. Vgl. z.B. Wehling (2006) für eine Einführung und einen Überblick über soziologische Ansätze. Für Ansätze aus anderen Disziplinen vgl. z.B. Beven (2010) für die Hydrologie, Mastrandrea et al. (2010) für den Umgang mit Unsicherheit im IPCC, Keil und Stieß (2007) für die transdisziplinäre Umweltforschung.

Erkanntes Nichtwissen umfasst (a) Wissenslücken, die durch weitere Forschung reduzierbar sind (ein Klimaforscher führte das Beispiel der zukünftigen Hagelentwicklung an: Darüber gab es lange Zeit aufgrund fehlender Daten keine Forschung, durch die Zusammenarbeit mit Versicherern wurden dann Daten verfügbar gemacht und das Nichtwissen konnte reduziert werden); und (b) nicht reduzierbare Unsicherheiten, die sich zum Beispiel durch die Unmöglichkeit der Vorhersage chaotischer Systeme ergeben. Die interviewten Klimaforscher wiesen explizit auf die „nicht-behebbarer Unsicherheit“ von nicht-linearen Systemen hin: hier kann prinzipiell nicht gewusst werden, wie sie sich in Zukunft verhalten werden. Ein weiteres Beispiel ist die Vorhersage von Extremereignissen: Wir wissen, dass sie mit fortschreitendem Klimawandel häufiger vorkommen werden; wann (und an welchem Ort) genau sie eintreten werden, kann jedoch nicht vorher gesagt werden.

Vollständiges Nicht-Wissen („unknown unknowns“) ergibt sich daraus, dass wir niemals alle möglichen (gesellschaftlichen) Entwicklungen absehen oder alle möglichen kausalen Beziehungen zwischen Faktoren kennen können. Hierfür kann es qua Definition kein konkretes Beispiel geben, allerdings wird an manchen Stellen der Interviews deutlich, dass sich die Interviewpartner der Möglichkeit eines vollständigen Nicht-Wissens über klimaanpassungsrelevante Phänomene bewusst sind. Auffallend ist hingegen, dass diese Kategorie vor allem von den Praxispartnern zur Sprache gebracht wird, nicht jedoch von Seiten der interviewten Klimaforscher.



Abb. 2: Dimensionen von Unsicherheit im Kontext des Klimawandels (eig. Darstellung nach Walker et al. 2003, zit. n. Dessai/von der Sluijs 2007)

2. Keine „strategische“ Nutzung von Unsicherheit als Ausrede zum Nicht-Handeln

Von den interviewten Klimaforschern wurde häufig die generelle Anklage erhoben, dass gesellschaftliche Akteure, insbesondere Politiker/innen, Unsicherheit als eine „Ausrede“ zum Nicht-Handeln benutzen. Ihrer Wahrnehmung nach werden die Unsicherheiten bezüglich des Klimawandels häufig viel größer und fundamentaler dargestellt, als sie aus klimawissenschaftlicher Sicht tatsächlich sind, um damit Maßnahmen zum Klimaschutz und zur Klimaanpassung zu verhindern. In unserer Studie wurden jedoch keine Anhaltspunkte dafür gefunden, dass dieses Phänomen einer strategischen Nutzung von Unsicherheit in INKA BB existiert. Vielmehr weisen unsere Ergebnisse darauf hin, dass proaktives Handeln unter Unsicherheit möglich ist, wenn der Wille der Akteure hierzu vorhanden ist.

3. Unterschiede im Umgang mit Unsicherheit zwischen Praxis und Wissenschaft

Bezüglich der unterschiedlichen Wahrnehmung und des Umgangs mit Unsicherheit von Seiten der verschiedenen Akteure in INKA BB ergibt sich folgendes Bild: Für die Wissenschaft – in unserer Untersuchung vertreten durch Hydrologie und Klimaforschung – ist der Umgang mit Unsicherheit ein methodisch implizites Element ihrer Arbeit. Diese wissenschaftliche Sichtweise kann als „deficit view“ verstanden werden, die auf die Eliminierung von Unsicherheit durch Quantifizierung abzielt (Petersen et al. 2011). Für Praxispartner – vertreten u.a. durch Landwirte, Förster, Mitarbeiter des Boden- und Wasserverbandes sowie regionaler Planungsgemeinschaften – sind Unsicherheiten des Klimawandels immer untrennbar mit Unsicherheiten anderer zukünftiger Entwicklungen verwoben, beispielsweise mit der Entwicklung der Rohstoffpreise auf dem Weltmarkt, der Entwicklung des Bergbaus in der Region Lausitz-Spreewald, den zukünftigen agrarpolitischen Richtlinien oder der demo-

grafischen Entwicklung. In Anlehnung an die oben dargestellte Kategorisierung verschiedener Arten von Unsicherheit kann die These aufgestellt werden, dass für die Praxispartner die Szenarien-Unsicherheit sowie das Nicht-Wissens über zukünftige gesellschaftliche Entwicklungen eine große Rolle spielt. Eine unter den Praxispartnern verbreitete Wahrnehmung ist, dass der Umgang mit Unsicherheit ein „Normalfall“ ihrer beruflichen Praxis darstellt, da sie permanent mit der Herausforderung konfrontiert sind, zukünftige Planungen auf Basis von unvollständigem Wissen zu machen und ggf. flexibel auf veränderte Bedingungen zu reagieren. Die mit dem Klimawandel verbundenen Unsicherheiten erscheinen ihnen zudem häufig unbedeutender als die Unsicherheiten anderer zukünftiger Entwicklungen.

Wird die Analyse weiter geführt, kann jedoch eine Differenzierung innerhalb der Praxispartner ausgemacht werden: Auf der einen Seite stehen bspw. Landwirte, Einzelpersonen und kleine Unternehmen, die in der Lage sind, Maßnahmen zur Klimaanpassung eigenständig umzusetzen und flexibel auf veränderte Rahmenbedingungen zu reagieren. Sie machen sich bei der Klimaanpassung das Prinzip „Egal was kommt...!“ zu eigen. Dieses Prinzip fokussiert weniger auf Projektionen über die zukünftigen klimatischen Rahmenbedingungen und eher auf eine generelle Erhöhung der Resilienz (Fichter et al. 2010; von Gleich 2008). Auf der anderen Seite stehen Behörden und Planungsstellen, die häufiger nach dem „Was wäre wenn...?“-Prinzip vorgehen. Um die Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen in (politische) Richtlinien zu erreichen, orientieren sie sich an dem Klimaszenario, das zum jeweiligen Zeitpunkt für das wahrscheinlichste gehalten wird, und brauchen hierfür möglichst sichere bzw. belastbare wissenschaftliche Aussagen (vgl. auch Weingart et al. 2008).

An dieser Stelle stellt sich die Fragen, welche Rahmenbedingungen flexibles Anpassen ermöglichen und welche es behindern könnten. Hierzu finden sich in den Interviews verschiedene Aussagen. Als Beispiel für mögliche Ausgangs- und Rahmenbedingungen, die flexible Anpassung erleichtern, wird in Bezug auf die Landwirtschaft zunächst die persönliche Biografie vorgeschlagen: Landwirte, die nach der Wende als Neu-Einrichter aus anderen Regionen Deutschlands nach Brandenburg kamen und unter neuen Bedingungen und im unsicheren Transformationsprozess hier einen Betrieb aufbauten oder einen alten Betrieb übernahmen und veränderten, verfügen bereits über Erfahrungen in der Anpassung an neue Bedingungen und könnten damit auch einen Vorteil haben, wenn betriebliche Veränderungen aufgrund klimatischer Bedingungen nötig werden. Als mögliche Hürden zur flexiblen Anpassung nennen die Interviewpartner/innen unter anderem (1) starre Fördervorgaben, die den tatsächlichen klimatischen Bedingungen nicht mehr angemessen sind (Forstwirtschaft), (2) die Notwendigkeit langfristiger Planung (z.B. Regionalplanung: Plan-Erstellung dauert lange, Plan gilt dann für lange Zeiträume), (3) Patente auf Pflanzen, die das Ausprobieren von neuen Sorten erschweren (Landwirtschaft), sowie (4) Zuständigkeiten, die außerhalb des persönlichen Tätigkeitsfeld liegen (z.B. ist der Bau von Bewässerungsgräben Aufgabe des Staates/Landes).

Schlussfolgerungen

Die Praxispartner in INKA BB erhoffen sich von der Klimawissenschaft Aussagen über zukünftige klimatische Trends, interessieren sich aber häufig nicht für detaillierte Erörterungen über Unsicherheiten. Ihre präferierte Herangehensweise ist eine flexible, adaptive Anpassung an den Klimawandel bzw. das Reagieren auf bereits wahrnehmbare Veränderungen. Ein solches flexibles und adaptives Vorgehen erscheint für manche Akteure bzw. Branchen und Sektoren jedoch einfacher als für andere.

Des Weiteren zeigt die Studie die neuen Herausforderungen, denen sich Wissenschaftler/innen in transdisziplinären Netzwerken gegenüber sehen: einerseits erfordert der wissenschaftlicher Anspruch, möglichst genaue Angaben zu den Unsicherheiten der wissenschaftlichen Aussagen zu machen und

gemäß diesem Anspruch wissenschaftlich Publikationen anzufertigen. Andererseits besteht der Anspruch der Praxispartner, Tendenzen und Handlungsvorschläge zu erhalten, die aussagekräftig und orientierend sind, ohne zu sehr in wissenschaftliche Details zu gehen. Die Zusammenarbeit mit der Praxis erfordert somit neue kommunikative und vermittelnde Kompetenzen, die neben dem eigenen Anspruch an wissenschaftliches Arbeiten zu erfüllen sind.

Literatur

- Beven, K. J. (2009): Environmental Modelling: An Uncertain Future? An Introduction to Techniques for Uncertainty Estimation in Environmental Prediction. New York, Routledge.
- Bonß, W. (2010): (Un-)Sicherheit als Problem der Moderne. In: H. Münkler, M. Bohlender und S. Meurer: Handeln unter Risiko. Gestaltungsansätze zwischen Wagnis und Vorsorge. Bielefeld, transcript, 33-63.
- Böschen, S. und P. Wehling (2010): Ambiguous Progress. Advisory and Regulatory Science between Uncertainty, Normative Disagreement and Policy-Making. *Science, Technology & Innovation Studies* 6 (2), 93-100.
- Dessai, S. und J. van der Sluijs, Jeroen. (2007): Uncertainty and Climate Change Adaptation - a Scoping Study. http://www.nusap.net/downloads/reports/ucca_scoping_study.pdf
- Die Bundesregierung (2008): Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel.
- Fichter, K., A. von Gleich, R. Pfriem und B. Siebenhüner (2010): Theoretische Grundlagen für erfolgreiche Klimaanpassungsstrategien. Projektkonsortium 'nordwest2050'. Bremen, Oldenburg, nordwest2050 Berichte Heft 1.
- Flick, U. (2002): Gruppenverfahren. Qualitative Sozialforschung. Eine Einführung. Reinbek, Rowohlt, 168-187.
- Gross, M. (2007): The Unknown in Process. Dynamic Connections of Ignorance, Non-Knowledge and Related Concept. *Current Sociology* 55 (5), 742-759.
- Grothmann, T., A. Daschkeit, C. Felgentreff, C. Görg, B. Horstmann, I. Scholz und V. Tekken (2011): Anpassung an den Klimawandel - Potenziale sozialwissenschaftlicher Forschung in Deutschland. *GAIA* 20 (2), 84-90.
- Hansson, S. O. (2002): Uncertainties in the knowledge society. *International Social Science Journal* 54 (171), 39-46.
- Hecht, D., N. Werbeck und M. Kersting (2011): Risiko & Co. Begriffe und Abgrenzungen.
- Keil, F. und I. Stieß (2007): Wissen, was wir nicht wissen: Umweltforschung als gesellschaftlicher Lernprozess. *GAIA* 16 (3), 193-199.
- Latour, B. (2008): Wir sind nie modern gewesen. Versuch einer symmetrischen Anthropologie. Frankfurt a. M., Suhrkamp.
- Lemos, M. C. und R. B. Rood, Richard B. (2010): Climate projections and their impact on policy and practice. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change* 1, 670-682.
- Mastrandrea, M. D., C. B. Field, T. F. Stocker, O. Edenhofer, K. L. Ebi, D. J. Frame, H. Held, E. Kriegler, K. J. Mach, P.R. Matschoss, G.-K. Plattner, G. W. Yohe und F. W. Zwiers (2010): Guidance Note for Lead Authors of the IPCC Fifth Assessment Report on Consistent Treatment of Uncertainties. IPCC Cross-Working Group Meeting on Consistent Treatment of Uncertainties. http://www.ipcc-wg2.gov/meetings/CGCs/Uncertainties-GN_IPCCbrochure_lo.pdf (Stand: 12.4.11).
- Merkens, H. (2008): Auswahlverfahren, Sampling, Fallkonstruktion. In: U. Flick, E. von Kardorff und I. Steinke: Qualitative Forschung. Ein Handbuch. Reinbek, Rowohlt, 286-209.

- Meuser, M. und U. Nagel (2005): ExpertInneninterviews - vielfach erprobt, wenig bedacht. ein Beitrag zur qualitativen Methodendiskussion. In: A. Bogner, B. Littig und W. Menz: Das Experteninterview. Theorie, Methode, Anwendung. Wiesbaden, VS Verlag, 71-93.
- nordwest2050 (2010): Zweiter Workshop Sozialwissenschaftliche Anpassungsforschung 11./12. Januar 2010, Oldenburg. Dokumentation.
- Oreskes, N. (2004): Science and public policy: what's proof got to do with it? *Environmental Science and Policy* 7 (5), 369-383.
- Petersen, A. C., A. Kath, M. Hage, E. Kunseler und J. P. van der Sluijs (2011): Post-Normal Science in Practice at the Netherlands Environmental Assessment Agency. *Science, Technology, & Human Values* 36 (2), 362-388.
- Renn, O., P.-J. Schweizer, M. Dreyer und A. Klinke (2007): Risiko. Über den gesellschaftlichen Umgang mit Unsicherheiten. München, Oekom.
- Sarewitz, D. (2004): How science makes environmental controversies worse. *Environmental Science and Policy* 7 (5), 385-403.
- van Pelt, S., D. Avelar, C. T. Lourenço, M. Desmond, M. Leitner, C. Nilsson und R. Swart (2010a): CIRCLE 2 Policy Brief. <http://www.circle-era.eu/> (Stand: 10.4.11).
- van Pelt, S., D. Avelar, C. T. Lourenço, M. Desmond, M. Leitner, C. Nilsson und R. Swart. (2011b): Communicate uncertainties - design climate adaptation measures to be flexible and robust.. Proceedings of CIRCLE-2 workshop on Uncertainties in Climate Change Impacts, Vulnerability and Adaptation, Stockholm, 11-12 November 2010. <http://www.circle-era.eu/>
- von Gleich, A. (2008): Resiliente Systeme. Möglichkeiten und Grenzen einer leitbildorientierten Technikgestaltung. Vortrag auf dem COAST-CENTOS-Forum. http://blog.coast.uni-oldenburg.de/wp-content/uploads/2008/08/arnim-von-gleich_resiliente-systeme-moeglichkeiten-und-grenzen-einer-leitbildorientierten-technikgestaltung.pdf (Stand: 28.4.11).
- von Winterfeld, U. und R. Schüle (2010): Anpassung an den Klimawandel. Von Risiken, Unsicherheit und Demokratie.
- Wehling, P. (2006): Im Schatten des Wissens? Perspektiven der Soziologie des Nichtwissens. Konstanz, UVK-Verlag.
- Weingart, P., A. Engels und P. Pansegrau (2008): Von der Hypothese zur Katastrophe. Der anthropogene Klimawandel im Diskurs zwischen Wissenschaft, Politik und Massenmedien. Opladen und Farmington Hills, Budrich.
- Zebisch, M., T. Grothmann, D. Schröter, C. Hasse, U. Fritsch und W. Cramer (2005): Klimawandel in Deutschland. Vulnerabilität und Anpassungsstrategien klimasensitiver Systeme. Umweltbundesamt.

Akteure und Konstellationen neuer Nutzungsformen von gereinigtem Abwasser – Ansätze für ein nachhaltiges Landmanagement im ELaN-Verbundvorhaben

Benjamin Nölting¹ und Katrin Daedlow²

¹Zentrum Technik und Gesellschaft, TU Berlin und Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde (FH)

²Humboldt-Universität Berlin

Zusammenfassung

Ausgangspunkt für das Verbundprojekt „Entwicklung eines integrierten Landmanagements durch nachhaltige Wasser- und Stoffnutzung in Nordostdeutschland“ – ELaN – ist die bisherige Praxis, gereinigtes Abwasser über Oberflächengewässer abzuleiten, womit es der Landschaft verloren geht. Angesichts zunehmender Trockenheit, sinkender Grundwasserstände und des Nährstoffbedarfs der Böden bietet sich die Nutzung von gereinigtem Abwasser an. Dies kann den regionalen Wasserhaushalt stabilisieren und zum Erhalt wertvoller Feuchtgebiete beitragen, auf denen Biomasse erzeugt werden kann. Im Verbundprojekt werden das ökotoxikologische Risiko der Abwasseraufleitung, daran anknüpfende Formen des Landmanagements und sozio-ökonomische Steuerungsformen für deren praktische Umsetzung untersucht. Der Beitrag erläutert den interdisziplinären Forschungsansatz des ELaN-Verbunds, bei dem neben den Wasser- und Stoffströmen auch die Landnutzung und deren sozioökonomische Steuerung in verschiedenen Disziplinen analysiert und deren Erkenntnisse sowie das Wissen relevanter Praxisakteure integriert werden.

Einleitung

Die Ausbringung von geklärtem Abwasser auf der Fläche ist in Deutschland aus Gründen des Grundwasserschutzes nicht erlaubt. Geklärtes Abwasser stellt jedoch eine interessante Ressource dar, deren Nutzung zusätzliche Optionen für ein nachhaltiges Landmanagement eröffnen könnte. Erstens könnte es zur Wertschöpfung auf Grenzertragsstandorten (z.B. Kurzumtriebsplantagen auf armen Böden an grundwasserfernen Standorten) oder für eine Vernässung von Niedermoorstandorten (z.B. für Paludikultur) genutzt werden. Die auf diese Weise produzierte Biomasse könnte einer energetischen und stofflichen Verwertung zugeführt werden. Zweitens könnte geklärtes Abwasser punktuell zur Stützung des Landschaftswasserhaushaltes beitragen, wenn ausreichende Mengen, wie z.B. im Raum Berlin, zur Verfügung gestellt werden. Drittens könnte durch die Ausbringung von geklärtem Abwasser auf die Fläche, als Alternative zur Einleitung in die Gewässer, die stoffliche Belastung von Oberflächengewässern verringert werden. Das bestehende Risiko der stofflichen Belastung wird aber dann vom Oberflächenwasser auf die Böden übertragen, wobei bei letzteren eine stärkere Schadstoff-Akkumulation angenommen werden kann. Demgegenüber könnten Böden und Pflanzen eine zusätzliche Reinigungsleistung erzielen, die gegebenenfalls kostengünstiger ist als andere Reinigungsverfahren. Viertens könnten die Rest-Nährstoffe im gereinigten Abwasser durch die Ausbringung auf landwirtschaftliche Flächen noch weiter verwertet werden.

Ziel des Verbundvorhabens ist es herauszuarbeiten, ob und wie technologische Innovationen im Bereich Wasser- und Nährstoffmanagement mit organisatorischen Innovationen für ein nachhaltiges Landmanagement gekoppelt werden können. Dies erfolgt zunächst exemplarisch an den beiden Untersuchungsstandorten: auf den ehemaligen Rieselfeldern Hobrechtsfelde im Norden Berlins Berlin und auf einer meliorierten Niedermoorfläche in Biesenbrow im Randwo-Welse-Bruch (Brandenburg), für die eine Genehmigung zur Ausbringung des gereinigten Abwassers vorliegen. Die Ergebnisse sollen

zu einer Systemlösung für den gesamten Untersuchungsraum Berlin und die beiden Brandenburger Landkreise Barnim und Uckermark weiterentwickelt werden.

Methoden: inter- und transdisziplinäre Vorgehensweise im ELaN-Verbund

Die Herausforderung des ELaN-Verbunds besteht erstens darin herauszuarbeiten, ob die Nutzung von gereinigtem Abwasser ökotoxikologisch vertretbar ist oder nicht. Falls ja, dann soll zweitens aufgezeigt werden, welche Landnutzungsformen sich daran anknüpfen lassen, und drittens ausgearbeitet werden, wie diese neuen Nutzungsformen sozio-ökonomisch in Wert gesetzt werden können. Dies erfordert viertens eine verbundübergreifende Wissensintegration, die auch Stakeholder und Betroffene aus der Praxis einschließt. Der ELaN-Verbund gliedert sich entsprechend in vier Themenbereiche (vgl. Abb. 1).

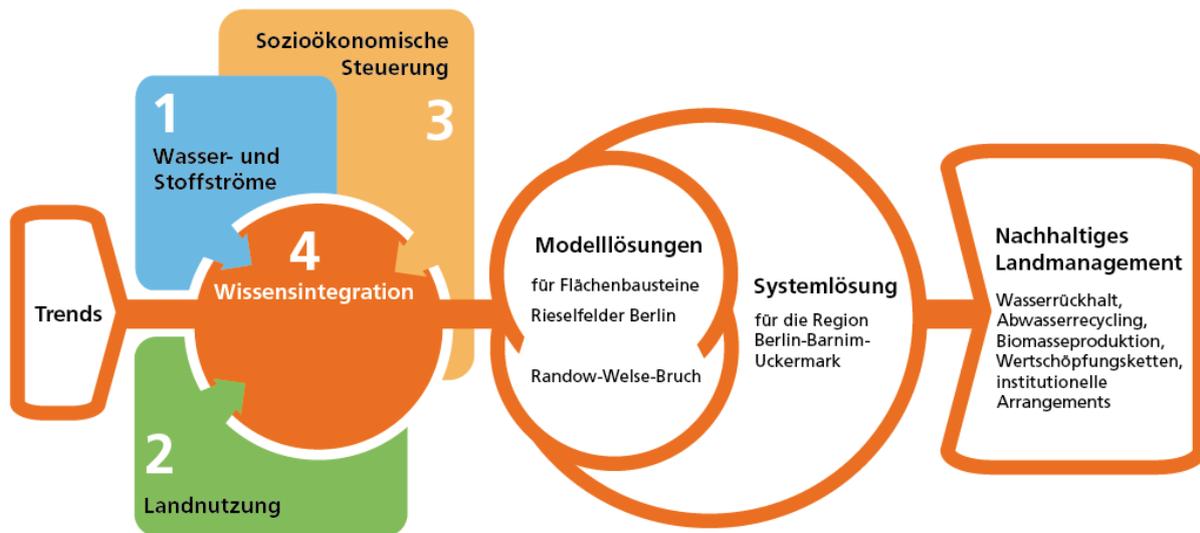


Abb. 1: Forschungsdesign und Vorgehensweise im ELaN-Verbund

Damit lassen sich methodisch-konzeptionell mindestens drei Ebenen im ELaN-Verbund unterscheiden: a) ein disziplinäres Vorgehen in den 14 Teilprojekten, b) eine interdisziplinäre Verknüpfung der Ergebnisse in den ersten drei Themenbereichen und c) die inter- und transdisziplinäre Wissensintegration über den gesamten Projektverbund in Themenbereich 4.

Das übergreifende methodische Vorgehen im ELaN-Verbund wird zunächst für den Themenbereich 4 „Wissensintegration“ am Beispiel der inter- und transdisziplinären Problembeschreibung erläutert. Nachhaltigkeitsforschung geht davon aus, dass unterschiedliche Wissensbestände und Perspektiven für die Bearbeitung komplexer Problemlagen wie Landmanagement benötigt werden. So wurden mittels der Methode der Konstellationsanalyse (Schön et al. 2007) in der ersten Projektphase ein gemeinsames Problemverständnis von Wissenschaft und Praxis erarbeitet. Die Konstellationsanalyse beruht auf einer Visualisierung von Konstellationsbeschreibungen, die zur Komplexitätsreduktion zwingt und gerade dadurch einen intensiven, übergreifenden Austauschprozess über das Problemverständnis befördert. So wurde in einem mehrstufigen Prozess zunächst im ELaN-Verbund interdisziplinär eine Kartierung der Konstellation auf den beiden Untersuchungsstandorten vorgenommen, die anschließend zunächst in Interwies mit Experten aus der Praxis weiterentwickelt und dann auf einem Workshop mit Stakeholdern spezifiziert und validiert wurden. Mit dieser Vorgehensweise konnte eine Viel-

falt von Themen- und Bedürfnisfeldern, die bei einem nachhaltigen Landmanagement berührt werden, berücksichtigt und in die Analyse integriert werden. Das Ergebnis zeigt, dass für beide Untersuchungsstandorte ähnliche rechtliche Rahmenbedingungen gelten und die Art der Abwasserbeseitigung vergleichbare negative Folgen aufweisen. Darüber hinaus gibt es je nach Flächentyp standortspezifische Unterschiede wie unterschiedliche Nutzungskonkurrenzen, Risiken und Verwertungsmöglichkeiten (Kröger et al. 2012).

Auf der Ebene der Themenbereiche wird am Beispiel der Akteursanalyse im Themenbereich 3 „Sozioökonomische Steuerung“ das interdisziplinäre Vorgehen dargestellt. Die Akteursanalyse erfolgte in enger Abstimmung mit den Teilprojekten des Themenbereichs und arbeitete mit Konzepten des akteurzentrierten Institutionalismus (Scharpf 2000) und der Netzwerkanalyse (Jansen 2006). Beide Ansätze stellen Akteure in den Mittelpunkt und setzen diese in Bezug zu anderen Akteuren sowie in den strukturellen Kontext des Handlungsfeldes. Dies erschien uns für die Exploration der Akteursstruktur bei der (potentiellen) Nutzung von geklärtem Abwasser angemessenen. Wir haben bewusst ein qualitatives Vorgehen bei der zunächst als offen und unbestimmt einzuschätzenden Akteursstruktur gewählt. Eine konzeptionelle Erweiterung in der Beschreibung der Akteurskonstellationen nehmen wir vor, indem wir das strategische Handeln der Akteure im Netzwerk mit den Eigenschaften ihrer ressourcenbezogenen Transaktionen (Hagedorn 2008) argumentativ verknüpfen. Wir gehen davon aus, dass diese besonderen Eigenschaften von gereinigtem Abwasser die Einstellung und das Handeln der Akteure bei einer potenziellen Nutzung maßgeblich beeinflussen.

Die Akteursanalyse erfolgte in vier Schritten. Im ersten Schritt wurde ein breites Screening von Akteuren im Handlungsfeld Wasser- und Landmanagement mit Fokus auf gereinigtes Abwasser in der Region Berlin-Brandenburg vorgenommen, die im Internet, in der Literatur und in bestehenden Netzwerken und Forschungsk Kooperationen recherchiert wurden. Im zweiten Schritt wurden sechs wichtige Akteursgruppen identifiziert und beschrieben. Im dritten Schritt wurde die Analyse auf diejenigen Akteure, die konkret oder potenziell mit der Nutzung von gereinigtem Abwasser auf den beiden Versuchsstandorten Hobrechtsfelde und Biesenbrow befasst sind, fokussiert. Es wurden Akteurskonstellationen und Konflikte dargestellt und die Akteure einem Pro- und Contra-Lager zugeordnet. Im vierten Schritt wurde der Untersuchungsfokus wieder ausgeweitet und die sechs Akteursgruppen und ihre Konstellationen im Kontext des übergeordneten Handlungsfeldes positioniert. Diese Akteurslandschaft wurde anhand von Allianzen, Hierarchien, Abhängigkeitsverhältnissen und Konfliktlinien analysiert sowie die gewählten Handlungsoptionen und Gestaltungsversuche beschrieben. Das Datenmaterial bestand aus der Auswertung von Sekundärmaterial, Beobachtungen im Untersuchungsgebiet (Exkursionen und Workshops mit Stakeholdern) sowie in 30 leitfadengestützten Interviews, die mit 36 Experten/-innen geführt wurden.

Ergebnisse und Diskussion: Die Akteurslandschaft im Wasser- und Landmanagement

Die Akteursanalyse gibt einen breiten Überblick über die Akteurslandschaft im Handlungsfeld „Wasser- und Landmanagement“ in der Untersuchungsregion Berlin-Barnim-Uckermark. Die genaue Kenntnis der Akteure, ihrer Interessen und Konstellationen ist die Voraussetzung dafür, praxistaugliche Handlungs- und Lösungsmodelle transdisziplinär zu entwickeln.

Als zentrale *Akteursgruppen* im Handlungsfeld wurden identifiziert:

1. Wasserwirtschaft: Wasserver- und Abwasserentsorgung produzieren gereinigtes Abwasser und haben Interesse an einer möglichen zusätzlichen und kostengünstigen Reinigungsleistung der Bodenpassage.

2. Landnutzung: Landwirte sind die wichtigsten potenziellen Nutzer von gereinigtem Abwasser. Die Bewässerung ist jedoch derzeit mit unüberschaubaren Risiken und Kosten verbunden.
3. Regulierung und Genehmigung: Als Verwaltungen sind die Landesministerien von Brandenburg und Berlin sowie die Unteren Wasserbehörden für die Regulierung der Wassernutzung entsprechend der gesetzlichen Vorgaben verantwortlich. Die Grundwasserverordnung verbietet die Ausbringung von gereinigtem Abwasser zunächst, eröffnet jedoch Ausnahmen beispielsweise für Forschungszwecke.
4. Wassermanagement in der Landschaft: Wasser- und Bodenverbände regulieren Wasserströme und Drainagen zum Zwecke der landwirtschaftlichen Nutzung. Sie stehen zwischen den Interessen von Landwirten/-innen und dem Naturschutz.
5. Umwelt- und Naturschutz: Umweltverbände und Umweltverwaltungen verfolgen als Ziel die Wiederherstellung eines regional ausgeglichenen Landschaftswasserhaushalts, u.a. durch eine Wiedervernässung degradierter Niedermoorstandorte. Sie sehen in der Nutzung von gereinigtem Abwasser eine mögliche Quelle, sind aber angesichts der Risiken für Böden und Grundwasser skeptisch.
6. Politik: Kommunal-, Kreis- und Landespolitik legt derzeit keine Priorität auf das Management des Landschaftswasserhaushalts und die Nutzung von gereinigtem Abwasser. Vielmehr verhält sie sich abwartend insbesondere beim Thema Abwasser wegen der damit verbundenen Kosten.

Mit Bezug auf diese Akteursgruppen wird nachfolgend am Beispiel des Untersuchungsstandorts Biesenbrow (Landkreis Uckermark) die *Akteurskonstellation* beschrieben. Dort ist eine Versuchsanlage von neun Hektar eingerichtet worden. Nach knapp 20 Jahren haben die Wasserbehörden eine Erlaubnis zur Ausbringung von gereinigtem Abwasser zu Forschungszwecken und mit hohen Auflagen u.a. an das Monitoring erteilt. Treibende Kraft war und ist der Wasser- und Bodenverband (WBV) „Welse“, der inzwischen Eigentümer der Versuchsanlage ist und der ein umfassendes Konzept für eine standortgerechte Landnutzung verfolgt. Eine Option kann dabei die Schilfproduktion auf vernässten Standorten für die energetische Nutzung sein. Der WBV wird unterstützt von Wissenschaftlern/-innen verschiedener Hochschulen und Forschungseinrichtungen. Ein weiterer Bündnispartner ist der regionale Abwasserzweckverband (ZOWA), der auf Tanklastern das gereinigte Abwasser nach Biesenbrow liefert. Die Risiken, die insbesondere in der Belastung von Böden und Grundwasser mit anthropogenen Spurenstoffen, die im gereinigten Abwasser verbleiben, bestehen, müssen noch wissenschaftlich abgeklärt werden. Die verantwortlichen Behörden müssen nach dem Besorgnisgrundsatz diese Risiken sehr ernst nehmen beim Erteilen einer Erlaubnis (MUGV 2010). Dies war ein Grund dafür, dass die Versuchsanlage erst seit kurzem im Betrieb ist. Eine weitere Konfliktlinie liegt in der unklaren Kostenverteilung. Neben der Klärung rechtlicher Rahmenbedingungen sind für die Etablierung neuer Landnutzungsformen Subventionen und langfristige Planungssicherheit wichtige Voraussetzungen.

Vor diesem Hintergrund kann die *Akteurslandschaft* im Handlungsfeld „Nutzung von gereinigtem Abwasser“ folgendermaßen beschrieben werden. Das Wasser- und Landmanagement in Nordostdeutschland steht vor einigen Herausforderungen wie extremen Wetterereignissen, einem partiellen Absinken des Grundwasserspiegels, Degradation von Böden allgemein und speziell von Niedermoorstandorten, Belastung von gereinigtem Abwasser mit gefährlichen anthropogenen Stoffen, der Verteilung von Kosten, konkurrierenden Landnutzungsansprüchen etc. In diesem Kontext kann die Nutzung von gereinigtem Abwasser neue Lösungs- und Nutzungsoptionen eröffnen und dazu dienen, bestehende Nutzungsmuster kritisch zu hinterfragen.

Es gibt einige Akteure, die seit vielen Jahren alternative Ideen der Ressourcennutzung verfolgen und damit versuchen, auf aktuelle Probleme im Land- und Wassermanagement zu reagieren. Diese trei-

benden Kräfte können als *Pioniere* der Anpassung eines unter Druck stehenden sozial-ökologischen Systems bezeichnet werden, die auf solche Probleme als erstes reagieren und Lösungswege aufzeigen wollen. Dabei spielen der Nachhaltigkeitsgedanke und die Idee des Stoffkreislaufs eine große Rolle. In Hobrechtsfelde erhoffen sich diese Akteure eine multifunktionale Inwertsetzung stofflich stark belasteter Flächen ehemaliger Rieselfelder. In Biesenbrow soll eine weitere Degradation des Torfkörpers auf meliorierten Niedermoorstandorten in Grünlandnutzung durch die Anhebung des Grundwasserspiegels und bei gleichzeitigem Anbau von Paludikulturen aufgehalten werden. Um diese Alternativen hin zu einem nachhaltigeren Wasser- und Landmanagement zu etablieren, müssen die Pioniere dabei sowohl Mitglieder ihrer eigenen Organisation bzw. Akteursgruppe als auch andere Akteursgruppen von der Machbarkeit der Ideen überzeugen. Die Einstellung insbesondere zur potenziellen Nutzung von geklärtem Abwasser innerhalb der einzelnen hier zunächst explorativ analysierten Akteursgruppen ist ambivalent, da das Thema mit einigen Risiken und offenen Fragen verbunden ist.

Die identifizierten Pioniere und Schlüsselakteure können als derzeitige *primäre Akteure* im Handlungsfeld gekennzeichnet werden. Die Pioniere sind dabei die Ausgangspunkte (ausstrahlende Knoten) im Netzwerk, die bereits eng mit regionalen und lokalen Akteuren koalieren, aber für die zukünftige Etablierung der Nutzungsalternative geklärtes Abwasser breitere Allianzen z.B. auf Bundes- und Landesebene benötigen. Solche derzeit noch *sekundären Akteure* befinden sich in der Politik, im Naturschutz und bei den Kommunen. Bisher sind die hier beschriebenen Innovationen vielen Akteure aus diesen drei Bereichen noch nicht bewusst. Insbesondere Politiker/-innen sind zurückhaltend bei den komplexen Themen geklärtes Abwasser und Landschaftswasserhaushalt, mit denen sich kaum politische Erfolge erzielen lassen. Im Naturschutzbereich gibt es vereinzelt Akteure auf unterschiedlichen Ebenen, die dem Thema bereits offen gegenüber stehen. In Hobrechtsfelde wird bereits eng mit Akteuren des Landschafts- und Naturschutzes zusammengearbeitet. Im lokalen bzw. regionalen Netzwerk um Biesenbrow fehlt dieser Akteur noch. Der Naturschutz wäre somit unter bestimmten Bedingungen ein unterstützender Akteur. Um Koalitionen mit Gemeinden zu etablieren, kommt es stark darauf an, welche Interessen diese verfolgen. Insgesamt ist die Interessenlage noch diffus und kann zum jetzigen Zeitpunkt schwer eingeschätzt werden. Für die Pioniere kommt es darauf an, innerhalb dieser sekundären Akteursgruppen unterschiedliche Interessen mit Hilfe starker Kommunikationsfähigkeiten und Hartnäckigkeit zu bündeln und Gegensätze auszubalancieren, wie sie es schon in den bisherigen Netzwerken tun. Dies könnte Vorbildwirkung für weitere potenzielle Nutzer/-innen haben.

Die Analyse der Akteurskonstellation zeigt, dass sich einzelne Akteure teilweise beträchtliche Spielräume innerhalb der bestehenden Strukturen und Organisationen geschaffen haben. Ihr Einfluss hängt aber von diversen Faktoren ab wie ihrer organisatorischen Einbindung, Entscheidungs- und Regulierungsbefugnis, ihren finanziellen und personellen Ressourcen und nicht zuletzt von der individuellen Überzeugungskraft oder dem Engagement der Akteure selbst. Wichtig ist zu unterscheiden, welche Akteure aus einem systemischen Ansatz heraus agieren und auf Überblickswissen bei ihren Entscheidungen zurückgreifen oder eher aus einer Perspektive nach vorrangigen Interessen zu einer Befürwortung oder Ablehnung der Innovation tendieren. Diese Blickwinkel entstehen oft aus der funktionalen Position der Akteure im sozial-ökologischen System heraus, insbesondere wenn eine verlässliche Wissensgrundlage zu bestimmten Nutzungsalternativen noch unzureichend und ungleich unter den Akteuren verteilt ist. Dazu kommt der entscheidende Punkt der Kostenverteilung als weitere Konfliktlinie. Hier ist zu beachten, wer Umweltqualitätsziele im Sinne des Allgemeinwohls oder Individualinteressen verfolgt und inwieweit bestimmte Akteursgruppen bzw. gesellschaftliche Gruppen bereit sind, höhere Kosten für eine bessere Umweltqualität zu bezahlen. Davon hängen nicht zuletzt die Anpassung bestehender Nutzungsmuster und die Durchsetzung von Veränderungen ab.

Insgesamt wurde deutlich, dass die Akteurskonstellation noch offen und unstrukturiert ist, weil gereinigtes Abwasser bislang nur in sehr geringem Umfang genutzt werden darf. Einzelne Akteure aus der Wasserwirtschaft, Wasser- und Bodenverbänden und der Wissenschaft treiben Modellversuche voran, während sich die Mehrzahl der Akteure angesichts des bislang ungesicherten Wissens bedeckt hält. Die Akteursanalyse macht Interessenlagen transparent, umreißt Handlungsrestriktionen und –spielräume und macht Bewertungsfragen einer Diskussion und Reflexion zugänglich. Diese alternative Nutzung bietet die Chance, quer zu bestehenden Konfliktlinien grundsätzliche Fragen eines nachhaltigen Wasser- und Landmanagements zu thematisieren und standortgerechte, kontextspezifische Lösungen zu entwickeln. Auf dieser Grundlage können in weiteren Projektverlauf praxistaugliche, sozial „robuste“ Modell- und Systemlösungen entwickelt werden.

Literatur

- Hagedorn, K. (2008): Particular requirements for institutional analysis in nature-related sectors. *European Review of Agricultural Economics* 35, 357–384.
- Jansen, D. (2006): Einführung in die Netzwerkanalyse. Grundlagen, Methoden, Forschungsbeispiele. 3. überarbeitete Auflage. Wiesbaden, VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Kröger, M. Rückert-John, J. Schäfer, M. (2012): Wissensintegration im nachhaltigen Landmanagement. Inter- und transdisziplinäre Problembeschreibung im Projektverbund ELaN. Müncheberg, ZALF (ELaN Discussion Paper, 2/2012).
- MUGV (Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz) (2010): Positionspapier - Verwendung von gereinigtem Abwasser für Maßnahmen zur Stabilisierung des Wasserhaushalts. Querschnittsaufgabe Wasserhaushalt. Potsdam, MUGV.
- Scharpf, F. W. (2000): Interaktionsformen. Akteurzentrierter Institutionalismus in der Politikforschung. Opladen, Leske + Budrich.
- Schön, S. Kruse, S. Meister, M. Nölting, B. Ohlhorst, D. (2007): Handbuch Konstellationsanalyse. Ein interdisziplinäres Brückenkonzept für die Nachhaltigkeits-, Technik- und Innovationsforschung. München, ökom.

„Wie und warum die Kommunikation von Klimaanpassung (keinen) Sinn macht.“

Stefan Roetzel

Dipl. Systemdesign, Center for Environmental Systems Research, Universität Kassel.

Zusammenfassung:

Eine Gemeinsamkeit der sieben in Deutschland operierenden KLIMZUG-Verbundprojekte ist, dass sie ihrer Aufgabenbeschreibung nach transformativ orientierte Forschungsverbände sind und vor der Aufgabe stehen, eine wirkungsvolle Wissenschafts-Praxis-Interaktion (WPI) für Anpassungsstrategien an den Klimaveränderungen modellhaft zu entwickeln. Unter WPI wird verstanden, dass die Systeme und Akteure aus der Wissenschaft und Forschung, der Wirtschaft und Politik und der Bildung an den dafür notwendigen Kommunikationsstrukturen und Prozessen mitwirken.

Während eines Workshops am ZALF im Mai 2012 diskutierten mehrere Vertreter aus den KLIMZUG Verbänden Erfahrungen über Kommunikationsmodelle und -formate für jene „kommunizierende Klimaanpassungsforschung“. Die Thesen sind Teil einer gemeinsamen Systematisierung mit der Projektkoordination KLIMZUG-Nordhessen, Kenneth Anders (INKA BB), Torsten Grothmann (Nordwest 2050) und Jürgen Schaper (KLIMZUG-Nord). Der Autor wird einige der wesentlichen Diskussionsstränge daraus vorstellen.

Herausforderungen der inter- und transdisziplinären Verständigung in Forschungsprojekten des nachhaltigen Landmanagements am Beispiel ELaN

Melanie Kröger, Jana Rückert-John, Martina Schäfer

Zentrum Technik und Gesellschaft, TU Berlin

Zusammenfassung

Gesellschaftliche Probleme – wie etwa die künftige Energieversorgung, Mobilität, Ernährung und Landnutzung – können in ihrer Vielschichtigkeit und ihren komplexen Wechselwirkungen sinnvollerweise nur inter- und transdisziplinär erforscht werden, um auf dieser Grundlage zu umsetzungsrelevantem Wissen zu gelangen. Unter Transdisziplinarität wird ein Forschungstyp verstanden, der sich auf gesellschaftlich diskutierte Probleme bezieht, zu deren Lösung zumeist die Kooperation mit Praxisakteuren erforderlich ist. Im Unterschied zum Transfer wissenschaftlicher Ergebnisse im Anschluss an ein Forschungsprojekt stellt die Kooperation unterschiedlicher Disziplinen sowie zwischen Wissenschaft und Praxis im gesamten Projektverlauf eine große Herausforderung dar. Sie wirft insbesondere methodische Fragen auf, die bislang noch unzureichend diskutiert wurden.

Der Tagungsbeitrag stellt das inter- und transdisziplinäre Wissensmanagement des Projekts ELaN vor und reflektiert die bisherige Arbeitsweise. Den Kern dieser Arbeit stellt das mit Hilfe der Konstellationsanalyse erstellte gemeinsame Problemverständnis dar, das eine wesentliche Grundlage für den weiteren Forschungsprozess bietet.

Einleitung

Nachhaltiges Landmanagement berührt eine Vielzahl von Themen, Bedürfnisfeldern und dazugehörigen Akteuren. So zielt das Verbundprojekt ELaN auf die Verknüpfung technologischer Neuerungen im Bereich Wasser- und Nährstoffmanagement mit organisatorischen Innovationen für ein nachhaltiges Landmanagement sowie Formen innovativer sozioökonomischer Steuerung für die Umsetzung und Verwertung kombinierter Lösungen. Im Projekt wird versucht, die Tragfähigkeit und Nachhaltigkeit der erarbeiteten Lösungen durch ein inter- und transdisziplinäres Wissensmanagement sicherzustellen. Aufgabe dieses Managements ist die problembezogene Integration des Wissens verschiedener Disziplinen und der Einbezug von Praxiswissen in die Entwicklung umsetzungsrelevanter Handlungsstrategien.

Der Tagungsbeitrag basiert auf einer Auswertung und systematischen Reflexion des bisherigen Wissensmanagements im Projekt und reflektiert die Arbeit der ersten anderthalb Projektjahre des für das Wissensmanagement zuständigen Teilprojektes. Zum Einsatz kam eine Reihe von Methoden und Instrumenten, mit denen erste Integrationsschritte geleistet wurden. So wurde in einer ersten Phase versucht, Einigkeit über die Beschreibung der Probleme zu erzielen, mit denen sich ELaN beschäftigt bzw. Transparenz über verschiedene Problemsichten herzustellen. Hierfür wurde die Konstellationsanalyse als Methode genutzt und verschiedene Formen des Austauschs sowie der Diskussion gewählt. Dieser kommunikative Prozess wird im Beitrag kritisch reflektiert.

Inter- und transdisziplinäres Wissensmanagement

In der Nachhaltigkeitsforschung besteht weitgehend Einigkeit darüber, dass disziplinär organisierte Wissenschaft gesellschaftliche Probleme meist nicht hinreichend bearbeiten kann. Ausgangspunkt dieser Überlegung ist, dass komplexe, gesellschaftlich verursachte Probleme sich nicht nach der Einteilung der herkömmlichen Disziplinen richten, sondern zu ihrer Lösung eine an diesen Problemlagen orientierte Ordnung des Wissens notwendig macht (Mittelstraß, 1987). Wird ein Forschungsinteresse orientierend an Alltagsproblemen formuliert, müssen sich die daran beteiligten Disziplinen neu organisieren. Brückenschläge zwischen verschiedenen Wissenschaftssprachen, -logiken und -methoden sind hierzu notwendig. Neben der interdisziplinären Bearbeitung wird auch die Integration von Praxiswissen als erforderlich für die Erarbeitung umsetzungsorientierter Handlungsstrategien und deren Realisierung angesehen (Ropohl 2005; Hirsch Hadorn et al. 2002; Brand 2000; Bergmann et al. 2010).

Das durch das BMBF geförderte Projekt ELaN („Entwicklung eines integrierten Landmanagements durch nachhaltige Wasser- und Stoffnutzung in Nordostdeutschland“)⁶ zeichnet sich durch hohe Umsetzungsorientierung und Praxisrelevanz aus und verfolgt daher einen inter- und transdisziplinären Ansatz. Dieser integrierte Zugang ist bereits in der Bekanntmachung zur Fördermaßnahme „Nachhaltiges Landmanagement“ angelegt. Das Programm formuliert das Ziel, bislang tendenziell getrennte Forschungsstränge aus Naturwissenschaft und Technik sowie Wirtschafts- und Sozialwissenschaften im Rahmen themenverwandter Fragestellungen zu integrieren. Darüber hinaus zielt die Fördermaßnahme explizit darauf ab, Wissen zu generieren, das von regionalen Akteuren direkt aufgegriffen werden kann. Hierzu ist laut Ausschreibung des BMBF der Einbezug relevanter Entscheidungs- und Handlungsträger in den Prozess der Wissensgenerierung notwendig.⁷

Die Integration heterogener Wissensbestände ist voraussetzungsreich, da sie mehr ist als das summarische Zusammenfügen der Forschungsergebnisse am Ende eines Projektes. Wissensintegration ist ein aktiver Prozess, der von Beginn an geplant und aktiv gestaltet werden muss. Die Integration von Wissen kann daher als eine Art Synthese verstanden werden, die wiederum im Prozess der Integration neues Wissen generiert (Defila et al. 2006).

Strukturelle Verankerung des inter- und transdisziplinären Wissensmanagements

Die im Projekt anvisierten Innovationen berühren Technologien, Regelungen, Praktiken und Denkweisen wasser-, land- und energiewirtschaftlichen Handelns. Dies stellt eine Reihe von Herausforderungen an die natur-, technik- und sozialwissenschaftliche Forschung. Zudem erfordert es eine breit gefächerte, aber eng verflochtene Forschungsprogrammatische, die im Forschungsvorhaben durch vier Bereiche abgebildet wird (siehe Abb. 1). Während die Themenbereiche 1 und 2 auf die naturwissenschaftlichen und technischen Aspekte der alternativen Land- und Abwassernutzung fokussieren, behandelt Themenbereich 3 die sozio-ökonomischen Aspekte. Für die Konzeption multiperspektivischer Ansätze ist es notwendig, Schnittstellen zwischen den verschiedenen Disziplinen, Problembereichen sowie zwischen Wissenschaft und Praxis zu identifizieren.

Der Themenbereich 4 hat, quer zu den drei thematischen Themenbereichen, eine konzeptionell-methodische Ausrichtung. Er fungiert als inter- und transdisziplinäre Schnittstelle zwischen den Themenbereichen und Teilprojekten, um eine Integration der heterogenen Wissens- und Kompetenzfelder zu ermöglichen. Eine solche Struktur, die der Wissensintegration eine zentrale Position und Rolle beimisst, bildet bislang in der Forschungspraxis – auch in den anderen Projekten des BMBF-Schwerpunkts Nachhaltiges Landmanagement – eher die Ausnahme denn die Regel.

Dieser Themenbereich hat die Aufgabe, die für die Beantwortung der gemeinsamen, das Projekt leitenden Fragestellung relevanten (Zwischen-) Ergebnisse zusammenzuführen und zu bündeln, diese ggf. für die jeweils anderen beteiligten Partner und Disziplinen zu „übersetzen“ und nach Anschlüssen zu suchen, um so schließlich die Ergebnisse problemorientiert zu integrieren.

⁶ BMBF-Förderschwerpunkt Nachhaltiges Landmanagement, Laufzeit: 2011 bis 2015; Gesamtkoordination: Prof. Dr. Gunnar Lischeid (Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung). Weitere Informationen: www.elan-bb.de

⁷ <http://www.bmbf.de/foerderungen/13138.php>



Abb. 1: Forschungsdesign und Vorgehensweise im ELaN-Verbund

Methodisches Konzept des inter- und transdisziplinären Wissensmanagements

Im Prozess der Wissensintegration lehnen wir uns an die von Bergmann et al. (2010) empfohlenen Schritte an: Gemeinsame Problem- und Zielbeschreibung; Formulierung eines gemeinsamen theoretischen Rahmens; Ableitung von Teilfragestellungen, die disziplinär bearbeitet werden können; Abstimmung der eingesetzten Methoden; Synthese der Ergebnisse; Transfer in die Praxis. Die Herausforderungen der Wissensintegration stellen sich während des gesamten Projektverlaufs. Die Schritte sind nicht streng hierarchisch angelegt und nicht als strikte Abfolge von einzelnen, klar abgrenzbaren Phasen zu verstehen. Wissensintegration ist ein rekursiver, iterativ-reflexiver Prozess, der Lernprozesse und Rückkopplungen, etwa durch die Anwendung verschiedener Instrumente und das Feedback aus Evaluierungen, ermöglicht (Rogga et al. 2012: 23).

Im Vortrag werden zentrale Instrumente der inter- und transdisziplinären Wissensintegration des Projektes ELaN kurz vorgestellt und reflektiert: die gemeinsame Zielbeschreibung, der Abgleich der jeweiligen Zeitpläne und Meilensteine, die Erstellung integrativer Produkte sowie die gemeinsame Problembeschreibung, die den Kern der bisherigen Wissensintegration darstellt, da sich die weiteren Schritte hiervon ableiten. Ein gemeinsam getragenes Problemverständnis stellt eine wesentliche Grundlage für den weiteren Forschungsprozess, insbesondere für die problemorientierte Integration des Wissens und die Wissenssynthese, dar.

Für die Wissensintegration sind geeignete methodische Instrumente notwendig. Die Konstellationsanalyse stellt ein solches Instrument dar. Sie hilft, unterschiedliche Problemsichten, Wissensbestände und Lösungsansätze aufeinander zu beziehen und dient so der inter- und transdisziplinären Verständigung. Die Konstellationsanalyse wird auch als Brückenkonzept bezeichnet, um die verschiedenen disziplinären und nicht-wissenschaftlichen Perspektiven zu verbinden (Schön et al. 2007).

Aus der Reflexion der bislang angewandten Methoden und Instrumente und der bisherigen Arbeitsschritte ergibt sich eine Reihe von Herausforderungen für die Wissensintegration in inter- und transdisziplinären Projekten. Diese Herausforderungen sind vor allem kommunikativer Art und betreffen sowohl die Abstimmung zwischen den beteiligten Disziplinen wie auch den Einbezug von Praxisakteuren in den Forschungsprozess.

Reflexion der ersten Phase im Projekt ELaN: Herausforderungen der inter- und transdisziplinären Verständigung

Nach den ersten anderthalb Jahren des Projektes ELaN stellt sich die Frage: Kann durch inter- und transdisziplinäres Wissensmanagement ein Mehrwert erzeugt werden, der über die Addition von

Teilergebnissen hinausgeht? Was sind die Herausforderungen eines solchen Wissensmanagements und in welchem Verhältnis stehen Aufwand und Ertrag dieses Prozesses?

Es wäre verfrüht, diese Fragen zum jetzigen Zeitpunkt eindeutig beantworten zu wollen. Wir möchten im Folgenden aber beginnen, sie mit einigen Thesen zu reflektieren.

1. Inter- und transdisziplinäres Wissensmanagement ist sehr voraussetzungsreich. Es braucht angemessene **Strukturen und ausreichend Ressourcen**. Sie ist kein Selbstläufer und kann nebenbei kaum befriedigend erledigt werden. Klare Zuständigkeiten, „Standing“ und Unterstützung durch die Projektleitung sind wichtig.
2. **Akzeptanz** innerhalb des interdisziplinären Teams ist die Grundvoraussetzung für ein befriedigendes Wissensmanagement.
3. Der Versuch, komplexe Wissensbestände für andere Disziplinen anschlussfähig zu machen, steht bisweilen unter dem Verdacht, **unterkomplexe Ergebnisse** zu generieren. Die Balance zwischen Fokussierung (Gefahr der Vereinfachung) und nicht bewältigbarer Komplexität stellt eine Herausforderung dar.
4. Hinsichtlich des Einbezugs von Praxisakteuren stellen sich unterschiedliche Herausforderungen: unterschiedliches **Vorwissen, Ressourcen, Einfluss**, mitunter das Problem der Überforschung bestimmter Regionen, sowie möglicherweise zufällige und/oder wechselnde Zusammensetzung der Akteursgruppe. Letztlich stellt sich die Frage nach der Legitimation einzelner Vertreter/innen (etwa von Verbänden, Ministerien, Berufsgruppen).
5. Wissensintegration ist zeitintensiv. Insbesondere bedarf es zusätzlichen Abstimmungsaufwands. Ein nicht zu unterschätzender Faktor ist das **Zusatzengagement**, das MitarbeiterInnen – neben ihrer „eigentlichen“, also der disziplinären Arbeit – abverlangt wird.
6. Ein solches Wissensmanagement bedeutet für alle ein Mehr an **Kommunikation** und die Bereitschaft, sich auf andere Disziplinen einzulassen. Jede/r Einzelne ist herausgefordert, sich zu erklären, ungleich mehr als in einem disziplinären Projekt, in dem man davon ausgehen kann, dass die eigene Sprache und das eigene Denken ohne weiteres verstanden werden. Dies fordert heraus und stellt die eigenen Gewissheiten möglicherweise auf den Prüfstand.
7. Die interdisziplinäre Abstimmung eines gemeinsamen Problemverständnisses schafft projektintern eine gemeinsame Ausgangsbasis. Dieser Schritt ist keineswegs banal, da wissenschaftliche Disziplinen und gesellschaftliche Akteure über je eigene Handlungslogiken verfügen und komplexe gesellschaftliche Probleme nicht per se und objektiv existieren. Die Beteiligten müssen prinzipiell bereit sein, eine **Relativierung** der jeweiligen Perspektive zu akzeptieren.
8. Die Anwendung von Methoden der inter- und transdisziplinären Wissensintegration trifft auf Zustimmung und hat zweifellos **Denkanstöße** zur Folge. Die Verbindlichkeit der erzielten gemeinsamen Ergebnisse für die einzelnen Wissenschaftler/innen und Teilprojekte erweist sich erst im weiteren Verlauf des Projekts.
9. Jenseits des jeweiligen projektspezifischen Mehrwerts und in einer mittel- bis langfristigen Perspektive führen inter- und transdisziplinäre Projekte zu einer Veränderung der **Wissenschaftskultur**.

Literatur

- Bergmann, M., Jahn, Th., Knobloch, T., Krohn, W., Pohl, C., Schramm, E. (2010): Methoden transdisziplinärer Forschung. Ein Überblick mit Anwendungsbeispielen. Frankfurt a.M., campus.
- Kröger, M. Rückert-John, J. Schäfer, M. (2012): Wissensintegration im nachhaltigen Landmanagement. Inter- und transdisziplinäre Problembeschreibung im Projektverbund ELaN. Müncheberg, ZALF (ELaN Discussion Paper, 2/2012).

- Rogga, S., Weith, Th., Müller, K. (2012): Inter- und Transdisziplinarität im Nachhaltigen Landmanagement. Definitionsansätze, Potenziale und Handlungsrahmen. München, ZALF (Diskussionspapier Nachhaltiges Landmanagement, Nr. 1, August 2012).
- Schön, S. Kruse, S. Meister, M. Nölting, B. Ohlhorst, D. (2007): Handbuch Konstellationsanalyse. Ein interdisziplinäres Brückenkonzept für die Nachhaltigkeits-, Technik- und Innovationsforschung. München, ökom.
- Mittelstraß, J. (1987): Die Stunde der Interdisziplinarität. In: Kocka, J. (Hrsg.): Interdisziplinarität. Praxis – Herausforderung – Ideologie. Frankfurt/M, Suhrkamp, S. 152-158.
- Ropohl, G. (2005): Allgemeine Systemtheorie als transdisziplinäre Integrationsmethode. In: TATup. Technikfolgenabschätzung. Theorie und Praxis. Nr. 2, S. 24-31.
- Hirsch Hadorn, G., Hoffmann-Riem, H., Biber-Klemm, S., Grossenbacher-Mansuy, W., Joye, D., Pohl, C., Wiesmann, U., Zemp, E. (Hrsg. 2002): Handbook of Transdisciplinary Research, Heidelberg: Springer.
- Brand, K. (2000): Nachhaltigkeitsforschung. Besonderheiten, Probleme und Erfordernisse eines neuen Forschungstyps. In: Brand, K.-W. (Hrsg.): Nachhaltige Entwicklung und Transdisziplinarität. Besonderheiten, Probleme und Erfordernisse der Nachhaltigkeitsforschung. Berlin: Analytica (Angewandte Umweltforschung; 16), S. 9-28.
- Defila, R., Di Giulio, A., Scheuermann, M. (2006): Forschungsverbundmanagement. Handbuch für die Gestaltung inter- und transdisziplinärer Projekte. Zürich: vdf.

Inter-transdisziplinäre Forschung - Wissenschaft im Spagat. Methodische und strukturelle Herausforderungen aus sozialwissenschaftlicher Perspektive.

Frank Sondershaus

Institut für Regionalentwicklung und Strukturplanung, Erkner, Deutschland

Unter inter- und transdisziplinärer Forschung werden nach Rogga et al. (2012) zumeist „problemorientierte Forschungspraktiken“ verstanden. Während Interdisziplinarität die Integration mehrerer wissenschaftlicher Disziplinen herausstellt, betont Transdisziplinarität die Einbindung nichtwissenschaftlicher Akteure im Sinne einer partizipativen, Praxisakteure integrierenden Forschungspraxis. Transdisziplinäre Wissenschaft arbeiten demnach implementierungsorientiert zu gesellschaftsrelevanten Problemstellungen und soll praxistaugliche Lösungen entwickeln. Im Zuge dessen werden die beteiligten Wissenschaftler selbst Teil der problemrelevanten Akteurskonstellation.

Gegenwärtig verfolgen mehrere große Forschungsinitiativen (z.B. FONA oder KLIMZUG) inter- und transdisziplinäre Ansätze. Im FONA Rahmenprogramm wird der Ausbau von Inter- und Transdisziplinarität als ein zentrales forschungspolitisches Instrument genannt, um „Lösungen für eine zukunftsfähige Gesellschaft“ zu entwickeln. Diesbezüglich wird festgestellt: „Damit Forschung ihren vollen Nutzen entfalten kann, werden alle relevanten Gesellschaftsgruppen eingebunden. Das bedeutet Transdisziplinarität.“ (www.fona.de). Als Ziel der KLIMZUG Fördermaßnahme wird formuliert „das Bewusstsein für die Notwendigkeit zur Klimaanpassung in unserer Gesellschaft zu verankern (...) Um Anpassung schließlich in handhabbare Lösungen umsetzen zu können, werden (...) tragfähige Netzwerke zwischen Politik, Verwaltung, Wirtschaft, Wissenschaft und den Bürgern aufgebaut.“ (DIW 2011).

Vor dem Hintergrund der großen Erwartungen, die in die Transdisziplinarität von Forschungsprojekten gesetzt werden und der wachsenden Bedeutung transdisziplinärer Forschungspraxen ist es notwendig methodische und normative Implikationen – für die Rolle des einzelnen Wissenschaftlers sowie für der Wissenschaft an sich – theoretisch und praktisch zu reflektieren. Anregungen für eine solche Reflexion bietet N. Luhmann, der sich in „Die Wissenschaft der Gesellschaft“ (1992, 640ff.) theoriegeleitet mit der gesellschaftlichen Rolle anwendungsbezogener, transdisziplinärer Forschung und daraus resultierenden Problemen auseinandersetzt. Folgende Aspekte dieser Ausführungen können aus forschungspraktischer Sicht hervorgehoben, in entsprechenden Projekten reflektiert und konzeptionell berücksichtigt werden:

- Um nicht an der Zielgruppe „vorbeizuproduzieren“ müssen deren Werte, Normen und Interessen von Akteuren berücksichtigt werden.
- Wissenschaftliches Wissen und Forschungsergebnisse müssen vereinfacht kommuniziert werden.
- Die Sicherheit des generierten wissenschaftlichen Wissens ist in implementierungsorientierten (politisch/administrativen) Entscheidungsprozessen von wesentlicher Bedeutung.
- Da Wissen und wissenschaftliche Produkte nicht unter Laborbedingungen, sondern im Kontext komplexer sozialer und ökologischer Systeme implementiert werden, wachsen mit dem Umset-

zungsbezug auch wissenschaftliche Unsicherheiten. Die verstärkte Kommunikation bestehender Unsicherheiten kann zu einem Autoritätsverlust der Wissenschaft in der Gesellschaft führen.

- Politik ist mehr an Daten als an Entscheidungsvorschlägen interessiert.
- Durch Theorie wird Distanz zum Untersuchungsgegenstand gewonnen. In transdisziplinären Projekten ist die Beobachterrolle wissenschaftlicher Akteuren stark eingeschränkt oder gar aufgelöst.
- Aufgrund der Untertheoretisierung interdisziplinärer Forschung bleibt diese episodisch auf Projekte beschränkt.
- Transdisziplinäre Forschung versucht Probleme durch den zielgerichteten Einsatz von Wissenschaft zu „therapieren“. Dabei ist die Reichweite von Wissenschaft als gesellschaftlicher Therapie begrenzt und kaum steuerbar.
- Die Wissenschaft kann eine Gesellschaft nicht steuern – und das soll sie auch nicht.

Literatur:

DIW (2011): Klimawandel in Regionen. Anpassungsstrategien für sieben Regionen. Online:
<http://www.klimzug.de/img/article/KLIMZUG-Broschuere.pdf>).

Luhmann, N. (1992) Die Wissenschaft der Gesellschaft. Frankfurt a.M., Suhrkamp Taschenbuch Wissenschaft.
Rogga, S.; Weith, Th.; Müller, K. (2012): Inter- und Transdisziplinarität im nachhaltigen Landmanagement. Definitionsansätze, Potenziale und Handlungsrahmen. Nachhaltiges Landmanagement Diskussionspapier Nr. 1. ZALF (Hg.).

Die Landschaftswerkstatt Wasser Uckermark Barnim. Erfahrungen in einem kulturlandschaftlichen Diskurs.

Lars Fischer und Kenneth Anders

Büro für Landschaftskommunikation, Eberswalde, Deutschland

Zusammenfassung

Wasser ist das Lebenselixier jeder Landschaft. Veränderungen im Landschaftswasserhaushalt, wie sie im Zusammenhang mit dem Klimawandel prognostiziert werden, haben daher Auswirkungen auf die Entwicklungsspielräume einer Region. Sie können Kooperationen stiften oder in Konkurrenzen führen. Zuviel Wasser in der Landschaft oder zu wenig; beides wird zunehmend zu einer Herausforderung werden. Wer sie schultern will, benötigt Kommunikation und Wissenstransfer, denn nachhaltige Lösungen für eine Anpassung regionaler Wassereinzugsgebiete an sich ändernde klimatische Rahmenbedingungen sind auf das relevante Wissen und das Zusammenspiel der landschaftsprägenden Akteure angewiesen. Ohne eine gezielte öffentliche Auseinandersetzung und eine klare Wahrnehmung der vielgestaltigen landschaftlichen Bindungen von Nutzern und Bewohnern wird der gesellschaftliche Rückhalt für die nötigen Veränderungen, etwa einen besseren Wasserrückhalt in der Landschaft, schwer zu erreichen sein.

Dieser kulturlandschaftlichen Auseinandersetzung in der Region Uckermark-Barnim ist die Landschaftswerkstatt Wasser verpflichtet, die 2010 ihre Arbeit aufnahm und 2014 beenden wird. Sie soll dem notwendigen regionalen Diskurs zur Anpassung des Landschaftswasserhaushaltes Impulse geben und ihn systematisch begleiten. Die Landschaftswerkstatt ist eingebettet in das Innovationsnetzwerk Klimaanpassung Brandenburg Berlin, kurz INKA BB.

Der folgende Beitrag erläutert die methodische Herangehensweise der Landschaftswerkstatt Wasser als ein Modul für die Kommunikation und den Wissenstransfer in landschaftsbezogenen Forschungsvorhaben, stellt wesentliche Zwischenergebnisse und Produkte vor, reflektiert in Form von Thesen die identifizierten Handlungsspielräume und gibt einen Ausblick auf die ausstehenden Arbeiten in der Landschaftswerkstatt.

Wenige Worte zur Einleitung

Gewässerreich und wasserarm – dieses Spannungsfeld charakterisiert den Landschaftswasserhaushalt in der Region Uckermark-Barnim. Gewässerreich: Die erdgeschichtlich junge, in der letzten Eiszeit geprägte Landschaft verdankt den Schmelzwässern der abtauenden Gletscher ihre vielen Seen und Kleingewässer, die vorrangig über Niederschläge gespeist werden und langfristig verlanden. Wasserarm: Mit Niederschlagsmengen von jährlich um die 500 Liter je m² gehört vor allem der Nordosten der Region zu den niederschlagsärmsten Gebieten Deutschlands. Dieses Spannungsfeld wird sich voraussichtlich verstärken. Die Klimaszenarien der Wissenschaft gehen für Brandenburg von einem Rückgang der Niederschläge von rund 40 Liter je m² in der Jahressumme bis 2055 aus. Außerdem scheint sich die jahreszeitliche Verteilung zuzuspitzen: Feuchtere Winter werden von trockeneren Sommern abgelöst, in denen es öfter kurz und heftig regnet. Eine um rund 1,5° C höhere Jahresdurchschnittstemperatur führt zu höheren Verdunstungen (vgl. Gestengrabe et. al., 2003 und LUA Brandenburg, 2010).

Diese Veränderungen im Wasserhaushalt und im Klima werden die Landschaft verändern: Die Wasserversorgung der Böden als dem Hauptproduktionsmittel der Land- und Forstwirtschaft wandelt sich,

die Landwirtschaft sucht nach neuen Anbaumethoden, Landmaschinen und Absatzmärkten für neuartige Produkte, die Forstwirtschaft vermindert ihr Risiko durch die Entwicklung möglichst artenreicher klimaplastischer Wälder, aus Sicht des Naturschutzes wertvolle Lebensräume verschieben sich oder verschwinden, Arten wandern aus und ein, Einschränkungen bei Wassermenge und Wasserqualität in den Gewässern wirken sich auf den Tourismus und die Fischerei aus. Vollgelaufene Keller, nasse Wiesen, Schlammlawinen auf den Straßen und lange Trockenperioden stellen für Nutzer und Bewohner der Region eine Herausforderung dar. Sie müssen sich und ihre Landnutzungen anpassen. Die Meliorationssysteme zur gewohnten Ent- und Bewässerung der Böden sind davon ebenso betroffen wie der Hochwasserschutz.

Ein aktiver und steuernder Umgang mit dem Wasser ist immer schon Teil der brandenburgischen Kultur und wird sich noch weiter verstärken. Zugleich gehört jedoch die gezielte Aufnahme natürlicher Dynamik innerhalb der Kulturlandschaft zu den Lernaufgaben der Zukunft. Die Landschaftswerkstatt Wasser Uckermark Barnim will dem hierfür in der Planungsregion Uckermark-Barnim notwendigen kulturlandschaftlichen Diskurs Impulse und Anregungen geben. Die Grundlagen dafür wurden am Beispiel des Wassereinzugsgebietes der Welse in der östlichen Uckermark erarbeitet.

Methodischer Hintergrund

Landschaft ist ein Produkt verschiedener Aneignungsweisen und ein von verschiedenen Akteuren geteilter Raum. Will man ihr gerecht werden, sind vielfältige Methoden und Instrumente nötig. Der Name „Landschaftswerkstatt“ konnotiert eine solche Vielfalt. Exkursionen, künstlerische Arbeitsweisen, wissenschaftliche Begriffe, Alltagsdokumentation, sowie Formen der sozial- und kulturwissenschaftlichen Analyse und hermeneutischen Herangehens sollten Hand in Hand gehen. Diese Vielfalt betrifft auch die Nutzung und Erzeugung des Werkstattmaterials: historische Quellen, Fachliteratur, Interviews, Fotografien, bebilderte Wanderführer, plakative Formen und künstlerische Installationen werden kombiniert.

Eine Landschaftswerkstatt ist ein instrumentell heterogener und thematisch gerichteter Arbeitsprozess, in dem Diskurse über die landschaftliche Entwicklung einer Region temporär und lokal verdichtet, inhaltlich erweitert und nach Fragestellungen der Kulturlandschaftsentwicklung neu strukturiert werden. Die Funktion von Landschaftswerkstätten kann von elementarem Wissenstransfer über konkrete Konfliktmediation bis zur Erarbeitung regionalplanerischer Grundlagen reichen.

Die Verständigung über die gemeinsamen landschaftlichen Gestaltungsspielräume setzt zunächst ein hoch aggregiertes Wissen über die Landschaft voraus, in der man lebt. Dieses Wissen liegt nicht als homogener Bestand vor sondern ist an die jeweiligen, durch Nutzung und Interesse bestimmten Perspektiven gebunden. Wissenschaftler und Landwirte, Naturschützer und Forstleute, Anwohner und Künstler können jeweils relevante Aussagen über ihre Landschaft treffen, die sich jedoch in ihrer Struktur stark voneinander unterscheiden. Die Aufgabe von Landschaftswerkstätten liegt deshalb zunächst darin, diese Wissensbestände und die unterschiedlichen Perspektiven und Wahrnehmungen zu erschließen und den Akteuren gegenseitig einsichtig zu machen. Zu diesem Zweck wird mit prägenden Akteuren im Landschaftsraum gesprochen und die Gespräche in Form hermeneutischer Protokolle ausgewertet, die das Handeln und die damit korrelierenden Positionen der Akteure beschreiben (vgl. Anders und Fischer 2007). Diese Porträts werden von den Gesprächspartnern autorisiert und auf einer eigens für die Werkstatt eingerichteten Internetseite (hier www.wasserundlandschaft.de) veröffentlicht. Die verschiedenen Interessengruppen sowie die wissenschaftlichen Positionen erhalten in der Landschaftswerkstatt so eine Repräsentanz, die gewährleistet, dass ihr Landschaftsbezug als Teil des kulturlandschaftlichen Diskurses öffentlich wahrgenommen wird und die Auseinandersetzung über die Legitimität ihrer Ansprüche einsetzen kann.

Gestützt vor allem auf diese Porträts und flankiert von Quellenrecherchen wird eine Werkstattausstellung als Rahmen und Kontext für weiterführende Veranstaltungen entwickelt. Diese richtet sich in erster Linie an landschaftsbezogene Akteure und muss deshalb keinesfalls den sonst üblichen didaktischen Standards etwa in der Umweltbildung genügen. Für eine Werkstattausstellung ist es hinreichend, die verschiedenen Perspektiven auf die Landschaft mit einfachen und prägnanten Mitteln zu zeigen. Die Ausstellung stellt einen eigenständigen Beitrag zum kulturlandschaftlichen Diskurs dar, daher steht neben der Präsentation von Wissen und Praxis der Versuch, bezogen auf die verfolgte Fragestellung (hier: Klimaadaptation Landschaftswasserhaushalt) Handlungsspielräume zu kennzeichnen und zur Diskussion zu stellen. Inwiefern diese Spielräume genutzt werden können, wird anschließend in Fachgesprächen, Workshops, öffentlichen Veranstaltungen etc. Gegenstand der Debatte.

Die aus den verschiedenen Wissensbeständen und Interessen in der Landschaft resultierenden Kontraste können gezielt genutzt werden, um gemeinsam eine Agenda für die landschaftliche Entwicklung zu erarbeiten. Auf der Basis eines reichen und gemeinsam systematisierten Wissens, geklärt Interessen und anerkannter Spielräume zu ihrer Realisierung in der Landschaft zeichnen sich Konturen ab, die für die Gestaltung des Landschaftsraums von allen Akteursgruppen mitgetragen werden. Im Idealfall kann eine Landschaftswerkstatt eine Richtung weisende Vorarbeit und Studie für eine gezielte Regionalplanung bilden, deren Vorgaben letztlich zu größerer Verbindlichkeit und Akzeptanz führen als ein konventionell gestalteter Planungsprozess. Vor allem globale Diskursthemen wie Klimawandel oder Biodiversität lassen sich mit Hilfe einer Landschaftswerkstatt im lokalen Denken und Handeln verankern, indem abstrakte Begriffe individuell und lokal mit Leben gefüllt werden.

Zwischenergebnisse der Landschaftswerkstatt Wasser Uckermark-Barnim

Die Landschaftswerkstatt Wasser befindet sich derzeit in der Phase der thematischen Fachgespräche. Im Bereich Land- und Forstwirtschaft wird sie über dezidiert künstlerische Arbeitsweisen eröffnet werden, da so jeweiligen Herausforderungen, die das Handeln der Akteure in der Landschaft bestimmen, aus einem neuen Blickwinkel kritisch ins Bild gesetzt werden können und zur Debatte jenseits eingeübter Sprachformen aufgefordert wird. Die Fachgespräche schließen inhaltlich an die derzeit in Passow in den Räumen des Wasser- und Bodenverbandes Welse zu sehenden Werkstattausstellung „Wasser und Leben – Zum Landschaftswasserhaushalt an Randow und Welse“ an, in der elf Thesen zu den Spielräumen der Anpassung des Landschaftswasserhaushaltes an sich verändernde Rahmenbedingungen im Wassereinzugsgebiet von Randow und Welse zur Diskussion gestellt werden. Diese Thesen seien hier wieder gegeben.

- I. Wer sich heute in der Welse-Region mit dem Wasser in der Landschaft auseinandersetzt, stößt auf ein Geflecht künstlicher und natürlicher Strukturen. Der Referenzzustand vor dem Eingreifen des Menschen mag hilfreich sein, um die Geschichte des Wassers in der Landschaft zu verstehen – für die Zukunft ist er dagegen nur eine unter vielen Orientierungsmarken. Das Verständnis der heutigen landschaftlichen Strukturen und ihrer abiotischen Wirkungszusammenhänge ist eine Voraussetzung für jeden einzelnen Schritt in der Wasserwirtschaft.
- II. Zwischen zwei Extremen steht ein Mensch heute in der Welseregion, wenn er ans Wasser tritt: hier der streng geführte Meliorationsgraben in der offenen Agrarfläche, dort der renaturierte Flusslauf im Schilfdickicht. Hier will er nicht spazieren, dort kann er nicht spazieren. In und an der Welse wurde gebadet, geangelt und gespielt – heute ist das an vielen Orten praktisch unmöglich. Die Landschaft ist auch für die meisten Menschen nicht mehr als menschlich gestalteter Naturraum lesbar. Wer die Chance nutzen will, die Menschen in die offenen Fragen des Umgangs mit dem Landschaftswasser zu involvieren, muss lebendige Wasserorte schaffen und vielfältige Zugänge zum Wasser ermöglichen.

- III. Die alten Wassermühlen mit ihren Stau- und Wehranlagen sind Zeugnisse einer einst für die Welse-Region wichtigen Nutzung der Fließgewässer. Sie bilden Anker, durch die das landschaftliche Erinnerungsvermögen geschult und neue Perspektiven der Wassernutzung kommuniziert werden können. In der Vergangenheit wurden viele Chancen zur Erhaltung der oft auch baulich attraktiven Schneide- und Mahlmühlen verpasst, so dass die Aufmerksamkeit für die letzten Denkmale der einst 13 Anlagen im Welsegebiet nun umso größer sein muss.
- IV. Die Beziehungen zwischen Mensch und Wasser waren in der Welse-Region noch vor 100 Jahren filigran und eng. Das Wasser gehörte zum täglichen Leben: Selbst kleinste Gewässer hatten einen Namen, der etwas über die Nutzung oder Wahrnehmung durch die lokale Bevölkerung verriet, wie der Schafwäsch-Pfuhl oder der Brennerei-Graben. Vieles ist heute verändert, das Verhältnis der Bewohner zu ihrer Landschaft hängt von Beruf oder persönlichem Interesse ab. Deshalb werden Orte gebraucht, an denen die Zivilgesellschaft das Wasser als Gestaltungsaufgabe erfahren kann.
- V. Heute dominieren in der Welse-Region leistungsfähige Forste, meist Nadelholzbestände. Für deren Gedeihen werden viele Standorte bis heute entwässert – zum Nachteil der Grundwasserbilanz. Auch wo einst Erlenbrüche stockten setzen sich Nadelgehölze durch, denn hier wurden die Grundwasserstände zu Gunsten der Grünlandwirtschaft gesenkt. Standortgerechte Mischwälder sind als Wasserspeicher und wegen ihres kühlen Innenklimas wichtige Elemente im Landschaftswasserhaushalt. Je artenreicher sie aufgestellt sind, desto größer sind die Freiheitsgrade für die Waldbesitzer, auf langfristige klimatische Veränderungen zu reagieren.
- VI. Der Feldbau hat ein sensibles Verhältnis zum Wasser. Dürre schadet den Pflanzen ebenso wie ein Überstau der Flächen. Fallen die Böden ohne Vegetationsdecke trocken, mineralisieren sie und verlieren ihre Fruchtbarkeit. Werden die oberen Bodenschichten nicht von Pflanzenwurzeln gehalten, steigt das Risiko von Bodenerosionen der humusreichen Krume bei Starkregen. Das eiszeitlich geschaffene Relief der Region bietet den hiesigen Landwirten all diese Gefahren auf einmal. Eine klimaadaptive Strategie muss auf diese Herausforderungen Rücksicht nehmen. Jede Lösung muss lokal sein. Dazu gehört auch die Frage, auf welchen Flächen langfristig ein Feldbau sinnvoll sein wird.
- VII. Die Nutzung von Grünland ist wassertoleranter als der Feldbau, allerdings sind die Wiesen und Weiden in den Durchströmungsmooren unweigerlich von Bodendegradation betroffen, da sie nicht ganzjährig überstaut werden. Die Landwirte haben somit nur die Chance, den Torfabbau so gering wie möglich zu halten und über längere Zeiträume zu strecken. Die Betriebe sind auf die Nutzung dieser Flächen hin eingerichtet – ein pauschaler Nutzungsverzicht kommt für sie nicht infrage. Entwicklung und Nutzung des Welse und Randowbruchs werden auch in Zukunft mit Auseinandersetzungen verbunden sein.
- VIII. Aus der Sicht eines Naturschützers ist die Bilanz der Entwicklung des Welsebruchs in den letzten 100 Jahren eindeutig negativ: Einmal abgesehen von der Zerstörung des Moorkörpers sind prägende Arten und Biotope der Landschaft verschwunden, die Landnutzung ist industrieller und damit schematischer geworden. Diese schmerzhaften Veränderungen lenken den Blick auf die Lebensgrundlagen unserer Landschaft – und somit zunehmend auf das Wasser und den Boden. Dadurch entstehen aber auch neue Perspektiven für den Naturschutz, die die Reichweite des Arten- und Biotopschutzes überschreiten können.
- IX. Hat die Fischerei in der Uckermark eine Zukunft? Die regionale Wertschöpfung aus heimischen Fischbeständen weicht dem überregionalen Handel und viele Seen in der Uckermark verlanden. Die Fischer sind deshalb an einer Erhaltung der gepachteten Fischereigewässer interessiert und würden gern die Strategie des Wassermanagements mitbestimmen. Denn die

- Fischbestände gehen zurück, wenn die Gewässer zu stark reguliert werden, umgekehrt wirken sich lokale und temporäre Überschwemmungen günstig aus.
- X. Wie die Fischerei in natürlichen Gewässern ist auch die Teichfischerei akut durch wirtschaftliche und naturräumliche Veränderungen gefährdet. Dabei haben die bewirtschafteten Teiche eine besondere Rolle für den Naturschutz – sie sind ideales Nahrungshabitat für zahlreiche Vogelpopulationen und Heimstatt für seltene Wasserpflanzen. Ob der Spagat zwischen Wirtschaft und Schutz gelingen kann, ist offen. Ein kluger Teichfischer ist daran interessiert, die nährstoffreichen Sedimente in den Teichen zu halten, die gut mit Sauerstoff versorgt sind, und so die Fließgewässer möglichst wenig zu belasten. Das für die jährliche Überspannung der Teiche benötigte Wasser wird auch in Zukunft wohl nicht fehlen.
- XI. Die Wasser- und Bodenverbände sind ideale Körperschaften zur Anpassung des Landschaftswasserhaushaltes an sich ändernde Klimabedingungen. Ihre Dienstleistungen beruhen auf Entscheidungsfindungen zwischen und mit den beteiligten Akteuren. Die stärkere Orientierung der Landnutzung an den abiotischen Grundlagen, die Umsetzung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie, die Nutzung von Spielräumen für den Naturschutz aber auch die Ausrichtung auf neue Bewirtschaftungschancen sind spannende Fragen, die von einem Wasser- und Bodenverband Schritt für Schritt in eine langfristige Strategie überführt werden können. Dafür müssen die gesetzlichen Grundlagen für diese Verbände allerdings verbessert und sein Mandat erweitert werden.

Jede dieser Thesen wurde auf einer eigenen Schautafel mit dem im Werkstattprozess gehobenen Wissen untersetzt und erläutert. Ein ergänzendes Objekt, das „Welse-Orakel“ reflektiert nicht nur die Erfahrungen, die die Bearbeiter der Landschaftswerkstatt im Diskurs mit den Akteuren gemacht haben, sondern versucht auch, die Unsicherheit ins Bild zu setzen, die die Akteure begleitet, wenn sie gemeinsam an zukünftigen Handlungsoptionen arbeiten wollen: Eindeutige Antworten auf die Fragen, was die Landschaft ist und wie sie an klimatisch bedingte Veränderungen des Landschaftswasserhaushalt angepasst werden sollte, gibt es nicht.

Wir haben vier Haltungen identifiziert, die den Diskurs bestimmen: *Das Ende ist absehbar* – sie ist oft unter Naturschützern anzutreffen und denkt Landschaftsentwicklung von einem in Zukunft zu erreichenden Zustand her; das *Randow-Welse-Bruch* steht vor der Alternative Devastierung über Mineralisierung oder Renaturierung. *Kommt Zeit, kommt Rat* – sie ist unter Landwirten verbreitet und begreift Landschaftsentwicklung als tägliche Herausforderungen, die angenommen werden, wenn es soweit ist; diese positive Grundhaltung geht davon aus, dass sich immer Spielräume für eine Landnutzung an Randow und Welse finden werden. *Es ist zu komplex* – ist die in der Wissenschaft verbreitete Haltung, die nicht final orientiert sondern an Teilprozessen interessiert ist; die Erforschung der Eigendynamik der landschaftlichen Kompartimente, die Steuerung und Regelung von natürlichen wie sozioökonomischen Systemen, die Modellierung von Prozessen bilden verschiedene Zugänge, die eine Synthese erschweren, Unsicherheit in Bezug auf die Zukunft und auf die Reichweite der eigenen Erklärungsansätze ist unverkennbar. *Schritt für Schritt* – kennzeichnet eine Haltung, die in der Wasserwirtschaft vertreten wird und in der Lage ist, sich für das Randow-Welse-Bruch einzelne finale Zustände insbesondere bezüglich der abiotischen Faktoren in der Landschaft vorzustellen; es werden entsprechende Gestaltungsspielräume gesucht, gezielt geöffnet und ohne Scheu vor vielfältigen Kooperationen zu nutzen versucht.

Schlussfolgerung und Ausblick

Dieses „Welse-Orakel“, das in der Form an ein Wetterhäuschen erinnert, verweist darauf, dass Diskurse eine Eigenlogik haben und nur begrenzt beeinflussbar sind. Da Kommunikation jedoch die konstituierende Eigenschaft sozialer Systeme ist, muss mit Ausdauer und Beharrlichkeit an adäquaten

Sprachformen gearbeitet werden, um die Beschränkungen dieser Eigenlogiken zu überschreiten und in einen kulturlandschaftlichen Diskurs bezogen auf eine klimaadaptive Anpassung des Landschaftswasserhaushaltes in der Region eintreten zu können. Dabei ist zu beachten, dass dem wirksamen Einfluss auf Kommunikation eine Analyse der diskursiven Rahmung vorausgehen muss: Inwiefern sind Landschaftswasserhaushalt und Klimawandel überhaupt Themen? Erst auf dieser Grundlage können gezielt anschlussfähige Beiträge zu diesen Themen erbracht werden, die die identifizierten Eigenlogiken berücksichtigen.

Mit dem im Rahmen der Landschaftswerkstatt erschienen Exkursionsführer zum Landschaftswasserhaushalt an Welse und Randow „Wasser und Landschaft“ wurde ein Versuch unternommen, die verschiedenen Fachdiskurse für die öffentliche Auseinandersetzung aufzuschließen. Auf der Rad-Exkursion zur Präsentation der Publikation zeigte sich, dass diese Herangehensweise auf Resonanz stößt. In wie weit solche auf konkrete Landschaftsräume bezogene Arbeiten auf die Ebene einer ganzen Planungsregion gehoben werden können, wird sich im Ausklang der Landschaftswerkstatt Wasser Uckermark-Barnim zeigen. In jedem Fall wird es Partnerschaften zu Institutionen in den Landschaften bedürfen, um einen kulturlandschaftlichen Diskurs zur Klimaanpassung auf Dauer zu stellen. Die Wasser- und Bodenverbände könnten unserer Erfahrung nach solche Partner sein, wenn ihnen das entsprechende Mandat übertragen würde.

Literatur

- Anders, K. und Fischer, L. (2012): Neue Thesen zur Landschaftskommunikation. *Anders, K. und Fischer, L. (Hrsg): Landschaftskommunikation. Thesen und Aufsätze. Croustiller, Aufland Verlag, S.26-37.*
- Anders, K. und Fischer, L. (2007): Landschaft, Kulturlandschaft, Wissenschaft. Über die Freiheit der Forschung im Feld und die Möglichkeit von Landschaftskommunikation. *Sozialwissenschaftliches Journal Nr. 4, Jg. II, Heft 2, August 2007, Herausgegeben von Karl Friedrich Bohler, Anton Sterbling und Gerd Vonderach, Aachen, Shaker Verlag, 44-59.*
- Anders, K. und Fischer, L. (2010): Die Landschaftswerkstatt Schorfheide-Chorin. Methodologische Erfahrungen aus einem Diskurs über die Wälder in Nordostbrandenburg. *Archiv für Forstwesen und Landschaftsökologie, Heft 1/2010, Bd. 44, 37-47.*
- Anders, K. et al. (2012): Wasser und Landschaft. Ein Exkursionsführer zum Landschaftswasserhaushalt an Welse und Randow. *Herausgegeben vom Büro für Landschaftskommunikation, Aufland Verlag, Croustiller.*
- Gerstengarbe, W.-F. et al. (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 No. 83, Potsdam.*
- Landesumweltamt Brandenburg (2010): Auswertung regionaler Klimamodelle für das Land Brandenburg. Darstellung klimatologischer Parameter mit Hilfe vier regionaler Klimamodelle (CLM, REMO, WettReg und STAR) für das 21. Jahrhundert. *Fachbeiträge des Landesumweltamtes, Titelreihe Heft Nr. 113, Potsdam.*

Kommunikation und „Ökosystemdienstleistungen“⁸

Kenneth Anders

Büro für Landschaftskommunikation Bad Freienwalde

Zusammenfassung

Der Begriff „Ökosystemdienstleistungen“ ist ein Sammelbegriff für verschiedene Prozesse in Ökosystemen bzw. im Aneignungsverhältnis zwischen Natur und Mensch, der zum Zweck besserer politischer Wertschätzung dieser Phänomene, also in kommunikativer Absicht geprägt wurde. In der entsprechenden wissenschaftlichen Debatte wird dabei die Gestaltbarkeit von Kommunikation weithin überschätzt, die Notwendigkeit sorgfältiger Begriffsbildung jedoch oftmals unterschätzt. Im Vergleich verschiedener Ansätze und Methoden erweist sich, dass ein klassischer Wissenstransfer immer noch viele Vorteile bietet, was die Rolle des Wissenschaftlers und die Intention seiner Botschaften anbelangt. Viele andere Verfahren leiden unter mangelndem Raum- und Systembezug. Deshalb wird empfohlen, den bereits systemtheoretisch begründeten Kommunikationsbegriff ernster zu nehmen und somit auch genauer zu fragen, inwiefern die verhandelten „Ökosystemdienstleistungen“ als Erscheinungen einer Umwelt oder des eigenen Systems wahrgenommen werden müssen.

Kommunikation als Schlüsselbegriff

In der heutigen Wissenschaftssprache oszilliert der Kommunikationsbegriff zwischen einem alltags-sprachlichen Ersatz für *etwas sagen* bzw. *jemandem etwas mitteilen* („ich kommuniziere dieses und jenes“) und einem Verständnis von Kommunikation als Schlüsselprozess gesellschaftlicher Autopoiesis (Schack 2004, Ziemann 2005). Während man auf den ersten Blick meinen könnte, beide Verständnisse könnten koexistieren, zeigt sich bei genauerem Hinsehen, dass sie in verschiedene Strategien münden, die sich als Gradient von der Werbung bis zum Diskurs beschreiben lassen. Lediglich der Anspruch, ökologischen Problemlagen öffentliche Geltung zu verschaffen, ist übergreifend. Dieses gemeinsame Interesse bedingt denn auch die Notwendigkeit, auf einer gemeinsamen Diskussion über die Erfolgsaussichten einer „Kommunikation von Ökosystemdienstleistungen“ zu beharren, denn bisher fehlt sowohl eine entsprechende Auseinandersetzung als auch die vergleichende kritische Analyse.

Der Kommunikationsbegriff selbst spielt im Millennium Ecosystem Assessment keine Rolle, (MEA 2005b) vielmehr scheinen die Autoren darauf zu spekulieren, das bereits erfolgreich generalisierte Kommunikationsmedium Geld einfach auf ökologische Prozesse anwenden zu können, ohne sich indes hinreichend darüber Gedanken über die diskursive Kommunikationsanstrengung zu machen, die einer solchen pauschalen Übertragung vorausgehen müsste. Insofern muss man Büscher und Japp (2010, S. 7) Recht geben, die feststellen „dass in den aktuellen öffentlichen Debatten über Problemlösungen hinsichtlich einer ‚Ökologischen Krise‘ soziologische Argumente keinerlei Rolle spielen. Die Rettung der Welt wird sozusagen ohne Vorstellungen von ‚Gesellschaft‘ betrieben.“

Es ist durchaus möglich, mit dieser Herangehensweise Forschungsmittel zu akquirieren, dieser Erfolg darf aber nicht mit dem Anspruch verwechselt werden, ökologischen Fragen höhere gesellschaftliche Geltung zu verschaffen.

Asymmetrie der Prozesse, Ungenauigkeit des Dienstleistungsbegriffs

Nicht nur der Kommunikationsbegriff, auch der in der Debatte verwendete Leistungsbegriff ist ungenau. Die aufsummierten Versorgungs-, Regulierungs- und sozio-kulturellen Prozesse sind jeweils verschiedene Eigenschaften von Natur bzw. Landschaft. Während der Begriff *Service* z.B. bei Versorgungsfunktionen noch relativ nahe am Sprachgebrauch einer Leistung liegt (und der darin enthaltene

⁸ Der Text basiert auf meinem Beitrag „Kommunikation von Ökosystemdienstleistungen“ in: Grunewald K, Bastian O (Hrsg.) (i.E. 2012) Ökosystemdienstleistungen. Konzept, Methoden und Fallbeispiele, Springer, Berlin

Anthropomorphismus pragmatisch gerechtfertigt wird), verweisen „kulturelle Dienstleistungen“ eher auf ein Beziehungsgefüge zwischen Mensch, Natur und Landschaft (Freese & Anders 2010). Regulierungsleistungen wiederum betreffen zunächst die Selbstorganisationsfähigkeit des Ökosystems selbst, es gibt also einen Vorteil für den Menschen, der aber nicht intendiert ist. Die Unterschiede betreffen auch die Frage, inwiefern diese Prozesse gesteuert oder limitiert werden müssen: Während z.B. die Bodenbildung als Moment der Selbstorganisation des Ökosystems grundsätzlich unbegrenzt stattfinden könnte, verletzen andere *Services* unzweifelhaft Prinzipien der Nachhaltigkeit, wenn man sie nicht steuert. Oft werden die einen Dienstleistungen auch auf Kosten anderer erbracht (Stallmann 2011). Diese Asymmetrien führen zwangsläufig zu Schwierigkeiten bei der Operationalisierung und politischen Gewichtung.

Gleichwohl werden, ausgehend vom o.g. gemeinsamen Anspruch, Fragen und Erkenntnisse der Landschaftsökologie bzw. Umweltwissenschaften besser öffentlich darzustellen und zum Gegenstand von Kommunikation zu machen, im Folgenden einige methodische Ansätze untersucht:

Klassischer Wissenstransfer

Als Brücke zwischen Wissenschaft und anderen Systemen ist klassischer Wissenstransfer oft als Populärwissenschaft verpönt. Dabei ist der Anspruch, Erkenntnisse über Fachkreise hinaus verfügbar und verständlich zu machen, durchaus sinnvoll. Allerdings stellt man in diesem Falle lediglich Informationen bereit, weist also z.B. Funktionen von Ökosystemen nach, die für Menschen unerlässlich sind bzw. deren Verlust von allgemeinem Interesse sein sollte. In dieser Rolle können Umweltwissenschaftler eine engagierte Rolle einnehmen, ohne ihr eigenes Terrain zu verlassen. Dies betrifft die Darstellung ökosystemarer Zusammenhänge wie Bodenbildung, Wasserrückhalt oder wichtiger Nahrungsketten („Regulationsdienstleistungen“) ebenso wie Erkenntnisse zur Land- und Wassernutzung („Versorgungsdienstleistungen“) oder Beschreibungen des Beziehungsreichtums von Mensch und Landschaft („sozio-kulturelle Dienstleistungen“). Methodisch leitet sich daraus ein Gebot zu klaren Aussagen und einer allgemein verständliche Sprache ab, die in eben dieser Klarheit gründet. Der Wissenstransfer ist traditionell in hoher Qualität unter dem Begriff „Wohlfahrtswirkungen“ bewältigt worden (vgl. z.B. Albert 1932 oder, kurz und bündig, Altrogge, 1986). Das Unbehagen an dieser klassischen Rolle der Wissenschaft wird hin und wieder als Enttäuschung über die gesellschaftliche Wirkung beschrieben. Es muss allerdings gefragt werden, inwiefern eine solche Wirkung überhaupt zu erzwingen ist und ob es nicht dennoch aus dem Feld des klassischen Wissenstransfers im Hinblick auf die Arbeitsweise der hier engagierten Wissenschaftler viel zu lernen gibt.

Wissenstransfer unter den Bedingungen der Transdisziplinarität

Unter Bedingungen der Transdisziplinarität wird Wissenstransfer zu einer aktiven Kommunikationsaufgabe, d.h. die Wissenschaftler müssen sich auf die vorhandene Heterogenität von Wissen einlassen und ihre eigene Arbeit den Geltungskonflikten der Praxis aussetzen. In Arbeitszusammenhängen verschiedener Disziplinen und Gegenstandsbezüge (z.B. Wissenschaft, Landnutzung und Verwaltung) fehlen jedoch oftmals dialogische Arbeitsweisen, in denen landschaftsprägende Akteure die Möglichkeit haben, die Relevanz des produzierten Forschungswissens zu gewichten und ihre eigenen Wissensformen (also auch ihr Verhältnis zu verschiedenen „Ökosystemdienstleistungen“) ins Spiel zu bringen (ein Systematisierungsansatz bei Jenssen & Anders 2010). Die Umweltwissenschaften können sich nicht per se als Anwalt der verschiedenen „Ökosystemdienstleistungen“ verstehen, was aber tatsächlich oft der Fall ist, wie der appellative Gestus des Millennium Ecosystem Assessments zeigt. Wenn Umweltwissenschaftler die Eigendynamik der Kommunikation nicht (wie beim klassischen Wissenstransfer) hinnehmen wollen, müssen sie einen heterogenen Wissensbegriff zulassen, nach dem nicht-wissenschaftliche Perspektiven nicht nur als Identität, Gewohnheit, individuelle Erfahrung oder Interesse sondern als Wissen Geltung erlangen können. Andernfalls wird die verbleibende Kommunikation als bloßes Mittel der Erzeugung von Akzeptanz oder Konsens verstanden (kritisch dazu Adomßent 2004).

Zielgruppen- und Lebensstilorientierung

Gegenüber der sozialwissenschaftlichen Analyse umweltrelevanter Konsumgewohnheiten und der ihnen zugrunde liegenden gesellschaftlichen Komplexität (z.B. bei Brandt et al. 2001) bildet das Social Marketing eine Verengung des Blicks mit dem Ziel, sozialwissenschaftliche Forschung mit betriebswirtschaftlichen Konzepten der Kundengewinnung zu verknüpfen um letztlich Verhaltensänderungen zu bewirken. Auch hiermit geht ein verändertes Selbstverständnis der Wissenschaft einher – weg von der kritischen Analyse hin zum „Change Management“ (Buba et al. 2009, S. 6). Zunächst werden soziale Gruppen mit bestimmten Wertemustern, Konsumgewohnheiten und milieubestimmten Prägungen in Anlehnung an die SINUS-Milieus identifiziert (z.B. Theßenwitz 2009), anschließend werden die gewonnenen Identifikationen zur Konstruktion von Zielgruppen genutzt, die für die angestrebten Ziele durch jeweils angepasste mediale Codes gewonnen werden sollen. Auch wenn die Vertreter entsprechender Arbeitsweisen auf der Vereinbarkeit ihrer Arbeitsweisen mit dem Anspruch auf eigenverantwortliches Handeln beharren (Buba & Globisch 2009), muss doch gesagt werden, dass zielgruppenorientierter Ansätze alles andere als offene kritische Diskurse zum Ziel haben.

Die Erwartung, dass sich ökologisch vorteilhafte Konsummuster über die gezielte Beeinflussung von Lebensstilen dauerhaft verankern lassen, ist zudem nicht bewiesen (vgl. Lange, 2005). Weder lassen sich Lebensstile politisch steuern, noch ist es möglich, Distinktionseffekte (z.B. bei der Rolle von Öko-Pionieren) konstruktiv zu nutzen, denn die Distinktion ist Teil einer sozialen Dynamik und trägt ebenso viel zur Erosion kultureller Muster bei wie zu ihrer Ausprägung. Letztlich muss der Ball an die politischen Strukturentscheidungen zurückgespielt werden. Da ein großer Teil unserer Handlungen aus gesamtgesellschaftlichen Mustern resultiert, kann eine Entscheidung über die Wahrnehmung von bestimmten „Ökosystemdienstleistungen“ (vor allem der Regulierungsfunktionen) nicht dem freien Markt überlassen werden, sondern muss durch Gesetze gewährleistet werden (dazu auch Bilharz, 2009). Z.B. ist der Bodenschutz eindeutig besser durch Gesetze zu gewährleisten als durch einen Markt für intakte Böden.

Kampagnen

Voraussetzung für den Einsatz von Kampagnen sind Organisationen, die ein bestimmtes Interesse gegenüber der Öffentlichkeit vertreten (z.B. die Einrichtung von Wildnisgebieten, die Erhaltung gefährdeter Arten und Lebensräume, den Schutz bestimmter Landschaftstypen oder Essen, das mit Rücksicht auf die Ökosysteme produziert wurde). Dabei macht sich insbesondere die Industrie ein „greening of communication“ (Frankel 1998, S. 66) zunutze bzw. forciert es selbst. Allerdings ist fraglich, inwiefern Wissenschaft mit entsprechenden Mitteln arbeiten kann und sollte, bzw. ob sie nicht eher als kritischer Begleiter von Ökokampagnen agieren sollte. Gerade anhand des Begriffs der Ökosystemdienstleistung wird aber deutlich, dass sich die Werbung wirksamer auf die jeweiligen Organisationen oder Unternehmen, die bestimmte landschaftliche Prozesse steuern oder nutzen, kaum auf das Ökosystem selbst bezieht (vgl. die Tigerkampagne des WWF, dargestellt in Conta Gromberg 2006). Insofern entsteht für diese Form von Kommunikation ein Authentizitätsproblem, da immer ein Motivverdacht aufkommt (Japp 2010). Wenn sich Planungsprozesse mit Konflikten verschiedener Interessenten auseinandersetzen müssen, verbietet sich eine Nutzung von Kampagnen, weil sie parteiische Entscheidungen voraussetzen, die eine Konfliktlösung unterlaufen.

Bildung für nachhaltige Entwicklung und landschaftspolitische Bildung

Das Anliegen der Bildung für nachhaltige Entwicklung, Generationen übergreifende, selbstorganisierte Auseinandersetzungen und persönliche Kompetenzen im Umgang mit dem Thema Nachhaltigkeit zu fördern, scheint nahe an der Intention des Ökosystemdienstleistungsbegriffs zu liegen und eine adäquate Lösung für die geschilderte Asymmetrie der subsummierten Funktionen zu bieten: Begreifen, in Beziehung setzen, Perspektivvielfalt zulassen und verantwortlich Handeln bilden Eckpunkte, innerhalb derer jeweils angepasste und adäquat kontextualisierte Zugänge zu diesem Thema geschaffen werden könnten. Gemeint ist deshalb hier nicht Bildung für nachhaltige Entwicklung als „Reklame für Nachhaltigkeit“ (Siemer 2007) oder als Unterfunktion von Social Marketing bzw. als Selbstlob der Umweltpolitik, sondern als Kommunikation. Das verlangt allerdings, den autopoietischen Prozess in

der Bildung selbst zu fördern, dessen Ergebnisse also nicht vorwegzunehmen. Genau gegen dieses Gebot wird in vielen, unter dem Label „Bildung für nachhaltige Entwicklung“ stattfindenden Arbeiten verstoßen und vielmehr auf alte Konzepte der Umweltbildung zurückgegriffen. Auch die häufige Verengung des Ansatzes auf Fragen des Konsums führt letztlich nicht zu einer befriedigenden Nähe zu den ökologischen Aspekten der betreffenden Dienstleistungen. Kommunikation von „Ökosystemdienstleistungen“ durch Bildung für nachhaltige Entwicklung führt also nicht automatisch zum Erfolg, sondern hängt von der konkreten Ausgestaltung des Programms aus. De Haan und Kuckartz (1998, S. 33) beschreiben ein „Entfernungsgefälle“ in Bezug auf die Wahrnehmung kritischer Umweltlagen, demnach nehmen die Umweltbelastungen mit wachsendem Abstand zu, das eigene Umfeld scheint dagegen intakt. Dieser Effekt wird durch bestimmte Arbeitsweisen in der Bildung für nachhaltige Entwicklung oftmals unfreiwillig verstärkt, indem vor allem globale und menschheitliche Zusammenhänge fokussiert werden (vgl. die Entwicklung des Problemhorizonts bei Rieß 2010, oder die Hauptsyndrome des globalen Wandels bei de Haan & Harenberg 1999).

Einen aussichtsreichen Weg weist in diesem Zusammenhang das von Deutschland weder unterzeichnete noch ratifizierte Landschaftsübereinkommen (ELC 2000), das selbstverständlich einen Raumbezug in der landschaftspolitischen Bildung vorsieht (begründet und in einem Fallbeispiel erprobt von Kulozik, 2009). Dieser, an der Eigenart konkreter Landschaften und an ihrer stattfindenden Veränderung orientierte Ansatz ist auch für das Thema der „Ökosystemdienstleistungen“ entwicklungsfähig, weil er erstens das jeweilige landschaftliche Verhältnis der verschiedenen zusammengefassten Prozesse, also eine spezifische ökosystemare Balance oder Disbalance, zum Ausgangspunkt nimmt und zweitens an der Landschaftswahrnehmung der Bewohner selbst anschließt, d.h. aus einem Kommunikationsprozess heraus jene Potenziale weiterentwickelt, bearbeitet und qualifiziert, die Aussicht auf kommunikative Resonanz haben.

Landschaftswerkstätten: Verknüpfung lokaler Diskussionen, regionaler Debatten und gesellschaftlicher Diskurse

Als gesellschaftliche Wesen haben wir verschiedene soziale Bezüge. Wir leben in einer Familie, teilen das Leben einer Dorfgemeinschaft oder eines Stadtquartiers, zählen uns zu einer Berufsgruppe und sind Bürger eines Staates. In der Kommunikation über ökologische Sachverhalte werden die aus diesem Umstand resultierenden unterschiedlichen Ebenen, Sprachen, Logiken und Themen gegenwärtig nicht hinreichend berücksichtigt. Über Massenmedien gesamtgesellschaftlich etablierte Themen können u.U. in Dorfgemeinschaften vollkommen ausgeblendet werden, wiederum zeigen sich gesellschaftliche Diskurse oft blind gegenüber regional spezifischen Bedingungen. Es ist auf jeden Fall zu empfehlen, die Ebene, auf der eine Ökosystemdienstleistung geltend gemacht werden soll, genau zu benennen. Ein lokaler Konflikt z.B. über ein Wiedervernässungsvorhaben, muss die am Ort herrschenden kommunikativen Spielräume nutzen, die Rhetorik des Klimawandels wird hier selten von Nutzen sein. Geht es dagegen um internationale Abkommen zum Klimaschutz, ist es umgekehrt. Schon im Übergang von einem kulturlandschaftlichen Handlungsraum auf eine lokale Ebene treten oft erhebliche Probleme auf. Mit Landschaftswerkstätten (Anders & Fischer 2010) kann man über einen längeren Zeitraum hinweg versuchen, kontinuierlich lokale, regionale und gesellschaftliche Diskurse miteinander zu verknüpfen und sie so letztlich auch im Hinblick auf die Wahrnehmung von „Ökosystemdienstleistungen“ zu beeinflussen. Da Akteure selten sind, die eine Übertragung z.B. massenmedialer Themen in den konkreten Raum überzeugend vertreten können (dies geschieht in der Regel nur vorübergehend durch das Auftreten politischer Prominenz), gleiten gesamtgesellschaftliche Beiträge meistens an den Regionen ab. In diesem Fall bleibt immer noch die Möglichkeit, lokale Aspekte zu handlungsräumlichen Perspektiven zu verknüpfen und sie in die Debatte einzuspeisen. Dieser Ansatz liegt nahe an einem Verständnis der Kommunikationswissenschaft als kommunizierender Wissenschaft (Ivanišin 2000), die letztlich auf eine Qualifizierung raumbezogener Diskurse gerichtet ist.

Literatur:

- Adomßent M (2004): Umweltkommunikation in der Landwirtschaft. Berliner Wissenschafts-Verlag, Berlin
- Albert R (1932) Der Einfluß des Waldes auf den Stand der Gewässer und den Bodenzustand. In: Die Wohlfahrtswirkungen des Waldes. Sonderdr. aus Heft 34 der Mitteilungen des Reichsforstwirtschaftsrates.
- Altrogge D (1986): Die Wohlfahrtswirkungen des Waldes in Zahlen. Beiträge zur Lebensqualität, Walderhaltung und Umweltschutz, Volksgesundheit, Wandern und Heimatschutz. Siegen. Heft 13
- Anders K, Fischer L (2010) Landschaftswerkstatt Schlabendorfer Felder. In: Fokus Biodiversität. Wie Biodiversität in der Kulturlandschaft erhalten und nachhaltig genutzt werden kann. Hrsg. v. Stefan Hotes und Volkmar Wolters. Oekom. München: 262-272
- Brand K-W, Gugutzer R, Heimerl A, Kupfahl A (2001) Sozialwissenschaftliche Analysen zu Veränderungsmöglichkeiten nachhaltiger Konsummuster, UBA-FB 000330
- Bilharz M (2009) „Key Points“ nachhaltigen Konsums. Ein strukturpolitisch fundierter Strategieansatz für Nachhaltigkeitskommunikation im Kontext aktivierender Verbraucherpolitik. Metropolis-Verlag. Marburg
- Buba H, Globisch S (2009) Kommunikation und Social Marketing von Nachhaltigkeitskultur am Beispiel pädagogischer Initiativen. Hrsg. v. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau
- Buba H, Globisch S, Grötzbach, J. (2009) Anregungen für die Nachhaltigkeitskommunikation aus kulturpolitischer Perspektive. Bausteine eines Orientierungsrahmens zu einem kulturbezogenen Konzept der Nachhaltigkeitskommunikation. Hrsg. v. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau
- Büscher C, Japp KP (Hrsg.) (2010) Ökologische Aufklärung. 25 Jahre „Ökologische Kommunikation“. VS Verlag. Wiesbaden
- Conta Gromberg E (2006) Handbuch Sozial-Marketing. Cornelsen. Berlin
- de Haan G, Kuckartz U (1998) Die Bedeutung der Umweltkommunikation im Kontext der Nachhaltigkeit. In: Umweltkommunikation und Lokale Agenda 21, Ergebnisse eines Fachgesprächs im Umweltbundesamt am 11. und 12. Dezember 1997. Berlin: 30-53
- ELC (2000) Europaen Landscape Convention. <http://conventions.coe.int/Treaty/EN/Treaties/Html/176.htm>
- Freese J, Anders K (2010) Kulturelle Dienstleistungen von Ökosystemen – was kann man sich darunter vorstellen? In: Fokus Biodiversität. Wie Biodiversität in der Kulturlandschaft erhalten und nachhaltig genutzt werden kann. Hrsg. v. Stefan Hotes und Volkmar Wolters, Oekom. München: 194-199
- Frankel C (1998) In earth's company: business, environment, and the challenge of sustainability, Gabriola Island BC
- Ivanišin M (2006) Regionalentwicklung im Spannungsfeld von Nachhaltigkeit und Identität. Deutscher Universitätsverlag. Wiesbaden
- Japp KP (2010) Risiko und Gefahr. Zum Problem authentischer Kommunikation. In: Büscher C, Japp KP (Hrsg.) Ökologische Aufklärung. 25 Jahre „Ökologische Kommunikation“. VS Verlag. Wiesbaden
- Jenssen M, Anders K (2010) Wald und Wirtschaft. Ein systematischer Blick auf unseren Umgang mit einer nachwachsenden Ressource. In: Nachhaltige Waldwirtschaft. Ein Förderschwerpunkt des BMBF in der Bilanz. Hrsg. v. Helmholtz-Zentrum f. Umweltforschung UFZ, Leipzig
- Kulozik A (2009) Focus on Landscape - Ein Beitrag zur Stärkung des Landschaftsbewusstseins von Bewohnern der North Isles in Shetland durch ein umweltbildnerisches Programm für Grundschul Kinder. Diplomarbeit. FH Osnabrück
- Lange H (2005) Lebensstile – der sanfte Weg zu mehr Nachhaltigkeit? In: Michelsen, Gerd, Godemann, Jasmin (Hrsg.) Handbuch Nachhaltigkeitskommunikation: Grundlagen und Praxis. München: 160-172
- Luhmann N (2008) Ökologische Kommunikation. Kann die moderne Gesellschaft sich auf ökologische Gefährdungen einstellen? Verlag für Sozialwissenschaften, 5. Aufl. Wiesbaden
- Millenium Ecosystem Assessment (2005a) Ecosystems and Human Well-being. Policy Responses. Vol. 3. Island Press. Washington
- Millenium Ecosystem Assessment (2005b) Our Human Planet: Summary for Decision-makers. Island Press. Washington

-
- Schack K (2004) Umweltkommunikation als Theorielandschaft. Eine qualitative Studie über Grundorientierungen, Differenzen und Theoriebezüge der Umweltkommunikation. München
- Siemer SH (2007) Das Programm der Bildung für nachhaltige Entwicklung. Eine systemische Diagnose mit den Schemata Qualität und Nachhaltigkeit. Diss. Lüneburg
- Stallmann HR (2011) Ecosystem services in agriculture: Determining suitability for provision by collective management. In: Ecological Economics 71: 131-139
- Theßenvitz S (2009) Wer interessiert sich für Umwelt? – Lebenswelten und Zielgruppen in Deutschland. In: Für Natur und Umwelt begeistern - Umweltkommunikation Fachtagung des LfU am 28.04.2009. Hrsg. v. Bayer. Landesamt f. Umwelt: 5-7
- Ziemann A (2005) Kommunikation der Nachhaltigkeit. Eine kommunikationstheoretische Fundierung. In: Michelsen G, Godemann, J (Hrsg.) (2005) Handbuch Nachhaltigkeitskommunikation: Grundlagen und Praxis. München: 121-131

Ökosystemdienstleistungen (ÖSD) – Begriffe, Konzepte, Bewertungsansätze auf dem Prüfstand

Karsten Grunewald und Olaf Bastian

Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung (IÖR) Dresden, Deutschland (Mail: k.grunewald@ioer.de / o.bastian@ioer.de)

Zusammenfassung

Das Konzept der Ökosystemdienstleistungen (ÖSD) bestimmt zunehmend die Debatte zu den Problemfeldern „Biodiversität“ und „Nachhaltiges Landnutzungsmanagement“. ÖSD sind mit Methoden unterschiedlicher wissenschaftlicher Disziplinen zu erfassen, um sie zu einem anwendbaren Bewertungsmaßstab für die Politik zu entwickeln. Für die Bearbeitung von ÖSD ist ein fundierter und weit hin akzeptierter konzeptioneller Rahmen notwendig. Besonderer Wert ist auf eine klare Terminologie zu legen. Es geht derzeit vor allem darum, Methoden zur Erfassung und Bewertung der Gefährdung sowie Verfahren zur Erhaltung/Wiederherstellung von ÖSD zu erarbeiten sowie die „Gesellschaftsfähigkeit“ des ÖSD-Konzepts mit seinen Möglichkeiten und Grenzen aufzuzeigen und dieses in Planungs- und Entscheidungsprozesse zu integrieren.

Begriffe

Der ÖSD-Begriff hat in Wissenschaft und Politik große Beachtung gefunden. Was sich dahinter verbirgt, ist „vor Ort“ jedoch meist unklar, die Verkürzung auf „Ökonomisierung des Naturschutzes“ oder „Verbesserung der Lebensqualität“ zu kurz gefasst.

ÖSD beschreiben Leistungen, die von der Natur erbracht und vom Menschen genutzt werden. Laut Millennium Ecosystem Assessment (MEA 2005) sind dies Basisleistungen (wie Bodenbildung), Versorgungsleistungen (wie Ernährung), Regulationsleistungen (z. B. Erosionsschutz) und kulturelle Dienstleistungen (z. B. Tourismus). Wir plädieren jedoch für drei ÖSD-Klassen (Versorgungs-, Regulations- und soziokulturelle Leistungen), da eine solche Einteilung besser mit den Nachhaltigkeitskategorien korrespondiert. ÖSD tragen zu lebensnotwendigen Wohlfahrtswirkungen für den Menschen bei, so zur Versorgungssicherheit mit Nahrungsmitteln, zum Schutz vor Naturgefahren oder zur Bereitstellung von sauberem Wasser. Die gesellschaftliche Wertschöpfung soll über das ÖSD-Konzept gewichtet und auch, aber nicht nur, monetär bewertet werden (Kosten-Nutzen-Kalkül), um die Sinnhaftigkeit des Naturschutzes auch aus wirtschaftlichen Gründen zu begründen.

Da die Vielfalt an Ökosystemen, Lebensgemeinschaften und Landschaften Teil der Biodiversität ist, werden ÖSD und Biodiversität oft in einem Atemzug genannt (z. B. TEEB 2009). Die biologische Vielfalt unterstützt insbesondere das „Funktionieren der Ökosysteme“, kann aber auch als eigenständige ÖSD definiert werden (Leistungen des Ökosystems, Biodiversität bereitzustellen). Beide Konzepte weisen zwar eine große gemeinsame Schnittmenge auf, sind aber keinesfalls identisch. Es besteht weitgehend Konsens, dass der anhaltende Verlust an biologischer Vielfalt auch Konsequenzen für ÖSD hat, jedoch können im Regelfall keine einfachen, linearen Beziehungen angenommen werden. Für viele ÖSD ist nicht größtmögliche Biodiversität nötig, sondern manchmal ist eine niedrige Artenzahl ausreichend, manchmal eine höhere erforderlich.

Eine Schwierigkeit besteht auch darin, Leistungen der Natur (ökosystemare Prozesse, Naturkapital) von Leistungen des Menschen (Produktionsmittel, technologische Prozesse, Humankapital) methodisch sauber zu trennen. Matzdorf und Lorenz (2010) sprechen deshalb von „Umweltdienstleistun-

gen“, da zur Realisierung der Leistungen (z. B. Feldfrüchte, Biomasse) kulturgeprägter Ökosysteme (Äcker, Grünland) zusätzlich zu den ökologischen Prozessen auch menschliche Arbeit und künstliche Stoff- und Energiezufuhr (Bestellung, Düngung, Pflege etc.) benötigt werden.

Aus Landschaftsökologie und Landschaftsplanung wurde der Terminus „Landschaftsdienstleistungen“ (*landscape services*) in die Diskussion eingebracht (z. B. Termorshuizen und Opdam 2009), unter anderem, um Raumbezüge von ÖSD besser bewerten zu können. Die Frage nach der Sinnhaftigkeit eines weiteren Begriffs ist nicht ganz unberechtigt, zumal die jahrzehntelangen und bisweilen sehr kontrovers verlaufenden Diskussionen zum Thema Landschaft nicht übersehen werden können und auch heute keine Einhelligkeit bezüglich Inhalt und Anwendung des Landschaftsbegriffs besteht, sondern es ganz verschiedene Deutungsmuster gibt. So wird Landschaft als eine territoriale Größe, ein „überschaubarer Raum“ aufgefasst, der positivistisch (Landschaft als Ökosystemkomplex), konstruktivistisch (als ästhetisches Phänomen oder gar gedankliches Konstrukt) oder auch als Handlungsraum gesehen werden kann.

Für das ÖSD-Konzept halten wir die Definition von Landschaft als physischer Raum oder Ökosystemkomplex für besonders hilfreich. Viele ÖSD werden von der Landschaftsstruktur und vom geographischen Kontext beeinflusst, so von der Anordnung von Landschaftselementen oder Landnutzungseinheiten. Die Landschaftsstruktur bestimmt maßgeblich die Flüsse und Kreisläufe von Wasser, Nährstoffen und Organismen. Die räumliche Beziehung zwischen biotischen (Vegetation) und abiotischen Faktoren (Boden) erweist sich für die Ausprägung vieler ÖSD als entscheidend, deshalb ist das Ganze (die Landschaft und das an sie geknüpfte ökologische Mosaik) bedeutender als die Summe seiner Einzelteile.

Konzepte

Will man ÖSD erfassen bzw. bewerten, so steht man zwangsläufig vor der Frage nach der hierfür geeigneten Methodik. Bedingt durch die Vielschichtigkeit des Gegenstandsbereiches „Leistungen der Natur für die Gesellschaft“ ist es mit einfachen „Kochrezepten“ nicht getan. Allgemeingültige methodische Anforderungen beziehen sich auf fachliche Fundierung, intersubjektive Nachprüfbarkeit und Kommunizierbarkeit.

Angesichts der Komplexität und Multidisziplinarität des Problemfeldes ÖSD verwundert es nicht, dass sich im Laufe der Zeit unterschiedliche wissenschaftstheoretische Ansätze und praktische Verfahrensweisen herausgebildet haben, die einander ergänzen, in Teilbereichen übereinstimmen, partiell aber auch divergieren. Dies spiegelt sich in der Klassifikation der ÖSD, aber auch in den verschiedenen theoretisch-methodischen Konzepten wider.

Ein häufig zitierter Untersuchungsrahmen ist das Kaskadenmodell von Haines-Young und Potschin (2009), das auch in TEEB (2010) übernommen wurde. Aufbauend auf diesem Modell und unter Beachtung der Erkenntnisse verschiedener Schulen der Landschaftsökologie sowie der internationalen fachspezifischen Diskussionen halten wir die in Abb. 1 dargestellte EPPS-Rahmenmethodik (abgeleitet aus *ecosystem properties, potentials and services*; vgl. Grunewald und Bastian 2010; Bastian et al. 2012) für die Bearbeitung von ÖSD für zielführend.

Auf der linken Seite des Schemas stehend, bilden Ökosysteme mit ihren Strukturen und Prozessen (z. B. Bodeneigenschaften, biologische Vielfalt, biotische Stoffproduktion, Nährstoffkreisläufe) die Grundlage der Existenz der Gesellschaft und jedweder vom Menschen nutzbarer Leistungen überhaupt. Diese (ökologische) Ausstattung (Ökosystemeigenschaften, *ecosystem properties*) ist vorrangig der Sachebene zuzuordnen, wohl wissend, dass die (vom Menschen vorgenommene) Abgrenzung und

Einteilung von Ökosystemen nicht frei von normativen Entscheidungen ist. Als erster Analyseschritt erfolgt zunächst die Abgrenzung des Ökosystems, die Beschreibung charakteristischer Merkmale (Größe, Lage etc.) sowie die abiotische und biotische Ausstattung. Aus naturwissenschaftlicher Sicht stellt die Erfassung der Strukturen und Prozesse des Ökosystems die Grundlage aller Arbeiten dar, denn es handelt sich um die Leistungsbasis, d. h. um diejenigen Komponenten der Natur, welche die Leistung erbringen, z. B. die jeweiligen Bestandteile bzw. Ausprägungen von Ökosystemen, die für die Primärproduktion, die Vermeidung von Hochwasser oder die ästhetischen Werte sorgen. Als Komponente der Natur ist die Leistungsbasis materiell manifest und damit grundsätzlich messbar.

In Abhängigkeit von ihren Eigenschaften (Strukturen und Prozessen) haben Ökosysteme die Fähigkeit (Potenzial, Kapazität), bestimmte Leistungen für die menschliche Gesellschaft zu erbringen (Angebot, *supply*), wobei verschiedene Voraussetzungen (z. B. Resilienz) beachtet werden müssen. Das bloße Angebot einer Leistung, ohne dass eine Nachfrage besteht, bedeutet allerdings noch keinen (ökonomischen) Nutzen und gilt nicht als ÖSD. Die Potenziale wurden als Zwischenschritt bewusst eingeschaltet, um die Möglichkeit von der tatsächlichen Inanspruchnahme (Leistungsfähigkeit → Leistung) zu trennen. Einerseits können auf diese Weise (noch) nicht nachgefragte Nutzungsmöglichkeiten und Spielräume für künftige Nutzungen aufgezeigt werden, andererseits lassen sich unangemessene Nutzungen, die die Belastbarkeit bzw. Tragfähigkeit der Ökosysteme überschreiten, identifizieren.

Im mittleren Teil des EPPS-Schemas und eine stärker gesellschaftliche bzw. anthropogene Perspektive (Wertebene) widerspiegelnd, beschreiben die eigentlichen ÖSD jene Leistungen, die aktuell von der Gesellschaft nachgefragt (*demand*) oder in Anspruch genommen werden, um einen Nutzen aus diesen zu ziehen. Leistungen und (gesellschaftliche) Funktionen werden hier als Synonyme betrachtet. Der Funktionsbegriff steht dabei für eine nutzungsorientierte Betrachtungsweise, nicht für das Funktionieren (die Funktionsweise) von Ökosystemen im Sinne von Prozessen, Kreisläufen usw.

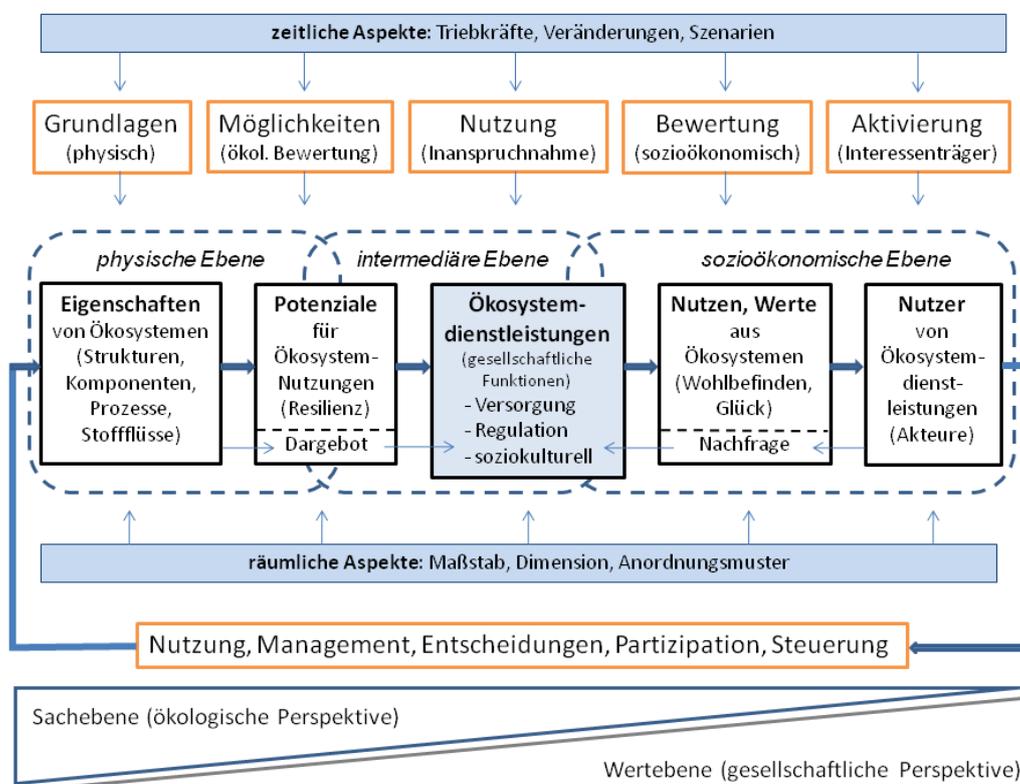


Abb. 1 Konzeptioneller Rahmen zur Analyse von ÖSD unter besonderer Berücksichtigung von Raum- und Zeitaspekten

Über das Bindeglied ÖSD ziehen Menschen Nutzen aus Ökosystemen. Das heißt, die ÖSD stiften Nutzen bzw. Werte, von denen die jeweiligen Nutzer profitieren. Insofern verkörpern die beiden im rechten Teil des EPPS-Schemas stehenden Kategorien eine noch stärker anthropogene Perspektive und sind der sozioökonomischen Betrachtungsebene zuzuordnen. Ein Nutzen (*benefit*) trägt direkt zur Wohlfahrt von Menschen bei. Vielfach wird versucht, einem Nutzen einen ökonomischen bzw. monetären Wert zuzuordnen (Grunewald und Bastian 2012).

Bewertung

Über das Bindeglied ÖSD ziehen Menschen Nutzen aus Ökosystemen. Das heißt, die ÖSD stiften Nutzen bzw. Werte, von denen die jeweiligen Nutzer profitieren. Insofern verkörpern die beiden im rechten Teil des EPPS-Schemas (Abb. 1) stehenden Kategorien eine noch stärker anthropogene Perspektive und sind der sozioökonomischen Betrachtungsebene zuzuordnen. Ein Nutzen (*benefit*) trägt direkt zur Wohlfahrt von Menschen bei.

Als zentrale Faktoren für das Wohlergehen der Menschen gelten z. B. Gesundheit, Vermeidung physischer Schäden, Freude, ästhetischer Genuss, Erholung, Versorgung mit Nahrung und wirtschaftliche Prosperität, die positiv von ÖSD beeinflusst werden. Das Millennium Ecosystem Assessment (MEA 2005) und mehrere andere Autoren (z. B. Costanza et al. 1997) halten allerdings ÖSD und Nutzen für identisch. Dabei ist zu beachten, dass die Natur für uns Menschen durchaus auch negative Wirkungen haben kann (sogenannte *disservices*), die z. B. in Vulkanausbrüchen, Erdbeben, Fluten oder Lawinen zum Ausdruck kommen.

Um Nutzen bzw. Werte zu bemessen, bedarf es der Bewertung. Bei einer Bewertung handelt es sich allgemein um eine Relation zwischen einem wertenden Subjekt und einem gewerteten Objekt (Wertträger) bzw. um die Einschätzung des Erfüllungsgrades eines Sachverhalts anhand vorgegebener Zielstellungen (Bechmann 1995). Diese Relation hat zwei Dimensionen:

- Sachdimension: Sachinformationen über das zu bewertende Objekt bzw. Abbildung der Wirklichkeit.
- Wertdimension: Wertsystem bzw. Grundwerte als normative Basis für das auszusprechende Werturteil.

Die Bewertung stellt dar, inwieweit der heutige Zustand vom gewünschten bzw. geplanten Zustand abweicht. In der Literatur wird der Bewertungsbegriff mehrdeutig gebraucht (Wiegleb 1997), d. h. im Sinne von Auswertung (Skalierung), Beurteilung, Reihung (relativer Vergleich), Soll-Ist-Zustandsvergleich (= Bewertung im engeren Sinne).

Eine Bewertung liefert Normen und Orientierungen, nach denen die konkrete Handlung, die stets eine Entscheidung zwischen mehreren Handlungsoptionen ist, gestaltet werden kann (Bechmann 1995). Die Bewertung stellt also den entscheidenden Schritt dar, um einen vorgefundenen (objektiven) Sachverhalt entscheidungs- und handlungsbezogen zu interpretieren. Dabei können je nach Inhalt bzw. Komplexität mehrere Bewertungsebenen unterschieden werden: fachspezifische Bewertung(en) (monosektorale Betrachtungsweise), Abgleich (politische Interessenabwägung) mit anderen Nutzungsansprüchen bzw. Politikfeldern (multisektorale Betrachtungsweise) als Grundlage für die Entscheidungsfindung und schließlich die handlungsorientierte Bewertung. Erst wenn die Beurteilung der vorgefundenen Zustände von Ökosystemen (und Landschaften) anhand vorgegebener Wertmaßstäbe, Zielstellungen (Leitbilder) bzw. Handlungsaufforderungen erfolgt, werden die für eine Bewertung im eigentlichen Sinne maßgeblichen Kriterien erfüllt (Bastian und Schreiber 1999).

Es gibt ganz unterschiedliche Motive, ÖSD bestimmte Werte beizumessen. Diese Motive hängen in starkem Maße von ökonomischen, aber auch moralischen, ästhetischen und anderen kulturellen Perspektiven ab. Häufig wird das Postulat prinzipieller Wertfreiheit ökologischer Erkenntnisse als Resultat naturwissenschaftlicher Forschung übersehen. Das heißt, ausgehend vom „Sein“ (Ist-Zustand, deskriptive Aussage) ergibt sich kein logischer Schluss auf den Soll-Zustand (normative Aussage). Mit anderen Worten: Es ist nicht möglich, aus ökologischen Erkenntnissen Werturteile abzuleiten oder entsprechende Fragen zu beantworten, wie etwa: „Welche Natur wollen wir schützen?“ oder „Wie soll die Natur geschützt werden?“ Dinge sind nicht an sich wertvoll, sondern weil wir sie wertschätzen. Bewertungsverfahren strukturieren und reglementieren Bewertungsvorgänge sowohl formal als auch inhaltlich. In ökologischen Planungen sollen sie den Planungsprozess rationalisieren und die Akzeptanz der Planungsergebnisse durch die Gesellschaft verbessern.

Um Nutzen bzw. Werte im ÖSD-Kontext zu erfassen, gilt vielfach eine monetäre Bewertung als Mittel der Wahl. Eine alleinige Orientierung auf monetäre Bewertungen von ÖSD wird allerdings zunehmend kritisch betrachtet (Spangenberg und Settele 2010). Es müssen also nicht zwingend Geldwerte zugrunde gelegt werden. Andererseits haben Studien, vor allem jene, die sich mit der konkreten Umsetzung von Maßnahmen und den daraus entstehenden finanziellen Konsequenzen beschäftigten (z. B. Grossmann et al. 2010), gezeigt, wie mit der Ermittlung der Geldwerte der betrachteten Leistungen Anreize für eine Umstellung von Bewirtschaftungsweisen oder Entscheidungshilfen für bestimmte Problemlösungen gegeben wurden. Monetäre Werte dienen dazu, sogenannte Externalitäten (äußere Einflüsse, Wirkungen) in ökonomischen Bewertungsverfahren zu internalisieren, damit sie in Entscheidungsprozessen auf allen Ebenen besser Berücksichtigung finden.

Zusätzlich zur ökonomischen Bewertung sind alternative Ansätze zu beachten, um die Bedeutung von ÖSD aufzuzeigen und auch andere Dimensionen des menschlichen Wohlbefindens zu integrieren, die nicht in Geldwerten ausgedrückt werden können oder sollten, z. B. kulturelle und spirituelle Werte. Ein hoher Stellenwert kommt partizipativen Verfahren zu, also der Beteiligung von Interessenträgern. Die Präferenzen für bestimmte ÖSD und die daran gebundenen Managementmaßnahmen werden gesellschaftlich ausgehandelt. Als Grundlage ist aber entsprechendes Hintergrundwissen unverzichtbar, welches sowohl ökologische als auch ökonomische Informationen umfasst.

Grundsätzlich unterscheiden wir bei der Bewertung von ÖSD drei Verfahrenstypen (Grunewald und Bastian 2012): expertengestützte Verfahren (vorwiegend ökologisch bzw. biophysisch basiert), ökonomisch/monetär basierte Verfahren und partizipative, szenariobasierte Verfahren.

Schlussfolgerungen

ÖSD haben sich begrifflich und als Denkrichtung in Wissenschaft und Praxis etabliert, das Problembewusstsein in der Bevölkerung, dass unser Leben und unser Wohlbefinden von der Natur abhängig ist, wird gestärkt. Der Ansatz ist in der Öffentlichkeit positiv besetzt, was in der Trias der Nachhaltigkeit genutzt und nicht durch Wort- und Grabenkämpfe verwässert werden sollte. Mag es unerheblich sein, ob man von Ökosystemdienstleistungen oder nur von Ökosystemleistungen spricht, so ist es nicht trivial, zwischen Funktionen und Leistungen zu unterscheiden. Im Zweifelsfall sollte man immer erläutern, was genau gemeint ist. Der Umgang mit vieldeutigen Begriffen wie ÖSD, aber auch Ökosystem und Landschaft, Naturkapital, Biodiversität, Nachhaltigkeit, Resilienz oder Governance ist schwierig, in der Wissenschaft umstritten und für Politik und Praxis oft verwirrend.

Konzeptionell ist der Rahmen der Analyse und Bewertung von ÖSD abgesteckt. Ökosysteme stellen Leistungen für die Menschen bereit, die in Nutzen- und Wohlfahrtskategorien zu übersetzen sind. Die

Inwertsetzung nachgefragter oder die tatsächliche Inanspruchnahme von Leistungen manifestiert sich insbesondere in der Art und Intensität der Landnutzung und wirkt auf die Strukturen und Prozesse der Ökosysteme zurück, was wiederum deren potenzielle Leistungsfähigkeit beeinflusst. Dieses komplexe Wechselspiel in seinen Ursachen, Wirkungen und Folgen sichtbar zu machen und „richtig“ zu steuern, stellt die eigentliche Herausforderung dar.

Die Bewertung von ÖSD erfolgt für einzelne Leistungen in der Regel aus den Klassen Versorgungs-, Regulations- und soziokulturelle ÖSD. Je nach Aufgabenstellung und Möglichkeiten wird dabei ausgewählt und gewichtet. Grundlage der Untersuchung stellen geobiophysisch basierte ökologische und – soweit sinnvoll – ökonomisch-monetäre Quantifizierungen dar. Diesbezüglich sind die ÖSD-spezifischen Standards (Verfahren, Techniken, Modelle) noch nicht ausreichend entwickelt und erprobt. Das betrifft vor allem die umfassende Berücksichtigung der Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen ÖSD (Trade-offs) und die Abgrenzung von Leistungen, die nur von Ökosystemen erbracht werden, von solchen, bei denen menschliche Arbeit, Stoff- und Energieeinträge nötig sind.

Literatur

- Albert C, von Haaren C, Galler C (2012) Ökosystemdienstleistungen. Alter Wein in neuen Schläuchen oder ein Impuls für die Landschaftsplanung? *Nat.schutz Landsch.plan* 44: 142–148
- Bastian O, Haase D, Grunewald K (2012) Ecosystem properties, potentials and services – the EPPS conceptual framework and an urban application example. *Ecol Indic* 21: 7–16
- Bastian O, Schreiber KF (Hrsg) (1999) Analyse und ökologische Bewertung der Landschaft. 2. Aufl. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin, 564 S
- Bechmann A (1995) Anforderungen an Bewertungsverfahren im Umweltmanagement – Dargestellt am Beispiel der Bewertung für die UVP-Dokumentation zu den 11. Pillnitzer Planergesprächen am 29./30.9.1995, S 6–39
- Costanza R, d'Arge R, de Groot R, Farber S, Grasso M, Hannon B, Limburg K, Naeem S, O'Neill R, Paruelo J. et al. (1997) The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387: 253–260
- Grossmann M, Hartje V, Meyerhoff J (2010) Ökonomische Bewertung naturverträglicher Hochwasservorsorge an der Elbe, Abschlussbericht des F+E-Vorhabens „Naturverträgliche Hochwasservorsorge an der Elbe und Nebenflüssen und ihr volkswirtschaftlicher Nutzen. Teil: Ökonomische Bewertung naturverträglicher Hochwasservorsorge an der Elbe und ihren Nebenflüssen“, BfN 89
- Grunewald K, Bastian O (2010) Ökosystemdienstleistungen analysieren – begrifflicher und konzeptioneller Rahmen aus landschaftsökologischer Sicht. *GEOÖKO* 31: 50–82
- Grunewald K., Bastian O. (Hrsg.)(2012): Ökosystemdienstleistungen - Konzept, Methoden und Fallbeispiele. Springer/Akademie Verlag, Heidelberg (im Druck, www.springer-spektrum.de/978-3-8274-2986-5)
- Haines-Young RH, Potschin MB (2009) Methodologies for defining and assessing ecosystem services. Final Report, JNCC, Project Code C08-0170-0062, 69 S
- Matzdorf B, Lorenz J (2010) How cost-effective are result-oriented agri-environmental measures? An empirical analysis in Germany. *Land Use Policy* 27: 535–544
- MEA – Millennium Ecosystem Assessment (2005) Ecosystems and human well-being. Synthesis. Island Press, Washington DC
- Spangenberg JH, Settele J (2010) Precisely incorrect? Monetising the value of ecosystem services. *Ecol Complexity* 7: 327–337

-
- TEEB – The Economics of Ecosystems and Biodiversity (2009) An interim report. Europ. Comm., Brussels (www.teebweb.org)
- TEEB – The Economics of Ecosystems and Biodiversity (2010) The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations. Kumar P (Hrsg) Earthscan, London, Washington
- Termorshuizen JW, Opdam P (2009) Landscape services as a bridge between landscape ecology and sustainable development. Ecology and Society 16(4): 17, <http://dx.doi.org/10.5751/ES-04191-160417>
- Wiegand G (1997) Leitbildmethode und naturschutzfachliche Bewertung. Z Ökol Nat.schutz 6: 43–62

Naturkapital Deutschland – TEEB DE

Bernd Hansjürgens

Helmholtz Zentrum für Umweltforschung – UFZ
Department Ökonomie

Zusammenfassung

Das Konzept der Ökosystemleistungen stellt auf die Leistungen der Natur ab, die dem Menschen in irgendeiner Form etwas nützen. Es bildet damit zugleich eine Brücke zur ökonomischen Bewertung sowie zur Inwertsetzung der Natur, wie sie in der Studie „Naturkapital Deutschland – TEEB DE“ angestrebt wird.

Einleitung

Natur hat einen Wert an sich, der Grund genug sein sollte, sie zu erhalten. Darüber hinaus hat die Natur aufgrund der vielfältigen Ökosystemleistungen auch einen wirtschaftlich bedeutsamen Wert. Allerdings wird er allzu häufig in privaten und öffentlichen Entscheidungen nicht berücksichtigt. Dies geschieht oft unbeabsichtigt, weil sich Entscheidungsträger über die von der Natur gratis bereitgestellten Leistungen nicht im Klaren sind.

Die ökonomische Bewertung stellt einen Ansatzpunkt dar, um dies zu ändern: durch die Inwertsetzung von Ökosystemleistungen sollen bisher „falsche“, d.h. zu enge und i.d.R. nur betriebswirtschaftliche Aspekte berücksichtigende Entscheidungen zugunsten von Entscheidungen korrigiert werden, die den Wert der Natur und ihrer vielfältigen Leistungen umfassender berücksichtigen.

Dies ist der Ansatz der Studie „Naturkapital Deutschland – TEEB – DE“. Naturkapital Deutschland – TEEB DE führt die internationale TEEB-Initiative auf nationaler Ebene fort. Hauptaufgabe sind mehrere thematische Berichte, die ökonomische Argumente für die Erhaltung des „Naturkapitals“ liefern und damit moralische und ökologische Begründungen für den Erhalt von Natur und Ökosystemleistungen sinnvoll ergänzen.

In diesem Beitrag soll das Vorhaben „Naturkapital Deutschland – TEEB DE“ vorgestellt werden. Ausgangspunkt der Betrachtungen ist das Konzept der Ökosystemleistungen (Abschnitt 2). In Abschnitt 3 wird der ökonomische Bewertungsansatz vorgestellt, und Abschnitt 4 gibt einige Informationen zum Projekt „Naturkapital Deutschland – TEEB DE“, seine Ziele und seine Vorgehensweise.

Das Konzept der Ökosystemleistungen

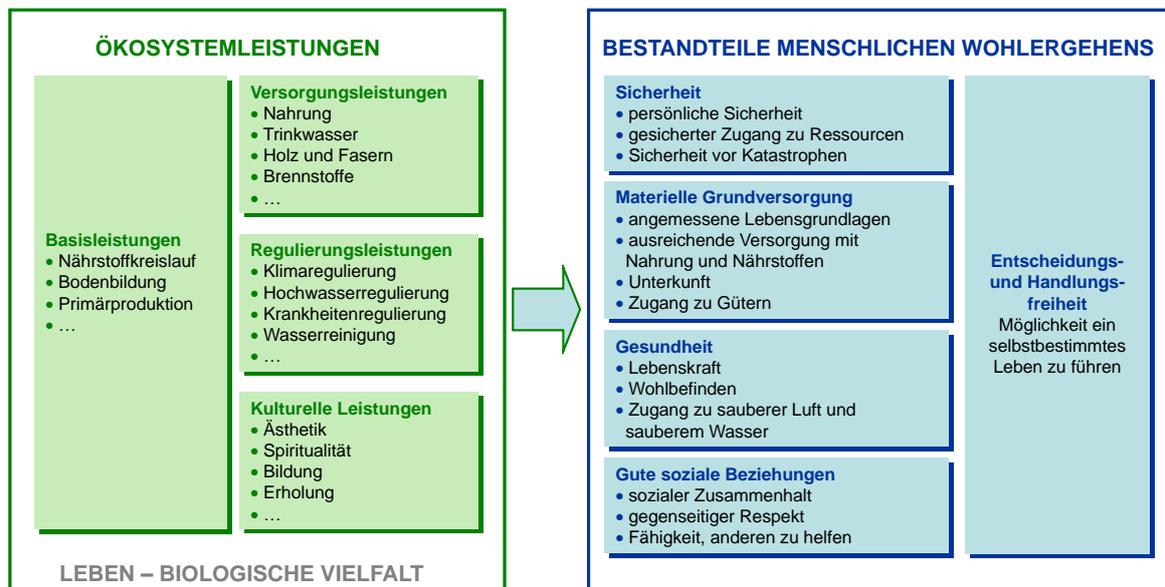
Das Konzept der Ökosystemleistungen zielt darauf ab, sich der vielfältigen Leistungen der Natur für den Menschen bewusst zu werden und sie zu systematisieren. In seiner am weitesten verbreiteten Konzeptualisierung nach dem Millennium Ecosystem Assessment (MA, 2005) lassen sich vier verschiedene Typen von Ökosystemleistungen unterscheiden (siehe Abbildung 1):

Basis- oder unterstützende Leistungen: diese umfassen Prozesse wie Bodenbildung, Photosynthese und den Nährstoffkreislauf. Sie sind Grundlage für die anderen Leistungen der Biodiversität und der Ökosysteme.

Versorgungsleistungen: die Bereitstellung von Gütern wie Holz, Nahrungsmitteln, Wasser oder Fasern.

Regulationsleistungen: Ökosysteme steuern das Klima und den Niederschlag, schützen uns vor Überschwemmungen und Bodenerosion, speichern oder bauen Schadstoffe ab.

Kulturelle Leistungen: Nationalparks z.B. gehören zum kulturellen Erbe eines Landes und stiften Identität. Sie haben einen Freizeit- und Erholungswert und eine spirituelle Wirkung. Sie werden als Kulturgüter und in ihrer sozialen Dimension anerkannt. Ihr Nutzen ist bedeutend für unser seelisches Wohlbefinden.



Quelle: übersetzt und verändert nach Millennium Ecosystem Assessment 2005

Abb. 1: Ökosystemleistungen als Bestandteile menschlichen Wohlergehens.

Mit Hilfe des Konzepts der Ökosystemleistungen lassen sich die Folgen menschlicher Konsum- und Investitionsentscheidungen für die Natur besser offen legen und damit auch deren Rückwirkungen auf das menschliche Wohlbefinden illustrieren. Die Beziehung zwischen dem Menschen und seiner natürlichen Umwelt ist bereits Gegenstand früher Überlegungen zur Bevölkerungsentwicklung, z. B. im Römischen Reich (Johnson, 2000). Eine moderne Forschung zu Ökosystemprozessen, -funktionen und -leistungen existiert aber erst seit den 1960er Jahren (Carson, 1962; Krutilla & Fisher, 1975). Ehrlich & Ehrlich (1981) sind die ersten Autoren, die den Begriff „Ökosystemleistungen“ verwenden. Mit der Entstehung der Forschungsrichtung der „Ökologischen Ökonomie“ Ende der 1980er Jahre (Costanza & Wainger, 1991) und den wegweisenden Veröffentlichungen von Gretchen Daily (1997) zur Konzeptualisierung der Dienstleistungen der Natur sowie der Debatte um den Versuch zur Ermittlung eines globalen Gesamtwertes aller Ökosystemleistungen (Costanza et al., 1997) stieg das wissenschaftliche Interesse an dem Konzept weiter an (de Groot et al., 2002). Die Verbreitung jenseits der wissenschaftlichen Debatte verdankt das Konzept der Ökosystemleistungen der Veröffentlichung der Report-Serie des Millennium Ecosystem Assessments (2005). Seit Oktober 2012 gibt es im Elsevier-Verlag zudem eine eigene Zeitschrift unter dem Titel „Ecosystem Services“. Die Relevanz des Assessments für Deutschland wird in Neßhöver et al. (2007) aufgezeigt.

Obwohl das Ökosystemleistungskonzept eine neuerliche intensive Beschäftigung mit der Mensch-Umwelt-Beziehung inspiriert hat, ist es bis jetzt nicht gelungen, gesellschaftliche Entscheidungsprozesse tiefgreifend in Richtung nachhaltiger Bewirtschaftung der Ökosysteme zu verändern (Naidoo et al., 2008; Daily et al., 2009). Dies dürfte auch daran liegen, dass klare Definitionen und Abgrenzung

von Ökosystemleistungen aufgrund der Komplexität der Systeme schwierig sind und teilweise in den Veröffentlichungen vage bleiben, da sie vom Erkenntnisinteresse abhängig sind (Wallace, 2007). Für einen konkreten Anwendungsbezug muss das Konzept daher allgemein weiterentwickelt und gleichzeitig im Einzelfall an den jeweiligen Kontext angepasst werden (Boyd & Banzhaf, 2007; Fisher et al., 2009). Insbesondere zum Zwecke der ökonomischen Bewertung von Ökosystemleistungen sind Fortentwicklungen nötig, um sinnvoll interpretierbare Ergebnisse zu erhalten (Fisher & Turner, 2008; Batemann et al., 2011). Die internationale TEEB-Initiative („The Economics of Ecosystems and Biodiversity“) hat den aktuellen Stand des Wissen hierzu aufgearbeitet und in einen aus dem MA weiterentwickelten Rahmen gebracht (TEEB, 2010a; 2010b; 2012).

Ökonomische Bewertung – Werte erfassen und in Entscheidungen integrieren

Fragt man nach den Ursachen des Verlustes an biologischer Vielfalt und Ökosystemleistungen, so besteht aus ökonomischer Sicht ein tiefer liegender Grund darin, dass die Leistungen der Natur derzeit größtenteils kostenlos genutzt werden können. Dagegen gehen die meisten anderen Güter und Dienstleistungen, wie etwa Industrie- und Konsumprodukte oder Arbeitskraft, mit einem Preis in wirtschaftliche Entscheidungen ein. Kostenlose Naturgüter und -leistungen aber werden weder von Produzenten noch von Konsumenten in angemessener Weise wahrgenommen, vielmehr gelten sie weiten Teilen der Bevölkerung als selbstverständlich verfügbar. Im Ergebnis verhalten sich einzelne Individuen als Trittbrettfahrer: sie nehmen die Natur und ihre Leistungen zwar umfassend in Anspruch, sind aber nicht bereit, bei ihren Entscheidungen die Erhaltung der Natur zu berücksichtigen und dafür Kosten aufzuwenden.

Diesen Sachverhalt umschreiben Ökonomen mit dem Begriff der „Öffentlichen Güter“ (Samuelson, 1954), und Natur hat in der Tat zum Teil den Charakter eines solchen öffentlichen Gutes:

Biologische Vielfalt und die Leistungen der Natur kommen uns in ganz unterschiedlicher Form zugute und sind breit gestreut. Oft fällt der Nutzen sogar global an (z.B. Klimaschutz). Dies macht es besonders schwer, den Wert dieser Leistungen zu erfassen.

Bestehende Märkte und Preise erfassen nur in Ausnahmefällen die Leistungen der Natur. Deshalb ist es auch sehr schwer oder gar unmöglich, Nutzer von Ökosystemleistungen zur Zahlung eines Preises heranzuziehen.

Selbst wenn Kosten und Nutzen von Natur richtig erfasst werden, wird es tendenziell zu wenig Naturschutz kommen, denn die Kosten für Naturschutz fallen sofort an, während sich der Nutzen der Maßnahmen oft über lange Zeiträume erstreckt und mit Unsicherheiten verbunden ist. Dies führt zu einer Unterschätzung und unzureichenden Berücksichtigung des Nutzens von Naturschutz. Entscheidungsträger sind deshalb oft nicht bereit, die heute anfallenden Kosten zu tragen.

Eine ökonomische Sicht kann helfen, die Funktionen und Leistungen der Natur besser sichtbar zu machen; sie kann zeigen, dass mit der Natur und den davon ausgehenden Leistungen z. T. erhebliche Werte verbunden sind. Ferner kann sie veranschaulichen, wer von den Leistungen der Natur profitiert und wer ggfs. die Kosten für die Wiederherstellung, den Schutz und die nachhaltige Nutzung der Natur trägt.

Für das Verständnis der ökonomischen Denkweise ist zentral, dass die Ökonomie davon ausgeht, dass nur das einen Wert besitzt, was dem Menschen in irgendeiner Form nützt. Basis für die Erfassung von umweltbezogenen Werten ist nach geltendem ökonomischem Verständnis das Konzept des „Ökonomischen Gesamtwertes“ („total economic value“). Hierbei handelt es sich um den Versuch, alle Arten von Nutzen der Natur und ihrer Leistungen für den Menschen zu erfassen und mit Werten zu belegen. Der ökonomische Gesamtwert unterteilt sich in verschiedene Einzelwerte, die in Abbildung 2 dargestellt sind (TEEB 2011: 195).

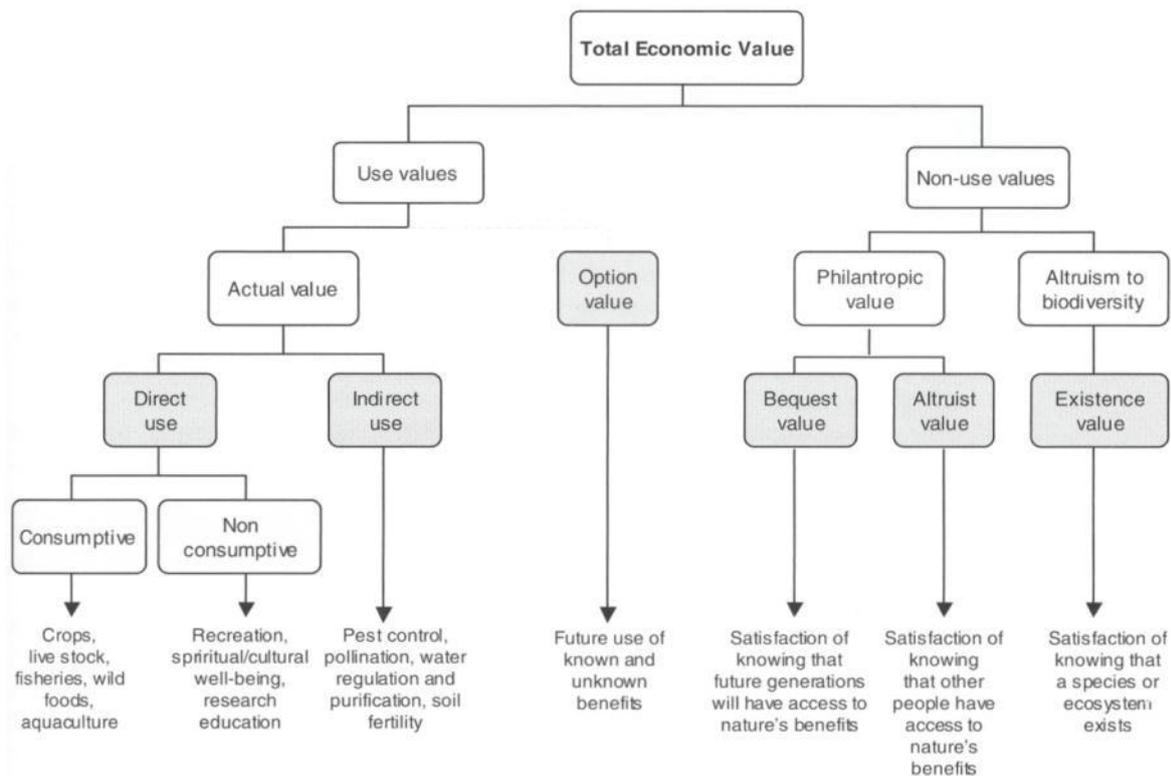


Abb. 2: Das Konzept des ökonomischen Gesamtwertes

Im Konzept des ökonomischen Gesamtwertes werden nutzungsabhängige und nicht-nutzungsabhängige Werte unterschieden. Die nutzungsabhängigen Werte stehen mit der Nutzung der Naturressourcen in Verbindung und werden in drei Wertkategorien untergliedert:

Direkte Nutzwerte. Diese beinhalten z.B. die Nutzung der Natur und ihrer Leistungen für Konsum- und Produktionszwecke oder den Genuss einer schönen Landschaft.

Indirekte Nutzwerte. Hier finden sich ökologische Leistungen der Natur wieder, die dem Menschen indirekt nützen, z.B. der Wert einer Aue als Retentionsfläche für Schadstoffe oder als Überschwemmungsfläche bei Hochwasser.

Optionswert. Hierbei handelt es sich um eine Art Versicherungsprämie für die zukünftige, potenzielle Nutzung – z.B. die Option, die Natur als Genpool zu nutzen.

Die nicht-nutzungsabhängigen Werte sind von der Nutzung unabhängig. Hier werden unterschieden:

Existenzwert. Allein die Kenntnis vom Vorhandensein einer seltenen Art sorgt für eine höhere Zufriedenheit und stiftet somit einen positiven Nutzen, stellt einen Wert dar.

Vermächtniswert. Er entsteht aus dem Anliegen, nachfolgenden Generationen die Natur so zu hinterlassen, dass diese denselben Nutzen aus ihr ziehen können, wie die heutige Generation.

Altruistischer Wert. Er entsteht daraus, dass Menschen mitunter einen Nutzen empfinden, wenn andere Menschen einen Zugang zu Umweltressourcen haben.

Das Konzept des ökonomischen Gesamtwertes ist damit wesentlich breiter und erfasst deutlich mehr Werte, als dies von Nicht-Ökonomen vielleicht angenommen wird. Die Werte gehen über einen direkten Nutzen oder gar i. e. S. den Nutzen der Natur für die Wirtschaft weit hinaus. Ganz wesentlich befördert dieses Konzept auch den Schutz und die nachhaltige Nutzung der Natur, indem es auch den indirekten Nutzen der Natur deutlich aufzeigt. Die Schönheit der Natur oder das Erlebnis eines Spaziergangs werden z.B. im ökonomischen Ansatz erfasst. Nicht berücksichtigt sind in der ökonomi-

schen Bewertung hingegen Selbstwerte der Natur. Ein solcher Selbstwert der Natur wird auch als „intrinsischer“ Wert der Natur bezeichnet. Er bezieht sich auf den Wert der Natur an sich um ihrer selbst willen (siehe z.B. WBGU 1999, ESER ET AL. 2011).

Das Projekt Naturkapital Deutschland – TEEB DE

Das Vorhaben „Naturkapital Deutschland“ ist der deutsche Beitrag zum internationalen Prozess zur Untersuchung der Bedeutsamkeit von Biodiversität und Ökosystemleistungen (Naturkapital Deutschland – TEEB DE, 2012). Das Vorhaben „Naturkapital Deutschland – TEEB DE“ will

den Zusammenhang zwischen den Leistungen der Natur, der Wertschöpfung der Wirtschaft und dem menschlichen Wohlergehen bewusst machen,

einen Anstoß liefern, die Leistungen und Werte der Natur genauer zu erfassen,

Möglichkeiten untersuchen und Vorschläge entwickeln, wie die Auswirkung auf das Naturkapital besser in private und öffentliche Entscheidungsprozesse integriert werden kann, um langfristig die natürlichen Lebensgrundlagen und die biologische Vielfalt zu erhalten

Die inhaltlichen Schwerpunkte liegen auf folgenden Fragen:

- Welche Bedeutung haben Ökosysteme in Deutschland für den Umgang mit dem Klimawandel?
- Wie können die Ökosystemleistungen ländlicher Räume und geschützter Gebiete langfristig gesichert werden?
- Wie tragen Stadtgrün und stadtnahe Ökosysteme zur Lebensqualität in Städten bei? Wie kann dieser Wert besser in Planungsentscheidungen einbezogen werden?
- Welche Möglichkeiten und Instrumente bestehen, den Wert von Ökosystemleistungen in Entscheidungen über Land- und Ressourcennutzung besser einzubeziehen?

Zahlreiche Akteure aus Wissenschaft, Politik, Verwaltung, Wirtschaft und Gesellschaft wirken an der Berichterstellung mit und tragen über die interaktive Webseite (www.naturkapital-teeb.de) zum Projekt bei. Gesucht werden aktuelle Forschungsergebnisse zur ökonomischen Bedeutung und Bewertung von Ökosystemleistungen sowie erfolgreiche Beispiele zur gesellschaftlichen und ökonomischen Inwertsetzung des Naturkapitals in Deutschland.

Literatur

- Bateman, I., G. Mace, C. Fezzi, G. Atkinson und K. Turner (2011): Economic Analysis for Ecosystem Service Assessments. *Environmental and Resource Economics* 48 (2), 177-218.
- Boyd, J. und S. Banzhaf (2007): What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units. *Ecological Economics* 63 (2-3), 616-626.
- Carson, R. (1962): *Silent spring*. Boston, Houghton Mifflin.
- Costanza, R. und L. Wainger (1991): *Ecological economics: the science and management of sustainability*. New York, Columbia University Press.
- Costanza, R., R. d'Arge, R. de Groot, S. Farber, M. Grasso, B. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R. V. O'Neill, J. Paruelo, R. G. Raskin, P. Sutton und M. van den Belt (1997): The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387 (6630), 253-260.
- Daily, G. C. (Hrsg.) (1997): *Nature's services: Societal dependence on natural ecosystems*. Washington, DC, Island Press.

- Daily, G. C., S. Polasky, J. Goldstein, P. M. Kareiva, H. A. Mooney, L. Pejchar, T. H. Ricketts, J. Salzman und R. Shallenberger (2009): Ecosystem services in decision making: time to deliver. *Frontiers in Ecology and the Environment* 7 (1), 21-28.
- de Groot, R. S., M. A. Wilson und R. M. J. Boumans (2002): A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics* 41 (3), 393-408.
- Ehrlich, P. R. und A. H. Ehrlich (1981): Extinction: the causes and consequences of the disappearance of species. New York, Random House.
- Eser, U., Neureuther, A.-K. und A. Müller (2011): Klugheit, Glück, Gerechtigkeit. Ethische Argumentationslinien in der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt. Bonn: Bundesamt für Naturschutz.
- Fisher, B. und R. K. Turner (2008): Ecosystem services: Classification for valuation. *Biological Conservation* 141 (5), 1167-1169.
- Fisher, B., Turner, R., Kerry, R. und P. Morling (2009): Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecological Economics* 68 (3), 643-653.
- Johnson, D. G. (2000): Population, Food, and Knowledge. *The American Economic Review* 90 (1), 1-14.
- Krutilla, J. V. und A. C. Fisher (1975): The economics of natural environments: Studies in the valuation of commodity and amenity resources. Baltimore, MD, John Hopkins University Press.
- Millennium Ecosystem Assessment (2005): Ecosystems and human well-being: Synthesis. Washington, DC, Island Press. <http://www.maweb.org/documents/document.356.aspx.pdf> (letzter Zugriff: 18.02.2012).
- Naidoo, R., A. Balmford, R. Costanza, B. Fisher, R. E. Green, B. Lehner, T. R. Malcolm und T. H. Ricketts (2008): Global mapping of ecosystem services and conservation priorities. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105 (28), 9495-9500.
- Naturkapital Deutschland TEEB DE (2012): Der Wert der Natur für Wirtschaft und Gesellschaft – Eine Einführung. München: Ifu-Plan; Leipzig: Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ; Bonn: Bundesamt für Naturschutz.
- Neßhöver, C., S. Beck, W. Born, S. Dziock, C. Görg, B. Hansjürgens, K. Jax, W. Köck, F. Rauschmayer, I. Ring, K. Schmidt-Loske, H. Unnerstall, H. Wittmer und K. Henle (2007): Das Millennium Ecosystem Assessment – Eine deutsche Perspektive. *Natur und Landschaft* 82 (6), 262-267.
- Samuelson, P.A. (1954): The Pure Theory of Public Expenditure. *The Review of Economics and Statistics* 36, 387-389.
- TEEB (2010a): The Economics of Ecosystems and Biodiversity – Mainstreaming the economics of nature: A synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB. http://www.teebweb.org/LinkClick.aspx?fileticket=bYhDohL_TuM%3d&tabid=924&mid=1813 (letzter Zugriff: 21.02.2012).
- TEEB (Hrsg.) (2010b): The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations. Edited by P. Kumar. London, Earthscan.
- TEEB (Hrsg.) (2012): The Economics of Ecosystems and Biodiversity in Local and Regional Policy. Edited by H. Wittmer and H. Gundimeda. London, Earthscan.
- Wallace, K. J. (2007): Classification of ecosystem services: Problems and solutions. *Biological Conservation* 139 (3-4), 235-246.
- WBGU (1999): Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen. Welt im Wandel. Umwelt und Ethik. Marburg: Metropolis.

Modellierung von Landnutzungsänderungen als Grundlage zur Bewertung von Landschaftsdienstleistungen

Ralf-Uwe Syrbe, Matthias Rosenberg und Doreen Rahe

Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung, Dresden

Zusammenfassung

Für die Planung und Gestaltung der Landschaft werden zunehmend Szenarien eingesetzt, durch die mögliche Maßnahmen oder Planungsvarianten, aber auch Risiken diskutiert und bewertet werden können. Die Bewertung von Landschaftsveränderungen erfolgt bevorzugt mit Hilfe des Konzeptes der Ökosystem- oder Landschaftsdienstleistungen. Solche Bewertungen setzen jedoch Karten der aktuellen oder einer angenommenen Landnutzung voraus. Bisher fehlte es an geeigneten Modellen zur kartographischen Konkretisierung der in Szenarien angenommenen Landnutzungsveränderungen. Im Rahmen des Projektes „Landschaft Sachsen 2050“ wurde ein Regelwerk zur Verräumlichung von Szenarien, genannt Land-Use change MOdeler (LUMO) entwickelt. Damit ist es möglich, die in den *Storylines* von Szenarien beschriebenen Landschaftszustände als Landschaftsmuster zu generieren und so verbale oder statistische Angaben kartographisch zu verorten.

Das LUMO-Regelwerk dient dazu, Flächen zu extrahieren, die anhand der entwickelten Szenarien potenziell für einen Nutzungswandel innerhalb der Sektoren Land- und Forstwirtschaft, Bergbau, Siedlungs- und Verkehrsflächen infrage kommen. Es wurde im Landkreis Görlitz erstmalig angewendet. Im Ergebnis entstanden für drei im Projekt „Landschaft Sachsen 2050“ erstellten Landschaftsszenarien passende Landnutzungsdatensätze, die sich durch Art, Struktur und Intensität der Nutzung unterscheiden. Wichtigstes Zwischenergebnis war ein Flächenpool, aus dem durch Expertenbefragungen, Workshops und andere partizipative Arbeitsformen Flächen bestimmter Eignung ausgewählt wurden, die nun für Bilanzierungen, Bewertungen oder für Planungen zur Verfügung stehen. Sie bilden eine Datengrundlage für die Bewertung veränderter Landschaftsdienstleistungen, um die Wirkung des Landschaftswandels ökonomisch, ökologisch und sozial ausgewogen abschätzen zu können.

Einleitung

Für eine geplante und vorausschauende Gestaltung der Landschaft werden in zunehmendem Maße Szenarien eingesetzt (z.B. Rothmans u. a. 2000, Santelmann u. a. 2004, van Berkel u. a. 2011). Durch solche Szenarien sollen vorgesehene Maßnahmen oder denkbare Planungsvarianten, aber auch Nutzungsrisiken (z. B. des Klimawandels) diskutiert und im Hinblick auf Ihre Auswirkungen bewertet werden (vgl. MA 2005, Alcamo 2008). Zur Bewertung ökologischer Folgen des Nutzungswandels hat sich weltweit das Konzept der Ökosystemdienstleistungen durchgesetzt, mit dem nicht nur eine höhere politische Relevanz erreicht wurde, sondern vor allem auch eine Ausgewogenheit der mit dem Landschaftswandel verbundenen ökonomischen, ökologischen und sozialen Konsequenzen angestrebt wird (de Groot u. a. 2002). Zur Anwendung des Konzeptes auf die Zukunftsentwürfe der Szenarien wird der Begriff der Landschaftsdienstleistungen (Termorshuizen und Opdam 2009) verwendet, weil nicht die Entwicklung der Ökosysteme, sondern die geplanten und ungeplanten Nutzungsänderungen großen Maßstabs ebenso im Mittelpunkt stehen, wie deren gesellschaftliche Reflexion durch die Akteure. Für solche Bewertungen existieren bereits eine Vielzahl von Modellen oder standardisierte Verfahren, u. a. aus der Landschaftsplanung, die allerdings Karten der aktuellen oder einer angenommenen Landnutzung voraussetzen (Barsch u. a. 2003). Bisher gibt es nur wenige Modelle zur kartographischen Konkretisierung der in Szenarien angenommenen Landnutzungsveränderungen (wie z. B. Nassauer u. a. 2004, Walz u. a. 2007, Verburg u. a. 2009, Clark Labs 2011).

Im Rahmen des Projektes „Landschaft Sachsen 2050“ wurde ein Regelwerk zur Verräumlichung von Szenarien, genannt Land-Use change MOdeler (LUMO) entwickelt, das zu den *Storylines* Nutzungsmuster generiert und so verbale oder statistische Angaben kartographisch verortet. Ziel der Methodik war es, Flächen zu extrahieren die anhand der entwickelten Szenarien potenziell für einen Nutzungswandel innerhalb der Sektoren Land- und Forstwirtschaft, Bergbau, Siedlungs- und Verkehrsflächen

infrage kommen. Nutzungsänderungen, die sich aus den erstellten Szenarien ergeben (z. B. durch Waldmehrung, steigenden Kohleabbau oder Bau von Siedlungs- und Verkehrsflächen sowie Etablierung ökologischer Vorrangflächen) sollten in ihrer räumlichen Verteilung und Lagebeziehung konkretisierbar sein. Dies stellte die Grundlage für folgende Bewertungen der Landschaftsdienstleistungen im weiteren Prozess der Szenarioentwicklung dar.

Methodik

Als entscheidender Bestandteil der Szenario-Methodik (Syrbe u. a. 2013) stellt die räumliche Verortung eine Brücke zwischen den in der Erzählungen (*Storylines*) der Szenarien formulierten Entwicklungen und den darauf anzuwendenden Bewertung der Landschaftsdienstleistungen dar. Durch veränderte Landnutzungsarten und -intensitäten sind die zukünftigen Landschaftszustände kartografisch umzusetzen, um sie beispielsweise in Szenario-Workshops zu diskutieren und mit Hilfe anderer partizipativer Verfahren (Befragung usw.) aus einer Nutzerperspektive bewerten lassen zu können. Diese kartographische Umsetzung resultiert aus einem Findungs- und Entscheidungsprozess.

Die Lage und räumliche Ausdehnung von Landschaftsversänderungen sind oft an bekannte geographische Kriterien gekoppelt, wie etwa die Eignung der Flächen für eine bestimmte Nutzung, deren Vornutzung bzw. Verfügbarkeit und die Lagebeziehungen zu anderen Flächen (gleicher oder unterschiedlicher Nutzung). Zu aller erst müssen Restriktionen, die eine Änderung der Flächennutzung begrenzen, wie die Lage bestimmter Flächen in Schutz- oder Risikogebieten, Beachtung finden. Weiterhin werden funktionale Zusammenhänge wie auch gesellschaftliche Nutzungsansprüche bzw. deren mögliche Konflikte berücksichtigt und in einem transparenten Regelwerk hinterlegt, welches schrittweise hinterfragt und angepasst werden kann. Für die Anwendung im Szenario-Prozess ergeben sich darüber hinaus einige Besonderheiten: So sind in die Verräumlichung von Trendszenarien bestehende Planungen, wie Regional- und Landschaftspläne oder auch (in Bergbaugebieten wie dem Landkreis Görlitz) Sanierungsrahmen- und Braunkohlenpläne räumlich konkret einzubeziehen. Schließlich spielt auch der Gesamtumfang der vorgesehenen Nutzungsänderungen innerhalb eines bestimmten Bezugsraums (Gemeinde, Landkreis oder Naturraum) und ggf. der nötigen Potenziale eine limitierende Rolle.

Diese Kriterien und ihre Ausprägungen sind bereits in der textlichen Ausformulierung der Storyline erfasst und werden mittels des Modells LUMO räumlich innerhalb eines GIS verortet und kartographisch dargestellt. Zur Untermauerung der verbalen Annahmen und für die kartographische Umsetzung des Trendszenarios werden quantitative Indikatoren des Umweltstatus ermittelt, die den aktuellen Zustand und die bisherige Entwicklung der Schutzgüter wie Wasser, Boden, Luft oder Landschaft beschreiben. Aufbauend auf den bisherigen Trends und den in den Szenarien ggf. gewählten Veränderungen werden auch diese Indikatoren für die einzelnen Zukunftsentwürfe abgeschätzt. Der Indikator „Anteil des Ökologischen Landbaus“ steht beispielsweise im engen Zusammenhang mit der Nutzungsintensität im Agrarraum. Die räumliche Verteilung, sowie prozentuale Zu- bzw. Abnahmen der von Bio-Betrieben bewirtschafteten Flächen können im Trendszenario für den Zeitschnitt bis 2030 aus Prognosen und Plänen (u.a. Regional- und Landschaftsentwicklung, Waldmehrungsplanung, Braunkohlenplanung und Sanierung) und politischen Vorgaben (Nationale Strategie zur Biologischen Vielfalt) abgeleitet werden. Für die Vorgehensweise in der Erstellung der alternativen Szenarien und für die fernere Zukunft im Trendszenario reicht diese Informationsebene nicht aus, deshalb wird sie durch ein kartographisches Modell ergänzt. Die hierfür entwickelten Module (A-D) bilden den Kern des regelbasierten Ansatzes zur Verortung von Landnutzungswandel (LUMO). Abbildung 1 zeigt schematisch die methodische Herangehensweise zur Verortung von Nutzungsänderungen, welche sich aus vier verschiedenen Modulen zusammen setzt:

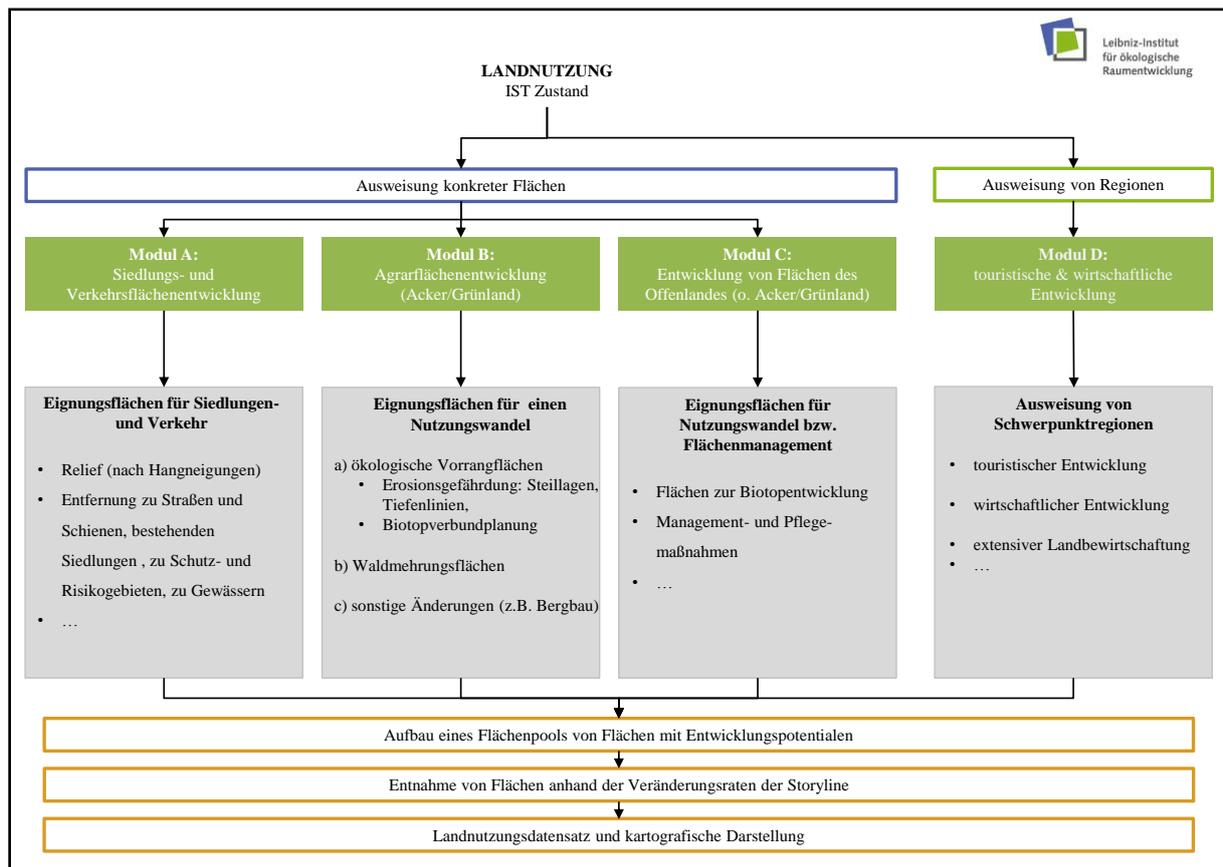


Abb. 1: Methodische Herangehensweise an die kartographische Modellierung von Nutzungsänderungen für Szenarien im Modell LUMO

- Modul A: bearbeitet zuerst die Veränderungen der Siedlungs- und Verkehrsflächen;
- Modul B: konkretisiert danach bestimmte Nutzungsänderungen im Agrarraum;
- Modul C: schätzt parallel dazu die Entwicklung von Flächen des Offenlandes ohne landwirtschaftliche Nutzung ab (z. B. Magerrasen, Felsfluren, Zwergstrauchheiden, Ruderal- und Staudenfluren, Abgrabungsgebiete);
- Modul D: macht schließlich Aussagen über die Entwicklung größerer Räume hinsichtlich ihrer touristischen und wirtschaftlichen Veränderungen, die zwar nicht flächenkonkret abgebildet werden, sich jedoch räumlich differenziert auswirken.

Wesentlicher Bestandteil des Vorgehens ist die Identifikation von Flächen die ein kritisches Potenzial bzw. eine bestimmte Eignung für den Nutzungswandel besitzen. Im Siedlungs- und Verkehrsraum sind diese Kriterien vor allem durch Relief und Lagebeziehungen zu bestehenden Siedlungsstrukturen gekennzeichnet. Im Agrarraum können z. B. die Ergebnisse der Bodenbewertung zur Abschätzung der Anbaueignung genutzt werden (SLfUG 2007). Die Kriterien für die Flächeneignungsprüfung werden in separaten Tabellen dargestellt und können somit im Szenario-Prozess kommuniziert werden. Bestimmte Kriterien (wie z. B. Lage in Schutzgebieten) schließen eine Umnutzung bzw. Nutzungsintensivierung aus, andere Kriterien wie die Zugehörigkeit zu Vorranggebieten weisen auf die bevorzugte Umwandlung in eine andere Nutzung hin. Anhand der Eignung von Flächen für eine bestimmte Folgenutzung erfolgt der Aufbau eines Flächenpools (vgl. Abb. 1). Aus diesem Flächenpool werden schließlich die Änderungsflächen anhand der in der *Storyline* festgelegten Veränderungsdaten entnommen. Die Auswahl kann Entweder per Zufallsprinzip oder aufgrund von Lagebeziehungen zu benachbarten Flächen bzw. Flächengrößen (minimal oder maximal) erfolgen.

Ergebnisse

Das Regelwerk wurde im Landkreis Görlitz erstmalig angewendet. Für drei im Projekt „Landschaft Sachsen 2050“ am Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung erstellte Landschaftsszenarien entstanden unterschiedliche Landnutzungsdatensätze, die sich durch Art und Intensität (Kopplung der Nutzungsart an bestimmte Bewirtschaftungsformen) der Nutzung unterscheiden. Aus dem entstandenen Flächenpool wurden durch Expertenbefragungen, Workshops und andere partizipative Arbeitsformen Flächen bestimmter Eignung ausgewählt, die somit für Bilanzierungen, Bewertungen oder für Planungszwecke zur Verfügung stehen. Diese bilden eine Datengrundlage für die Bewertung veränderter Landschaftsdienstleistungen, um die Wirkung des Landschaftswandels abschätzen zu können. Als Ergebnis entstehen Karten und Statistiken der Nutzungsklassen bzw. ihrer Änderungen aus denen sich wiederum Strukturmaße (Syrbe und Walz 2012) und andere Indikatoren zur Bewertung der Landschaftsdienstleistungen (Bastian u. a. 2013) ableiten lassen.

Mit der entwickelten Methodik wurden Flächen extrahiert, die, resultierend aus den Szenarien, potenziell für einen Nutzungswandel in Frage kommen. Abbildung 2 zeigt als Beispiel die resultierenden Flächenänderungen für das Trend-Szenario bis 2050 hinsichtlich der Module A-B. Auf Basis der erarbeiteten Informationen wurden verschiedene Betrachtungs- und Bewertungsräume ausgewiesen, die bevorzugt für sekundäre Nutzungen erscheinen:

- a) Flächenhafte Nutzungsänderungen: Flächennutzungsänderungen wurden auf konkreten Acker-, Grünland-, Forst- sowie Siedlungs- und Verkehrsflächen betrachtet (Ergebnis der Module A-C).
- b) Linienhafte Nutzungsänderungen: Lineare Strukturen, wie Gehölze an Gewässern, Hecken, Alleen und Windschutzstreifen, die nicht flächenhaft in der Landnutzungskarte ausgewiesen werden konnten, aber zur Strukturierung der Landschaft beitragen, wurden als statistische Attribute berücksichtigt (Ergebnis von Modul D).
- c) Intensität der Nutzung: Auch Intensitätsänderungen wurden in Regionen ausgewiesen. Im Agrarraum erfolgte eine Unterscheidung zwischen extensiver, intensiver und ökologischer Landwirtschaft. Im forstlichen Bereich wurde zwischen Naturwald (Kern- und Schutzzonen) sowie Nutzholz- bzw. Energieforst unterschieden (Ergebnis von Modul D).
- d) Entwicklungsregionen: Diese konnten aus Naturräumen, Vorrang- oder Vorbehaltsgebieten der Regionalpläne (z. B. touristische, wirtschaftliche Entwicklung) hervorgehen und bilden die Veränderungen größerer Räume ab (Ergebnis von Modul D).

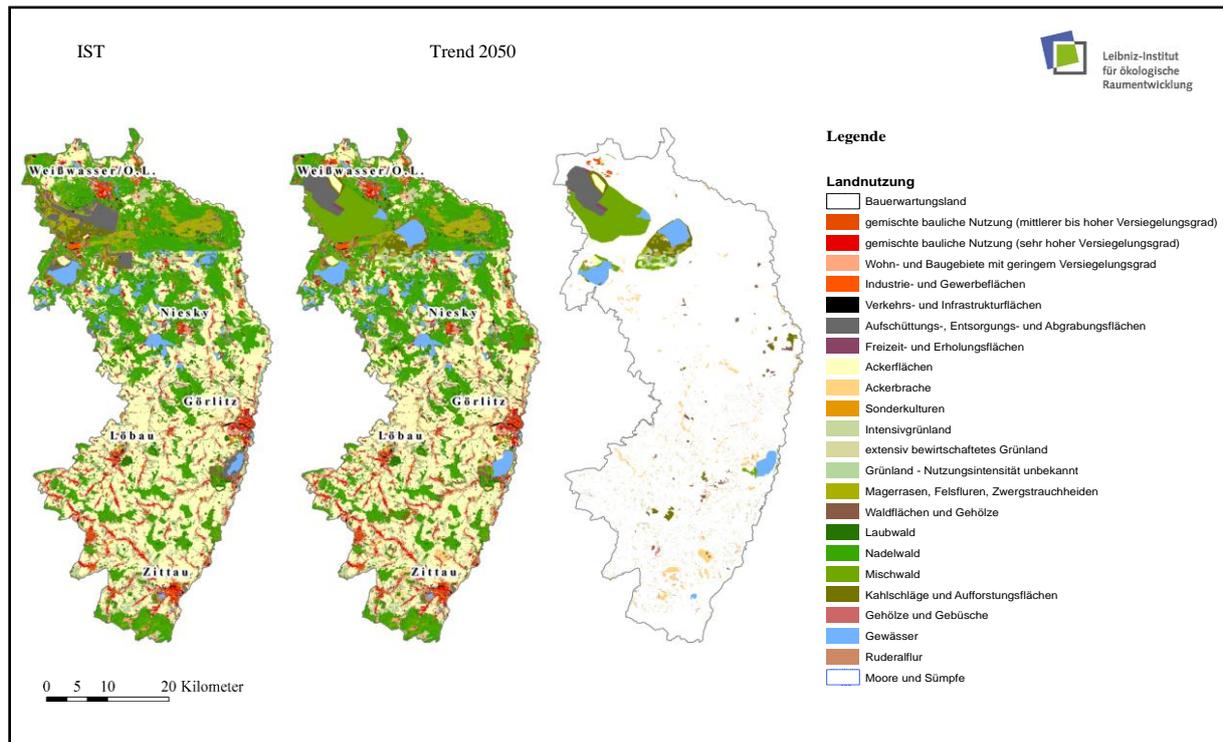


Abb. 2: Ist-Zustand der Landnutzung (linke Karte) und modellierte Veränderungen aufgrund des Trend-Szenarios (rechte Karten, farbige Flächen) im Landkreis Görlitz (Sachsen) mit Hilfe des Modells LUMO (Module A und B)

Schlussfolgerungen

Untersuchungen zum Landschaftswandel dienen der Beantwortung raumbezogener ökologischer und sozioökonomischer Fragestellungen. Sie sind eine wichtige Grundlage um mögliche Entwicklungen im Raum vorausschauend analysieren und beurteilen zu können. Der Landschaftswandel äußert sich in veränderten Nutzungs- und Landschaftsstrukturen. Die Auslöser sind vielfältig miteinander verknüpft. Die Formulierung von Szenarien vermittelt differenzierte Sichtweisen auf bestimmte Entwicklungen im Raum und bietet die Möglichkeit verschiedene Zukunftspfade des Landschaftswandels zu untersuchen. Dabei ist eine Verortung des Nutzungswandels entscheidend für die Visualisierung der flächenwirksamen Ausprägungen und somit auch für die Kommunikation der Szenario-Ergebnisse. Das Regelwerk LUMO stellt hierzu einen geeigneten methodischen Ansatz dar. Es wurde für die regionale Ebene entwickelt und im Landkreis Görlitz (Freistaat Sachsen) erfolgreich getestet. Das Regelwerk eröffnet mit seinen flächenspezifischen Aussagen die Möglichkeit für eine Bewertung von Landschaftsdienstleistungen oder für strukturelle Analysen. Die Verortung fördert außerdem eine erhöhte Transparenz der Szenarioergebnisse und die Einordnung in räumliche Zusammenhänge. Somit ist LUMO ein methodisches Werkzeug, welches die grundlegenden Kenntnisse über mögliche zukünftige Entwicklungen anschaulich werden lässt. Für die räumliche Planung sind Kenntnisse zum Landschaftswandel und damit einhergehende Veränderungen im Landschaftsgefüge ein wichtiger Baustein für die Formulierung bzw. Anpassung geeigneter Maßnahmen.

Literatur

- Alcamo, J. (2008): Environmental Futures: The Practice of environmental scenario analysis.
- Barsch, H.; Bork, H.-R. und R. Söllner (Hrsg.)(2003): Landschaftsplanung – Umweltverträglichkeitsprüfung – Eingriffsregelung. Klett-Perthes, 537 S.

- Bastian, O.; Grunewald, K.; Leibenath, M.; Syrbe, R.-U.; Walz, U. und W. Wende (2013): Landschaftsdienstleistungen. In: Grunewald, K.; Bastian, O. (Hrsg.): Ökosystemdienstleistungen. Konzept, Methoden und Fallbeispiele. Springer Spektrum.
- CLARK LABS (2011): IDRISI Focus Paper: Species Distribution Modeling in IDRISI's Land Change Modeler. www.lclarklabs.org
- De Groot, R. S.; Wilson, M. A. und Boumans R. M. J. (2002): A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics* 1 (3) 393-408.
- MA. (2005): Ecosystems and human well-being: Synthesis. <http://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>
- Nassauer, J.I. und R. C. Corry (2004): Using normative scenarios in landscape ecology. *Landscape Ecology*, 19, 343-356.
- Rotmans, J., Asselt van, M., Anastasi, C., Greeuw, S., Mellors, J., Peters, S., Rotman, D. und N. Rijkens (2000): Visions for a Sustainable Europe. *Futures*, 32, 809-831.
- Santelmann, M., White, D., Freemark, K., Nassauer, J., Eilers, J., Vaché, K., Danielson, B., Corry, R., Clark, M., Polasky, S., Cruse, R., Sifneos, J., Rustigian, H., Coiner, C., Wu, J. und D. Debinski (2004): Assessing alternative futures for agriculture in Iowa, U.S.A. *Landscape Ecology*, 19, 357-374.
- SLfUG - Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (Hrsg.) (2007): Bodenatlas des Freistaates Sachsen - Teil 4: Auswertungskarten zum Bodenschutz.
- Syrbe, R.-U. und U. Walz (2012): Spatial indicators for the assessment of ecosystem services: providing, benefiting and connecting areas and landscape metrics. *Ecological Indicators* 21, 80-88.
- Syrbe, R.-U.; Rosenberg, M. und J. Vowinckel (2013): Szenarioentwicklung und partizipative Verfahren. In: Grunewald, K. und O. Bastian (Hrsg.) Ökosystem-Dienstleistungen. Konzepte, Methoden und Fallbeispiele. Springer Spektrum.
- Termorshuizen, J. und P. Opdam, (2009): Landscape services as a bridge between landscape ecology and sustainable development. *Landscape Ecology*, 24 (8) 1037-1052.
- Van Berkel, D. B.; Carvalho-Ribeiro, S. C.; Verburg, P. H.; Lovett, A. (2011) Identifying assets and constraints for rural development with qualitative scenarios: A case study of Castro Laboreiro, Portugal. *Landscape and Urban Planning* (doi:10.1016/j.landurbanplan.2011.03.016).
- Verburg, P. und K. Overmars (2009): Combining top-down and bottom-up dynamics in land use modeling: exploring the future of abandoned farmlands in Europe with the Dyna-CLUE model. *Landscape Ecology*, 24, 1167-1181.
- Walz, A.; Lardelli, C.; Behrendt, H.; Gret-Regamey, A.; Lundström, C.; Kytzia S. und P. Bebi (2007): Participatory scenario analysis for integrated regional modelling. *Landscape and Urban Planning* 81 (2007) 114-131.

Integration von Ökosystemdienstleistungen in die Landschaftsplanung

Christian Albert¹, Carolin Galler¹, Christina von Haaren¹

¹Leibniz Universität Hannover, Institut für Umweltplanung

Zusammenfassung

Das Konzept der Ökosystemleistungen wird auch in Deutschland zunehmend diskutiert. Bisher ist ungeklärt, wie das Konzept in den Theorie- und Methodenkanon der Landschaftsplanung einzuordnen ist.

Ziel dieses Beitrags ist es, die Konzepte der Ökosystemleistungen und der Landschaftsfunktionen zu vergleichen sowie mögliche Vorteile einer stärkeren Integration des Ökosystemdienstleistungskonzepts in die praktische Landschaftsplanung auszuloten. Darüber hinaus sollen Möglichkeiten zur Weiterentwicklung der Methoden der Landschaftsfunktionsanalyse in Richtung einer quantitativen Erfassung von Ökosystemleistungen erörtert werden.

Der Vergleich zeigt zahlreiche Gemeinsamkeiten zwischen den Konzepten, bspw. in Bezug auf die angestrebten Ziele sowie die berücksichtigten Arten von Nutzen. Unterschiede bestehen hinsichtlich der Methoden und der Rolle von ökonomischen Bewertungen. Eine sinnvolle Integration des Ökosystemleistungskonzepts in die Landschaftsplanung würde insbesondere in der Erweiterung um Ansätze zur Berücksichtigung von privaten Gütern, zur Bilanzierung von Leistungen und ökonomischen Bewertungen bestehen. Umgekehrt könnte Landschaftsplanung methodisch erheblich zur Umsetzung des Ökosystemleistungskonzepts beitragen. Bei einigen Landschaftsfunktionen (wie bspw. der Grundwasserneubildungsfunktion) lassen sich die zur Bewertung verwendeten ordinalen Skalen direkt quantitativen Abschätzungen zuordnen. Bei anderen Landschaftsfunktionen besteht weiterer Forschungsbedarf.

Einleitung

Das Konzept der Ökosystemleistungen (ÖL) besteht darin, den Nutzen von ökologischen Systemen für die Menschen zu beschreiben. Ziel ist es dabei, vornehmlich durch die Darstellung des ökonomischen Wertes von ÖL das öffentliche Bewusstsein zu schärfen und Beiträge zu einer langfristigen Sicherung des Dargebots an ÖL zu leisten.

Zentrale Arbeiten zur Klassifikation, Quantifizierung und ökonomischen Bewertung von Gütern und Leistungen von Ökosystemen wurden bereits in den 1990er Jahren durch De Groot (1992), Costanza (1997) und Daily (1997) geleistet. Zunehmendes Interesse erfuhr das Konzept durch die Veröffentlichung des Millennium Ecosystem Assessment (MA 2005), mit dem erstmals ein systematischer Überblick über den Zustand und Nutzen der Ökosysteme der Erde für den Menschen geschaffen wurde. In den folgenden Jahren nahm die Zahl an Forschungspublikationen zu dem Thema weiter stark zu (Fisher et al. 2009). Ein wichtiger Meilenstein war dabei die TEEB-Studie (The Economics of Ecosystems and Biodiversity, <http://www.teebweb.org>), die darauf abzielte den ökonomischen Wert von Leistungen der Biodiversität und Ökosysteme für die Politik besser erfassbar zu machen. In Bearbeitung ist derzeit eine deutsche Nachfolgestudie mit dem Titel „Naturkapital Deutschland – TEEB-DE“.

Neben ersten deutschsprachigen Veröffentlichungen zum Konzept der ÖL (Grunewald & Bastian 2010, Kienast 2010, Plieninger et al. 2010) bestehen hierzulande langjährige Erfahrungen in der Erfassung und Bewertung von Landschaftsfunktionen. Bisher ungeklärt ist, inwiefern sich die Konzepte der ÖL und der Landschaftsfunktionen unterscheiden und welche Beiträge die internationale Forschungsdebatte für die deutsche Landschaftsplanungspraxis leisten könnte.

Ziel dieses Beitrags ist es, die Konzepte der ÖL und der Landschaftsfunktionen zu vergleichen sowie mögliche Vorteile einer stärkeren Integration des ÖL-ansatz in die praktische Landschaftsplanung auszuloten. Dazu werden folgende Fragen behandelt:

1. Welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede bestehen zwischen den Begriffen und Konzepten der ÖL und der Landschaftsfunktionen?
2. Wie sollten die etablierten Methoden zur Bewertung von Landschaftsfunktionen weiterentwickelt werden, um das Ökosystemdienstleistungskonzept bzw. Ansätze zu Quantifizierung und ökonomischer Bewertung des Dargebots von ÖL in die Landschaftsplanung zu integrieren?

Dieser Beitrag basiert auf Auszügen zweier Publikationen der Autoren (Albert & von Haaren im Druck, Albert et al. 2012) sowie einigen weiterführenden Überlegungen. Ein ausführlicher Überblick zum Thema findet sich in von Haaren & Albert (2011).

Ergebnisse

Zwischen den Konzepten der ÖL und der Landschaftsfunktionen bestehen viele Gemeinsamkeiten aber auch Unterschiede. Daraus lassen sich Ansatzpunkte für eine stärkere Integration der beiden Ansätze ableiten, sowie Vor- und Nachteile einer Ergänzung der Landschaftsplanung diskutieren.

Gemeinsamkeiten zwischen den Konzepten bestehen hinsichtlich der ähnlichen konzeptionellen Hintergrunds, der Ziele, sowie der großen Überschneidungen bei den berücksichtigten Dienstleistungen bzw. Funktionen von Natur und Landschaft. Drei bedeutende Unterschiede können festgestellt werden.

- ÖL wurden bisher primär für hohe Entscheidungsebenen (global, national) ermittelt und für Entscheidungen in stark aggregierten Bilanzen und ökonomisch ausgedrückten Ergebnissen dargestellt. Hier liegen auch die methodischen Stärken des Ansatzes.
- Landschaftsplanung beschäftigt sich ausschließlich mit solchen (i.d.R. öffentlichen) Dienstleistungen und Gütern, die am Markt unzureichend oder nicht unberücksichtigt werden und für die deshalb ein staatlicher Vorsorgeauftrag besteht. Das Ökosystemdienstleistungskonzept dagegen umfasst auch private Güter (wie bspw. Nahrungsmittel).
- Partizipation von Stakeholdern bei der Auswahl der betrachteten Leistungen, der Bewertung und Zielfestlegung kommt im ÖL-Ansatz bisher weit weniger differenziert zum Einsatz als in der Landschaftsplanung, die immer den Unterschied zwischen Gemeinwohl und Einzelinteressen beachten muss.
- Ein wichtiger Bestandteil der Abschätzung von ÖL sind zumeist quantifizierte Abschätzungen und ökonomische Bewertungen. Die Landschaftsplanung arbeitet dagegen überwiegend mit Bewertungen auf ordinalen Skalen, die sich für die Entscheidungsunterstützung zu Landnutzungen auf lokaler und regionaler Ebene als ausreichend erwiesen haben.

Aufgrund der großen Überschneidungen könnte die Landschaftsplanung (als in Deutschland eingeführtes Instrument) auf den unteren Planungsebenen zu einer Trägerin des Ökosystemdienstleistungsansatzes werden. Auf den oberen Ebenen kann sie ihn bei der Integration von Umweltzielen in gesamtwirtschaftliche Berechnungen sowie Ökobilanzen unterstützen. In Hinblick auf diese beiden Einsatzfelder wäre allerdings die Landschaftsplanung auf der lokalen und regionalen Ebene zu ergänzen und weiterzuentwickeln.

Eine Integration des Ökosystemdienstleistungskonzepts in die Landschaftsplanung würde bedeuten, das Dargebot an Dienstleistungen der Landschaft stärker quantitativ zu bilanzieren und ggf. ökonomisch zu bewerten. Die könnte zu folgenden Nachteilen führen:

- Fehlt eine sorgfältige Differenzierung zwischen den Landschaftsfunktionen im staatlichen Zuständigkeitsbereich und Marktgütern in der Planung, so wird die Abgrenzung von Zuständigkeiten für die Umsetzung und Finanzierung schwierig.
- Ökonomische Bewertungen bergen das Risiko, nicht-genutzte Leistungen unter ihrer Bedeutung für das Wohlergehen der Gesellschaft zu bewerten. Darüber hinaus könnten bei der Nutzung ökonomischer Ansätze Werte der Natur gegeneinander und gegen kommerzielle Marktwerte ausgespielt werden (Prinzip der schwachen Nachhaltigkeit).
- Quantifizierungen und ökonomische Bewertungen von ÖL basieren zwangsläufig auf einer größeren Zahl von Annahmen und komplizierteren Verfahren als Bewertungen von Landschaftsfunktionen auf ordinalen Skalen. Eine große Herausforderung besteht daher darin, diese Methoden transparent zu kommunizieren um partizipative Verfahren zu ermöglichen. Öffentliche Diskussionen über die Angemessenheit genannter ökonomischer Werte könnten von den

eigentlichen planungsrelevanten Fragen ablenken. Die Kommunikation von Unsicherheiten könnte diesem Risiko entgegensteuern.

Trotz der angesprochenen Herausforderungen birgt eine Integration des ÖL-Konzepts in die Landschaftsplanung große Chancen. Die ökonomische Bewertung von Leistungen von Natur und Landschaft könnte wichtige, zusätzliche Argumente für die Umsetzung von Maßnahmen zum Schutz und der nachhaltigen Nutzung von Landschaften schaffen. Eine Berücksichtigung (ausgewählter) marktfähiger Güter könnte die Bildung von Allianzen mit Landnutzern unterstützen, indem Synergien zwischen der Bereitstellung von Landschaftsfunktionen und einer Vermarktung der auf den gleichen Flächen oder in der gleichen Landschaft erzeugten Güter aufgezeigt werden. Ebenfalls könnte die Argumentationskraft der Landschaftsplanung verbessert werden, wenn nicht nur potenzielle Verminderungen von naturschutzrelevanten Landschaftsfunktionen aufgezeigt, sondern auch zusätzliche Produktionspotenziale für Marktgüter dargestellt würden. Mögliche Einsatzgebiete für Bilanzierungen könnte die Planung und Erfolgskontrolle von quantitativen Umweltzielen sein (bspw. dem Flächenverbrauchsziel der Bundesregierung). Nicht zuletzt wäre der Bilanzierungsansatz in hohem Maße geeignet, politische Entscheidungsprozesse zu unterstützen (bspw. zum Anteil von Biotreibstoffen am Energiemix, s. Urban et al. 2011). Als Nebeneffekt würden Bewertungen, die auf der Verbreitung bzw. Knappheit von Funktionen beruhen (z.B. der Biotopbewertung), besser unterfüttert werden.

Die insgesamt notwendige Weiterentwicklung der Terminologie der Landschaftsplanung und ihrer Methoden könnte sich u.a. folgenden Fragen widmen:

- Welcher Begriff wäre geeignet, der – analog zu den „Dienstleistungen“ aus dem Ökosystemdienstleistungskontext – zwischen den Landschaftsfunktionen und den Nutzenstiftungen für die Menschen steht? Der Begriff ‚Ökosystemleistung‘ hat sich zwar in der wissenschaftlichen und politischen Diskussion etabliert, könnte jedoch für die Kommunikation mit der Öffentlichkeit und Zusammenarbeit mit lokalen Akteuren schwierig sein, da viele Menschen sich wenig unter Ökosystemen vorstellen können. Grunewald & Bastian (2010) sowie Termorshuizen & Opdam (2009) schlagen den Begriff ‚Landschaftsleistungen‘ als Synonym für ÖL vor. Dieser Begriff hat den Vorteil eines klaren Raumbezugs. Gleichzeitig scheint er aufgrund der Einbeziehung von menschlichen Einflüssen für den Einsatz in der praktischen Planung geeignet.
- Wie kann die Analyse von Landschaftsfunktionen um quantitative Abschätzungen ergänzt werden, um eine nützliche Informationsbasis für ökonomische Bewertungen zu schaffen? Dafür sind die bestehenden Bewertungsmethoden auf ordinalen Skalen dahingehend weiterzuentwickeln, dass sie – auf der Basis vorhandener empirischer Daten – Schätzwerte für den quantitativen Abfluss oder die Bereitstellung von Landschaftsleistungen pro Hektar und Zeiteinheit liefern. Dazu müssen geeignete Indikatoren und Berechnungsansätze entwickelt werden. Für bestimmte Landschaftsfunktionen bestehen bereits Zuordnungsregeln zwischen kardinalen Messwerten und den ordinalen Skalenstufen (bspw. in von Haaren et al. 2011). Bei anderen Landschaftsfunktionen wie dem Landschaftsbild stellen quantitative Bewertungen eine größere Herausforderung dar. Hier könnten standardisierte Punktesysteme erarbeitet werden. Erfahrungen mit Methoden zur Bestimmung von Ersatzgeld im Rahmen der Eingriffsregelung oder bei der Berechnung von Kosten und Finanzierungsmöglichkeiten für Landschaftspflegemaßnahmen (Albert et al. 2008) könnten praxistaugliche Hinweise liefern. Auch das derzeit laufende Forschungsprojekt „QUANTIFY – Quantifizierung von Ökosystemleistungen zur Entscheidungsunterstützung in der Landschaftsplanung“ (<http://www.dezernat4.uni-hannover.de/673.html>) könnte hier wichtige Erkenntnisse liefern.
- In welchen praktische Planungs- und Managementinstrumente sollte der ÖL-Ansatz integriert werden? Diese Frage bezieht sich auf die Praxistauglichkeit des Konzepts. Es ist zu erforschen, welche Interessen von Seiten der Verwaltung und Entscheidungsträgern auf unterschiedlichen administrativen Ebenen bestehen, das ÖL-Konzept in bestehende Planungen und Entscheidungsprozesse zu nutzen.

Literatur

- Albert, C., Von Haaren, C. (im Druck): Ökosystemdienstleistungen in der Landschaftsplanung: Konzepte und Begrifflichkeiten. In: Bürger-Arndt, R., Hrsg., BfN-Skripten: Ökosystemdienstleistungen von Wäldern.
- Albert, C., Von Haaren, C., Galler, C. (2012): Ökosystemdienstleistungen: Alter Wein in neuen Schläuchen oder ein Impuls für die Landschaftsplanung? *Naturschutz und Landschaftsplanung* 44, (5), 142-148.
- Albert, C., Von Haaren, C., Mahnkopf, B. (2008): Potenzialanalyse für Landschaftspflege und Naturschutzprodukte: Ermittlung des Flächen- und Finanzierungsbedarfs sowie des Erzeugungspotenzials anhand der Landschaftsrahmenplanung. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 40, (11), 373-378.
- Costanza, R., D'arge, R., De Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R. V., Paruelo, J., Raskin, R. G., Sutton, P., Van Den Belt, M. (1997): The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387, (6630), 253-260.
- Daily, G. C. (1997): *Nature's Services*. Island Press/Shearwater Books, Washington, D.C.
- De Groot, R. S. (1992): *Functions of nature: evaluation of nature in environmental planning, management, and decision-making*. Wolters Noordhoff BV, Groningen, Netherlands.
- Fisher, B., Turner, R. K., Morling, P. (2009): Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecological Economics* 68, (3), 643-653.
- Grunewald, K., Bastian, O. (2010): Ökodienstleistungen analysieren - begrifflicher und konzeptioneller Rahmen aus landschaftsökologischer Sicht. *Geo-Öko* 31, 50-82
- Kienast, F. (2010): Landschaftsdienstleistungen: ein taugliches Konzept für Forschung und Praxis? In: Eidgenössische Forschungsanstalt WSL, Hrsg., *Landschaftsqualität. Konzepte, Indikatoren und Datengrundlagen*. Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt WSL. 7-12.
- Ma (2005): *Millennium Ecosystem Assessment Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Island Press, Washington, D.C.
- Plieninger, T., Bieling, C., Gerdes, H., Ohnesorge, B., Schaich, H., Schleyer, C., Trommler, K., Wolff, F. (2010): Ökosystemleistungen in Kulturlandschaften - Konzept und Anwendung am Beispiel der Biosphärenreservate Oberlausitz und Schwäbische Alb. *Natur und Landschaft* 85, (5), 187-192.
- Termorshuizen, J., Opdam, P. (2009): Landscape services as a bridge between landscape ecology and sustainable development. *Landscape Ecology* 24, (8), 1037-1052.
- Urban, B., Von Haaren, C., Kanning, H., Krahl, J., Munack, A. (2011): Methode zur Bewertung der Arten- und Biotopvielfalt (Biodiversität) in Ökobilanzen am Beispiel biogener Kraftstoffe - Aussagemöglichkeiten und -grenzen für Ökobilanzen auf Bundesebene auf der Basis vorhandener Daten Hannover, Umwelt und Raum. Schriftenreihe des Institut für Umweltplanung, Leibniz Universität Hannover.
- Von Haaren, C. (Hrsg., 2004): *Landschaftsplanung*, Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Von Haaren, C., Albert, C. (2011): Integrating ecosystem services and environmental planning: limitations and synergies. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management* i-First 1-18.
- Von Haaren, C., Saathoff, W., Galler, C. (2011): Integrating climate protection and mitigation functions with other landscape functions in rural areas: a landscape planning approach. *Journal of Environmental Planning and Management* 55, (1), 59-76.

The Nexus EcoSystem Services - Policy

Hubert Wiggering^{1,2}, Franka Papendiek¹, Katharina Helming¹, Katharina Diehl¹, Johannes Brenner², Franziska Faul², Sophie Ittner², Lena Scheiffle², Anna Schlingmann², Sebastian Voß², Peter Weißhuhn², Mirjam Zörner²

Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V., Eberswalder Straße 84, D-15374 Müncheberg,
Institute of Earth and Environmental Science, University of Potsdam, Karl-Liebknecht-Straße 24/25, D-14476 Potsdam

Zusammenfassung

Das Konzept der Ecosystem Services wird bisher als Gegenstand wie auch bei der Bewertung von Gesetzen und Regelungen wenig verwandt, wobei sich dies gerade bei klimapolitischen Fragestellungen anbietet. Ein Grund für diese Diskrepanz mag sein, dass sich zwischen der wissenschaftlichen Diskussion um Ökosystemleistungen und dem politischen Umgang damit häufig eine riesige Kluft auftut. Wenn Ökosystemleistungen in die Betrachtungen einbezogen werden, dann gerade so nach Bedarf, dass dies mit dem Griff „ins Regal im Supermarkt“ verglichen werden kann. Stellt man aus der systemtheoretischen Diskussion heraus die Mensch-Umwelt-Interaktionen (Human-Environmental Systems Interactions) auf den Prüfstand, kann dies Möglichkeiten eröffnen diese Fragmentierung, die häufig einer systemischen Betrachtung von Problemstellungen und deren entsprechenden Lösungsansätzen entgegensteht, zu überwinden. Im Ergebnis ist eine systematische Herangehensweise im Transfer der wissenschaftlichen Erkenntnisse in die Politik vonnöten (science-policy interface), um die genannte Kluft zu schließen. Eine Möglichkeit dazu bietet die Verschneidung der methodischen Ansätze der Nachhaltigkeitsbewertung (ex-ante impact assessment) sowie des Driving-Forces-Pressure-State-Impact-Response-Ansatzes (DPSIR) mit dem Ecosystem Services-Konzept.

Introduction

In the context of policy the concept of ecosystem services is: underestimated, ignored, misunderstood, misused ... Is it, that we just do not apply it in the right way? And does the concept really help solve some of the current challenges? In what way does the concept concern e.g. our activities to cope with climate change ... or is it the other way round, so that in fact, the global challenges impact scientific theories such as the concept of ecosystem services?

The description of the specific ecosystem services points out that strong links between all services exist and that they often emerge as trade-offs. As in many cases it is hard to distinguish between the different services according to the classification introduced e.g. by the MA (2005a). Is this problem solved, when the specific services are described in the spheres in which they play a role, e.g. within the context of climate change? The classification system proposed by the MA delivers an overview, widely accepted and often cited. Still open is the question, whether we distinguish in the right way between the services that humans seek and the processes which deliver these services – probably the key to explain politicians how to introduce ecosystem services into policy procedures. For instance, many of the so-called supporting and regulating services, are not actually services themselves, but rather influence the quantity and quality of services such as food and potable water. Thus, according to Wallace (2007), services listed by the MA are not a coherent set of services at the same level and are, therefore, neither useful for comparison and trade-offs, nor is this system an effective means for natural resource decision-making. Thus, e.g. an alternative classification system which evaluates only the assets that are directly used by humans in manifold ways has to be proposed: adequate resources, benign physical and chemical environment, protection from predators/diseases/parasites, adaptation to climate change, socio-cultural fulfillment etc.

As the approach of ecosystem services in general is explicitly anthropocentric, protection and support of ecosystem services is promoted less because of their mere existence but much more in order to derive benefits for humans from the ecosystem. The intrinsic value of the ecosystem itself and its products are neglected within the policy procedures.

Even though the processes should not, strictly speaking, be considered as services, we would like direct attention to them in order to understand supporting services as basic ecosystem functions (processes forming the ecosystem). Quantifying them through indicators contains a considerable potential to observe sustainable development and to identify the tipping points of dynamic ecosystems. Again, a clear segregation of ecosystem services is not possible because links often emerge between the spheres and processes influence each other. Knowledge of these processes is indispensable to understanding the effects of human intervention on ecosystem services and is a prerequisite for a sustainable and successful treatment of the environment.

Methodological Approach

Policy making can reduce negative impacts of climate change adaptation strategies towards optimized provision of ecosystem services. Policies usually focus regulations, financial incentives or education measures. These instruments in turn considerably affect the decisions made by different stakeholders. E.g. land use policies counteract or reinforce external driving forces such as climate change, global economic developments, demography, consumption patterns and interact with socio-economic and geophysical processes of ecosystem services.

The policy making community articulates an emerging demand for scientific support and research based evidence in support of the policy process. Consequently, providing this evidence in a useful and timely manner is an emerging challenge for researchers. **Ex-ante impact assessment** of policy making provides the legal basis to fuel scientific evidence into the policy process. For researchers, impact assessment is a means to structure the analysis of human-environment interactions. For policy makers, impact assessment is a means to better target policy decisions towards sustainable development. The integration of both requires a mutual understanding of the respective objectives and operational restrictions within the scientific and policy-making domains.

Therefore insight is necessary into the jurisdictional process of policy impact assessment and how research based methods and tools can best feed into this process. Policy fields affecting a management of ecosystem services have to be outlined at different levels of governance. An analytical framework and application examples for impact assessment has to be provided (Helming et al., 2011).

Ex-ante impact assessment e.g. was institutionalised by the European Commission as an obligatory step in EU legislation in the context of the EU Lisbon and Sustainable Development Strategies with the aim of making sustainable development operational in policy making. The process requires the examination of potential social, economic and environmental impacts of European Commission proposals in an ex ante approach, in order to provide a better evidence base for internal Commission decision making (Robertson 2008). All assessments undertaken are documented and publicly available for discretion on the Commission's website (http://ec.europa.eu/governance/impact/iab/iab_en.htm).

In the meantime, ex ante impact assessment is an established procedure in European policy making. This is based on a formalised procedure and this is only as good as the analytics behind it. Impact assessment practitioners and policy desk officers being responsible for the impact assessment process at the end of the day are dependent on science based evidence that may support this process. Therefore, De Smedt (2010) analysed characteristics scientific tools need to fulfil in order to be useful and acceptable in the policy making process. He argued that three criteria are inevitable: accuracy, relevancy, and legitimacy. Accuracy should be inherent in scientific models but this often leads to a loss of transparency. For stakeholders it is not always easy to handle these complex tools that appear as black boxes. Furtheron, political relevancy is often hindered by the fact that research-based tools are generic and not specific enough to be of direct use in a political decision process. Legitimacy can only be achieved if policy makers are involved at an early stage in the tool development and, vice versa, researchers are involved at an early stage in the policy making process (De Smedt 2010).

Prerequisite therefore is a robust assessment framework that sheds light into the complex interactions within human ecosystem processes. Until now, the Driver-Pressure-State-Impact-Response (DPSIR) framework (OECD, 2003) is the most adopted method to structure causal chain relationships within impact assessments. It helps to assign the various components affecting human ecosystem interactions to single steps within the causal chain and was used widely in programmes and projects at the science policy interface (Tscherning et al., 2012).

Experiences with ex-ante impact assessment

The mentioned methodological approach of ex-ante impact assessment is already very close to the analytical approach to ecosystem services that was adopted in the Millennium Assessment (MA, 2003). Thereby, the DPSIR system helps us to link the impact assessment steps with the analytical string behind the concept of ecosystem services (Fig. 1). The first three steps of impact assessment address the driving forces. In the ecosystem service concept, no distinction is made between so called indirect drivers (demography, economy, technology, climate change...) and the human response to that which could actually be the policy option. Direct drivers in the ecosystem service concept may be regarded as the object of the policy intervention, the agent that is going to be altered with the policy. Pressures and States of DPSIR are covered in step 4 of impact assessment, which may be related to ecosystem change and ecosystem service change in the ecosystem service concept. The impact side of DPSIR is reflected with step 5 of impact assessment (comparing the options), where normative value systems come into play that serve as leitbild against which policy options are compared. In the ecosystem service concept this is reflected by the notion of human wellbeing. The responses of DPSIR finally are covered by the monitoring and evaluation scheme analysing the performance of the policy intervention. In the ecosystem service concept, the response part would be filled in by policy recommendations.

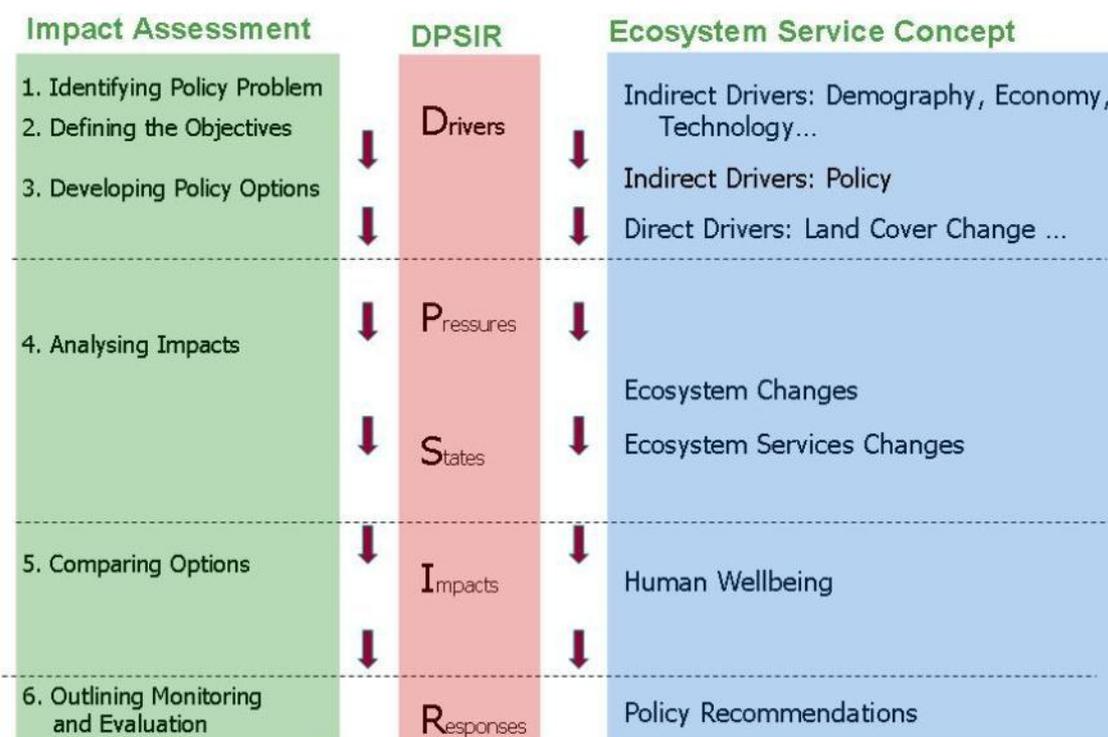


Fig. 1 Integrating Impact Assessment Steps with DPSIR and the Ecosystem Service Concept (due to Helming, Diehl & Wiggering 2012)

Conclusions

With the linkage of the concepts of impact assessment, DPSIR, and ecosystem services (Fig. 1) a conceptual framework for integrating ecosystem services into the policy making process is available. The following three basic questions can now be posed:

1. What kind of ecosystem changes are to be expected as a consequence of policy intervention?
2. What changes in the provision of ecosystem services would they induce?

3. Would the expected changes matter in terms of human well-being?

The first two questions fall into the impact assessment category of analysing the impacts (step 4). Following the European guidelines of impact assessment (CEC, 2009) the analysis of intended and unintended side effects is undertaken by screening so-called economic, environmental, and social impact areas.

In practice, these impact areas are treated unequally in their incorporation into the assessment due not least to the broad scope of policies with a very different range of influence. To achieve valid statements on potential impacts a number of methods have been developed for some of the impact areas. Other impact areas are considered complex or are simply not as present in public or political debate. This may depend on the quality or amount of scientific data available or it may be linked to differences in public awareness of those topics.

In any case, the impact areas of the IA guidelines have been compiled with the rationale (i) to treat the three dimensions of sustainable development equally likely, and (ii) to cover all possible issues/topics that could be of relevance in relation to policy. To see how the notion of ecosystem services fits into this system Helming, Diehl and Wiggering (2012) have analysed how the environmental impact areas of the IA guidelines relate to the five categories of ecosystem services. The question was, whether and how the environmental impact areas could be substituted or complemented by ecosystem services. Used are the MA categories of ecosystem services: supporting services, regulation services, provision services, cultural services, and biodiversity as intrinsic value (MA, 2003). Results of a cross comparison show that all ecosystem service categories are covered by impact areas. The resulting picture looks as follows: from an ecosystem service perspective there are two groups of impact areas in the EC guidelines for policy impact assessment (CEC, 2009). The first group includes those impact areas that are cross cutting to the others and, from a systemic point of view, may be placed in between the logical chain of policy intervention and impacts on ecosystem services. They cover the conditions for greener production and consumption as affected by policy. The second group of impact areas cover those that have a direct analogue in the ecosystem service concept and may therefore be substituted by the five ecosystem service categories. Due to Helming, Diehl and Wiggering (2012) the substitution would have numerous assets: (1) the reduction of the number of categories, which makes the system more transparent and comprehensible, (2) the use of a more systems oriented, comprehensive and scientifically well accepted framework of the assessment of environmental impacts of policy interventions; (3) a linkage to state-of-the-art concepts of scientific assessments, (4) a logical transition to the next step of the analysis, the valuation of impacts with regards to deliberately identified leitbild or development targets.

References

- Helming, K., K. Diehl, H. Bach, O. Dilly, B. König, T. Kuhlman, M. Pérez-Soba, S. Sieber, P. Tabbush, K. Tscherning, D. Wascher and H. Wiggering. 2011. Ex Ante Impact Assessment of Policies Affecting Land Use, Part A: Analytical Framework. *Ecology and Society* 16 (1): 27. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol16/iss1/art27/>
- Helming, K., Diehl, K. and Wiggering, H. (2012): Integrating the concept of ecosystem services in European policy impact assessment. LIAISE-Innovation Report, 4: 7-19. www.liaise-noe.eu
- Commission of the European Communities (CEC). 2009. Impact assessment guidelines. European Commission, Brussels, Belgium. [online] URL: http://ec.europa.eu/governance/impact/commission_guidelines/commission_guidelines_en.htm.
- De Smedt, P. 2010. The use of impact assessment tools to support sustainable policy objectives in Europe. *Ecology and Society* 15(4): 30. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol15/iss4/art30>.
- Millennium Ecosystem Assessment, 2003. *Ecosystems and Human Well-being: A framework for assessment*. Washington Covelo London: Island Press..
- Millennium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystem and Human Well-Being: Current Status and Trends*, Vol. 1. Washington Covelo London: Island Press.
- OECD (2003)

Robertson, C 2008. Impact Assessment in the European Union. EIPASCOPE 2008/2.

Tscherning, K., Helming, K., Kripper, B., Sieber, S. and Gomez y Paloma, S. (2012): Does research applying the DPSIR framework support decision making? < <http://www.sciencedirect.com/science/journal/02648377>>; Land Use Policy 19 (2012), 102-110; doi:10.1016/j.landusepol.2011.05.009

Wallace KJ (2007) Classification of ecosystem services: problems and solutions. Biological Conservation 139:235–246. doi: 10.1016/j.biocon.2007.07.015.

Potentiale forstlicher Bewirtschaftungsstrategien auf die regionale Bereitstellung von Ökosystemdienstleistungen

Christine Fürst^{1*}, Susanne Frank², Lars Koschke², Anke Witt², Katrin Pietzsch³, Franz Makeschin²

¹Zentrum für Entwicklungsforschung (ZEF), Abt. für Ökologie und Naturressourcenmanagement, Bonn, Deutschland.

²Institut für Bodenkunde und Standortslehre, Technische Universität Dresden, Deutschland

³PiSolution GmbH, Markkleeberg, Deutschland

Zusammenfassung

Der Einfluss von Bewirtschaftungsstrategien in Forst- und Landwirtschaft auf die regionale Bereitstellung von Ökosystemdienstleistungen ist häufig schwer abschätzbar, da Daten zur aktuellen Bewirtschaftungssituation zwar auf der Mikroskala bekannt, jedoch nicht auf der Mesoskala dokumentiert sind. Darüber hinaus weisen gerade forst- und landwirtschaftliche Nutzungen eine hohe zeitliche Dynamik auf, die sich nicht in verfügbaren Klassifikationen der Landbedeckung widerspiegelt. Am Beispiel einer Fallstudie in der Planungsregion Oberes Elbtal / Osterzgebirge zeigt sich, wie Bewirtschaftungsinformationen für die forstliche Landnutzung in eine regionale (mesoskalige) Bewertung der Potenziale zur Bereitstellung von Ökosystemdienstleistungen integriert und für die Simulation von Szenarien einer Veränderung des Landnutzungsmusters genutzt werden können. Als Ergebnis erhalten wir eine Bewertung von und Empfehlungen zu bestehenden Waldumbauvorhaben und von Ausweisungen für Aufforstungsgebiete und potenzielle neue Waldgebiete des aktuellen Regionalplans.

Einleitung

Eine Herausforderung bei der Bewertung von Szenarien einer veränderten Landnutzung besteht darin, dass Informationen zu Art und Intensität der Bewirtschaftung insbesondere land- und forstwirtschaftlicher Parzellen i.d.R. nicht auf die Mesoskala transformiert werden. (Verburg et al., 2009; Dale and Polasky, 2007). Pflege-, Ernte und Verjüngungsmaßnahmen in der Forstwirtschaft werden auf Bestandes- und Betriebsebene festgeschrieben und dokumentiert, jedoch auf Landschaftsebene z.B. in CLC 2006 nur grob in Laub-, Misch- und Nadelwälder aggregiert, die keine bewirtschaftungsbedingte Struktur- und Altersinformationen enthalten. Dadurch gehen wertvolle Informationen für eine tiefergehende Analyse von Potenzialen der Bereitstellung von Ökosystemdienstleistungen durch eine veränderte Landnutzung verloren (Fürst et al., 2011, 2012, Salmon-Monviola et al., 2012). Eine weitere Konsequenz ist eine vergrößerte Basis für die Analyse des Einflusses der Landschaftsstruktur auf die Bereitstellung von Ökosystemdienstleistungen (Frank et al., 2011; Lautenbach et al., 2011). Am Beispiel der Modellregion Oberes-Elbtal – Osterzgebirge, Deutschland, haben wir daher (1) eine differenzierte Klassifikationsbasis für die Beschreibung forstwirtschaftlicher Nutzungsoptionen geschaffen, (2) diese für die Prüfung alternativer Landnutzungsszenarien im Zuge der Fortschreibung des aktuellen Regionalplans genutzt (Regionaler Planungsverband Oberes Elbtal / Osterzgebirge, 2009) und (3) Empfehlungen für die Ausweisung von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten insbesondere für Aufforstung und Waldumbau sowie Kombinationsmöglichkeiten mit Kurzumtriebsplantagen abgeleitet.

Methode

Für die Analyse und Bewertung der Landnutzungsszenarien ist die Softwareplattform GISCAMÉ eingesetzt worden, die Elemente eines geographischen Informationssystems mit einem zellulären Automaten und einem multikriteriellen, stakeholderbasierten Bewertungsansatz kombiniert ist (Fürst et al., 2010 a, b; Koschke et al., 2011) und um eine umfangreiche Analyse landschaftsstruktureller Aspekte ergänzt wurde (Frank et al., 2011). Die Klassifikation der forstlichen Strategien basiert auf dem Ansatz der Waldentwicklungstypen in den sächsischen Waldbaurichtlinien (Eisenhauer und Sonnemann, 2009). Die verfeinerte forstliche Nutzungsklassifikation sowie eine verbesserte Klassifikation landwirtschaftlicher Nutzungsoptionen wurden mit Euromap GmbH in einen erweiterten, kombinierten Landnutzungsdatensatz mit insgesamt 85 Nutzungsklassen eingearbeitet.

Arbeitsstand und Schlussfolgerung

Mittels der differenzierteren forstwirtschaftlichen Nutzungsklassifikation ergänzt um die Landschaftsstrukturanalyse konnten wir zeigen, dass in der Modellregion die Potenziale von Wald zu einer Erhöhung der Bereitstellung v.a. unterstützender, regulierender und kultureller Ökosystemdienstleistungen bislang nicht in vollem Maße ausgeschöpft werden. Ein Umbau aller regionalen Wälder (~ 28 % der Landoberfläche) von den jetzigen Bestandestypen in standörtlich optimale, multifunktionale Waldentwicklungstypen würde zu einer deutlicheren Erhöhung vieler Ökosystemdienstleistungen ohne gleichzeitige Verluste bei bereitstellenden Leistungen führen, als Aufforstungsszenarien aus dem Fortschreibungsprozess des Regionalplans, die eine Waldmehrung von durchschnittlich 2 % vorsehen. Maximalszenarien für charakteristische Landschaftsbereiche der Modellregion zeigen, dass eine Waldmehrung von 29,7 % im landwirtschaftlich dominierten Lössgürtel, 23,6 % in den topographisch differenzierten Bereichen des Lösshügellandes und 14,4 % im Erzgebirgsvorland für eine verbesserte Bereitstellung einer Vielzahl von Ökosystemdienstleistungen sinnvoll wäre. Verluste bei der Bereitstellung von Biomasse könnten durch die Wahl von sogenannten „Produktivtypen“ oder die Etablierung von Kurzumtriebsplantagen anstelle neuer Wälder ausgeglichen werden. Prioritäre Areale für die Aufforstung konnten infolge struktureller Effekte im Lössgürtel in Siedlungsnähe und als Ergebnis der Risikominderungsanalyse in Abflussbahnen insbesondere im Erzgebirgsvorland identifiziert werden.

Literatur

- Dale, V.H., Polasky, S. 2007. Measures of the effects of agricultural practices on ecosystem services. *Ecological Economics* 64, 286-296.
- Eisenhauer, D.R., Sonnemann, S. 2009. Silvicultural strategies under changing environmental conditions- guiding principles, target system and forest development types. *Forest Ecology, Landscape Research and Nature Conservation* 9, 69-84.
- Frank, S., Fürst, C., Koschke, L., Makeschin, F., 2011. Towards the transfer of the ecosystem service concept to landscape planning using landscape metrics. *Ecological Indicators*. DOI:10.1016/j.ecolind.2011.04.027
- Fürst, C., Pietzsch, K., Frank, S., Koschke, L., Witt, A., Makeschin, F., 2012. How to better consider sectoral planning information in regional planning - example afforestation and forest conversion. *Journal of Environmental Planning and Management*, 1-29.
- Fürst, C., Lorz, C., Makeschin, F., 2011. Integrating land management and land-cover classes to assess impacts of land use change on ecosystem services, *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*. <http://dx.doi.org/10.1080/21513732.2011.611119>.
- Fürst, C., Volk, M., Pietzsch, K., Makeschin, F., 2010a. Pimp your landscape: a tool for qualitative evaluation of the effects of regional planning measures on ecosystem services. *Environmental Management*, 46(6), 953-968.
- Fürst, C., König, H.J., Pietzsch, K., Ende, H.P., Makeschin, F., 2010b. Pimp your landscape - a generic approach for integrating regional stakeholder needs into land use planning [online] *Ecology and Society* 15(3): 34. Available from: www.ecologyandsociety.org/vol15/iss3/art34/.
- Koschke, L., Fürst, C., Frank, S., Makeschin, F., 2012. A multi-criteria approach for an integrated land cover based assessment of ecosystem services provision. *Ecological Indicators*, 21, 54-66.
- Regionaler Planungsverband Oberes Elbtal/Osterzgebirge, 2009. Regionalplan Oberes Elbtal / Osterzgebirge. 1. Gesamtfortschreibung 2009 in der Fassung des Satzungsbeschlusses VV 12/2008 der Verbandsversammlung des Regionalen Planungsverbandes Oberes Elbtal/Osterzgebirge vom 15.12.2008, des Nachtragsbeschlusses zur Satzung VV 02/2009 vom 25.02.2009 und des Genehmigungsbescheides vom 28.08.2009; in Kraft getreten mit der Bekanntmachung nach § 7 Abs. 4 SächsLPIG am 19.11.2009, 158 pp. + attachments.
- Salmon-Monviola, J., Durand, P., Ferchaud, F., Oehler, F., Sorel, L., 2010. Modelling spatial dynamics of cropping systems to assess agricultural practices at the catchment scale. *Computers and Electronics in Agriculture*, 81, 1-13.
- Verburg, P.J., van de Steeg, J., Veldkamp, A., Willement, L., 2009. From land cover change to land function dynamics: A major challenge to improve land characterization. *Journal of Environmental Management* 90(3), 1327-1335.

Vulnerabilitätsanalyse – Grundlage zur Entwicklung von Anpassungsstrategien für den Ökolandbau in Brandenburg

Ralf Bloch^{1,2}, Johann Bachinger²

¹Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde, Friedrich-Ebert-Straße 28,
16225 Eberswalde, Ralf.Bloch@hnee.de, www.hnee.de

²Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V., Eberswalder Straße 84,
15374 Müncheberg, Deutschland, jbachinger@zalf.de, bloch@zalf.de, www.zalf.de

Zusammenfassung

Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Landwirtschaft wurden bisher überwiegend mittels biophysikalischer und fruchtartenspezifischer Modellanwendung analysiert. Demgegenüber fehlen ganzheitliche Analysen, die auf regionaler Ebene die Vulnerabilität von Anbausystemen betrachten. Anhand des Anbausystems „Ökologischer Landbau in Brandenburg“ wird das Konzept einer Vulnerabilitätsanalyse dargestellt, welches neben der spezifischen Klimawirkung auch die regionale Anpassungskapazität mit berücksichtigt. In Hinblick auf die Klimawirkung spielt hierbei der Anbau von Futterleguminosengrasgemengen eine zentrale Rolle (Auswirkung des Klimawandels auf die legume N-Fixierung sowie auf die N-Dynamik im Boden). Bei der Anpassungskapazität hingegen nehmen Anbauverfahren mit reduzierter Bodenbearbeitung, angepassten Fruchtarten, Zwischenfruchtanbau und veränderten Aussaatterminen eine wichtige Funktion ein (Erosionsschutz, Erhöhung der Wasserspeicherfähigkeit, Steuerung der N-Dynamik).

Das Konzept der Vulnerabilität

Öko-Landwirte stehen vor der besonderen Herausforderung system- und richtlinienkonforme Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel zu entwickeln, da viele Maßnahmen aus dem konventionellen Landbau nicht übertragbar sind (z.B. die Anwendung von Direktsaatverfahren unter Einsatz von Glyphosat). Als Grundlage für diesen Entwicklungsprozess muss zunächst die Vulnerabilität (Verwundbarkeit) des Anbausystems ermittelt werden. Die Untersuchung der Vulnerabilität erfolgt, gemäß der Definition des IPCC (2007), über eine Betrachtung der Exposition, der Sensitivität sowie der Anpassungskapazität. Die Exposition (Betroffenheit) gibt an, inwieweit ein System bestimmten Änderungen der Klimaparameter ausgesetzt ist. Die Sensitivität hingegen steht für die spezifische Empfindlichkeit des betroffenen Systems. Bestimmt wird sie vor allem durch die charakteristischen Systemeigenschaften die auch unabhängig von der Exposition bestehen (Gallopín, 2006). Für den Ökolandbau zählt wegen des Verzichts auf mineralischen Stickstoffdünger der hohe Leguminosenanteil in der Fruchtfolge zu diesen typischen Systemeigenschaften. Inwieweit die Klimaauswirkungen das System wirklich negativ beeinträchtigen hängt jedoch maßgeblich von dessen Anpassungskapazität ab. Sie steht für die Gesamtheit der Fähigkeiten, Ressourcen und Institutionen einer Region damit Anpassungsmaßnahmen wirksam umgesetzt werden können (Bundesregierung, 2008). Bestimmt wird sie vor allem durch sozioökonomische Faktoren wie finanzielle Ressourcen, Know-how und Technologien, institutionelle Kapazitäten, sowie politischen Willen.

Anwendung auf den Ökologischen Landbau in Brandenburg

Das systemtheoretische Konzept der Vulnerabilität wurde für das Anbausystem „Ökologischer Landbau in Brandenburg“ operationalisiert. Die Sensitivität wird hierbei durch die Auswirkungen des Klimawandels auf die legume N-Versorgung bestimmt. Zur Abbildung der Klimawirkung (Exposition + Sensitivität) werden regionalisierte Klimaprojektionen für Brandenburg aus dem regionalen Klimamodell STARS verwendet und mit einem Ertragsprognosemodell für Leguminosengrasgemenge verknüpft (Bachinger und Reining, 2009). Über diese Verknüpfung werden dann regionalisierte Ertragsprognosen für Futterleguminosengrasgemenge bis zum Jahr 2100 simuliert. Parallel dazu werden Ergebnisse zur Anpassungskapazität über mehrjährige Praxis- und Exaktversuche sowie über regelmäßige Stärken-Schwächen-Analysen gewonnen, die gemeinsam von Landwirten, Ackerbauberatern und Wissenschaftlern durchgeführt werden (Aktionsforschungsansatz). So werden derzeit neue Technologien und klimaangepasste Anbauverfahren auf vier Öko-Betrieben in Brandenburg praktisch erprobt. In allen Versuchen spielen diversitätssteigernde Anpassungsmaßnahmen aus reduzierter Bodenbearbeitung, angepassten Fruchtarten, Zwischenfruchtanbau, veränderten Aussatterminen und Ansaatetechniken eine wesentliche Rolle (Bloch und Bachinger, 2010). Nach Darnhofer (2005) weisen diversifizierte Betriebe eine erhöhte Pufferfähigkeit gegenüber externen Störungen auf, was sich positiv auf deren Anpassungskapazität auswirken kann. Durch eine vergleichende Gegenüberstellung von Klimawirkung und Anpassungskapazität kann letztendlich die Vulnerabilität des Anbausystems ermittelt werden.

Literatur

- Bachinger, J. and E. Reining (2009): An empirical statistical model for predicting the yield of herbage from legume-grass swards within organic crop rotations based on cumulative water balances. *Grass and Forage Science* (64), 144–159.
- Bloch, R. und J. Bachinger (2010): Anpassung an den Klimawandel im Praxistest. Innovationen im Ökologischen Landbau. *Forschungsreport 2*, 18–21.
- Bundesregierung (2008): Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel. vom Bundeskabinett am 17. Dezember 2008 beschlossen.
- Darnhofer, I. (2005): Resilienz und die Attraktivität des Biolandbaus für Landwirte. In: Michael Groier und Markus Schermer (Hg.): Bio-Landbau in Österreich im internationalen Kontext. Zwischen Professionalisierung und Konventionalisierung. Wien: Bundesanst. für Bergbauernfragen (Forschungsbericht / Bundesanstalt für Bergbauernfragen, 55), 67–84.
- Gallopín, G. C. (2006): Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. *Global Environmental Change* (16), 293–303.
- IPCC (Hg.) (2007): Climate Change 2007: Synthesis Report. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland.

Maßnahmen zur Stabilisierung des Wasserhaushaltes kleiner Einzugsgebiete unter Berücksichtigung des Klimawandels am Beispiel des Fredersdorfer Mühlenfließes

S. Böttcher¹, R. Dannowski¹, C. Merz¹, M. Ramelow², S. Kaden²

¹Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF), Müncheberg

²DHI-WASY GmbH, Berlin

Zusammenfassung

Am Fredersdorfer Mühlenfließ (FMF) wird im Rahmen des Verbundprojektes „Innovationsnetzwerk Klimaanpassung Brandenburg Berlin – INKA BB“ ein nachhaltiges Wassermanagementkonzept exemplarisch für kleine Einzugsgebiete im Klimawandel erstellt. Es wurden verschiedene Möglichkeiten der Speicherbewirtschaftung, insbesondere die Nutzung der beiden größten Seen im Einzugsgebiet (Bötzsee und Fängersee) untersucht.

Die Wirksamkeit der Maßnahmen wird durch Modellrechnungen vorbereitend abgeschätzt und nach Umsetzung durch ein begleitendes Monitoring überprüft. Zudem soll eine statistische Datenanalyse eines durchgeführten Messprogramms weitere Aufschlüsse im hydrologischen Prozessverständnis des Einzugsgebietes bringen.

Einleitung

Das FMF, im nordöstlichen Berliner Umland gelegen, ist Gegenstand von Untersuchungen zu Methoden und Instrumentarien einer an wachsenden Wasserbedarf und zunehmende Extremereignisse angepasste Wasserbewirtschaftung kleiner Einzugsgebiete. Seit den 1980er Jahren ist ein negativer Trend der mittleren Abflüsse und sogar teilweise abflusslose Sommermonate verzeichnet worden. Neben klimatischen Entwicklungen werden auch anthropogene Ursachen für die problematischen Abflussverhältnisse diskutiert. Es soll beispielhaft ein nachhaltiges Wassermanagementkonzept für kleine Einzugsgebiete entwickelt werden, das in Kombination technischer, planerischer und institutioneller Maßnahmen auf die teilweise konträren Wassernutzungsansprüche eingeht und dabei den Anpassungserfordernissen potentieller Klimaänderungen gerecht wird.

Während der ersten Projektphase wurden verschiedene Möglichkeiten der Speicherbewirtschaftung untersucht. Hauptaugenmerk bei diesen Maßnahmen wird auf den Bereich im Oberlauf des Fließes gelegt, da nur hier der für das Wassermanagement im Mittel- und Unterlauf notwendige, ganzjährige Abfluss generiert wird. Grundgedanke des Wasserrückhaltes in Speichern ist die Umverteilung eines Teils der winterlichen Abflüsse hinein in die Sommermonate während derer mit Niedrigwasserperioden zu rechnen ist. Ziel des Konzepts ist es, mit einer Kombination solcher Maßnahmen, einen definierten Mindestabfluss nicht zu unterschreiten. Im Fokus der Untersuchungen stehen unter anderen die Nutzbarkeit der beiden im Oberlauf liegenden Seen, Bötze- und Fängersee.

Neben Modellsimulationen der Effekte solcher Maßnahmen auf das Abflussverhalten sind vor allem systemanalytische Betrachtungen von entscheidender Bedeutung um die sich gegenseitig bedingenden hydrologischen Prozesse in ihrem Zusammenwirken zu verstehen. Ein umfassendes Systemverständnis des Einzugsgebietes ist für die Abschätzung der Effizienz von Maßnahmen in Art und Lokation unerlässlich. Zusätzlich fließen die Erkenntnisse mit in die Bewertung und Weiterentwicklung des verwendeten Modellierungsansatzes ein.

Methoden

Modellrechnungen zur Abschätzung der Wirksamkeit möglicher Maßnahmen erfolgt auf Basis des Grundwassermodells *FEFLOW*, das mit dem Gerinneströmungsmodell *MIKE 11* gekoppelt ist. Nach Umsetzung einer Maßnahme soll die Wirksamkeit durch ein Monitoring nachgewiesen werden.

Die Datengrundlage in diesem Einzugsgebiet ist hinsichtlich der Grundwasserstände, gerade im Nordteil, für eine umfangreiche Systemanalyse des Landschaftswasserhaushaltes nicht ausreichend. Daher wurde Anfang 2011 mit einem Messprogramm begonnen, welches Wasserstandsaufzeichnungen und Beschaffenheitsanalysen des Grundwassers und der Vorflut im Neubildungsgebiet, also im Bereich der ganzjährigen Abflüsse generiert, beinhaltet.

Neben gängigen Methoden (Trendanalyse, Bilanzen) zur Einschätzung der langfristigen Entwicklung des Landschaftswasserhaushaltes des FMF, steht vor allem die Analyse der erhobenen Wasserstandsdaten und hydrochemischen Daten mithilfe einer Hauptkomponentenanalyse im Fokus. Ziel bei der Anwendung dieser Methode ist die Reduktion der vielfältigen Eingangsdaten (viele Parameter an vielen Messstellen) auf wenige, die wichtigsten, dynamischen Momente der Daten zu reduzieren. Diese resultierenden Daten wiederum sollen mithilfe von Zusatzinformationen über das Gebiet interpretiert und hydrologischen Prozessen bzw. Einflussfaktoren zugeordnet werden. Im Ergebnis erhält man die Informationen welche Prozesse bzw. Faktoren den Landschaftswasserhaushalt des Einzugsgebiets bestimmen und mit welcher Dynamik dieser Einfluss wirkt.

Ausblick

Anhand des vorliegenden Grundwassermodells und der aktuellen hydraulischen Vermessungsdaten zum Fredersdorfer Mühlenfließ wird eine Wirksamkeitsanalyse der vorgesehenen baulichen Anpassungen der jeweiligen Auslässe beider Seen durchgeführt. Dabei liegt der Fokus am Bötzeesee insbesondere auf der zeitlichen Streckung des Niedrigwasserabflusses in den Sommermonaten.

Das Monitoring läuft seit August 2012 mit einem erweiterten Messnetz und wird bis Ende 2013 betrieben. Innerhalb der nächsten Monate sollen vorläufige Ergebnisse der Systemanalyse in die Überlegungen zum bestehenden Maßnahmenpaket und zu weiteren möglichen Maßnahmen einfließen. Des Weiteren folgt eine Analyse und Bewertung des numerischen Modellierungsansatzes.

Agrarholz auf Ackerflächen – eine multikriterielle Bewertung des Einflusses auf Landschaftsfunktionen

Gerald Busch

Büro für angewandte Landschaftsökologie und Szenarienanalyse (Balsa), Göttingen

Aufgrund stark steigender Energiepreise in der letzten Dekade sind zahlreiche Europäische und nationale Regelungen und Anreizsysteme geschaffen worden, die dazu geführt haben, dass in Deutschland gegenwärtig auf rund 2.4 Mio. ha (19,5 %) der Landwirtschaftsfläche Energiepflanzenanbau betrieben wird [1]. Durch diesen hochdynamischen Prozess haben sich sichtbare Landnutzungsänderungen ergeben, die zu einer kontroversen Diskussion der sozioökonomischen und ökologischen Folgen führten [z. B. 2, 3]. Im Gegensatz zu annualen Bioenergiepflanzen führt Agrarholz trotz ökologischer Vorzüge [z. B. 4, 5] bislang ein Schattendasein, das, nachdem die rechtlichen Unsicherheiten beseitigt sind, (1) nun vor allem auf ein neuartiges Flächenmanagement sowie betriebswirtschaftliche Unsicherheiten [z. B. 6, 7] zurückzuführen sind. Angesichts limitierter Waldholzreserven und einer starken Nutzungskonkurrenz von stofflicher und energetischer Waldholznutzung [8] identifizieren verschiedene Studien einen deutlichen Bedarf für den Agrarholzanbau in Deutschland. Die gegenwärtigen Diskussionen um ein „Greening“ in der anstehenden Reform der „Gemeinsamen Europäischen Agrarpolitik“ (GAP) könnten einen weiteren Anreiz für die Etablierung von Agrarholz bieten. Regionale Bioenergieinitiativen und die Entwicklung von kommunalen und regionalen Klimaschutzziele erhöhen zudem den Bedarf an angepasster Regionalplanung und aktorsorientierten Ansätzen um Auswirkungen von Erneuerbaren Energien auf die Kulturlandschaft zu visualisieren und zu diskutieren.

In dem Posterbeitrag wird ein Ansatz vorgestellt [9], der es erlaubt in transparenter Weise multiple ökologische Effekte von Pappeln im Kurzumtrieb (KUP) auf Ackerstandorten zu vergleichen und damit die Raumwirksamkeit von KUP zu visualisieren. Vorhandenes Systemwissen und etablierte Regelwerke zur ökologischen Bewertung werden mittels linguistischer Variablen in einfache „unscharfe Regelsysteme“ (fuzzy rule sets) übersetzt und in einem multi-kriteriellen Bewertungssystem vorgestellt. Die graphische Darstellung und gemeinsame Skalierung von Einflussfaktoren und Umweltwirkungen vereinfacht z. B. die Diskussion in regionalen Entscheidungsprozessen. Der Ansatz ist übertragbar und geeignet für verschiedene Zielmaßstäbe, da er auf allgemein verfügbaren Daten aufbaut und vorhandenes Expertenwissen integriert. Als Raumbeispiel für den Bewertungsansatz wurden die zwei Gemeinden Rätzlingen und Oetzen im Landkreis Uelzen ausgewählt (s. Abb. 1a). Gegenstand der Bewertung ist der potentielle Einfluss von Pappel im Kurzumtrieb (4-Jahresrotation versus 9-Jahresrotation) auf die Grundwasserneubildungsfunktion, die Erosionsschutzfunktion, die Grundwasserschutzfunktion und die Habitatfunktion. Um die Raumwirksamkeit von KUP zu analysieren wurden zwei Teilräume als Allokationsziele gegenübergestellt (s. Abb. 1a): (1) die durch den Regionalen Raumordnungsplan ausgewiesenen Vorranggebiete für Strukturanreicherung und (2) die von Landwirten ausgewiesenen Präferenzflächen für KUP (durch einen Fragebogen ermittelt). Zudem wurde die Allokation von KUP auf maximal 10 % der Ackerfläche beschränkt, da in der regionalen Befragung diese Größe als Ziel angegeben wurde.

Als erstes Ergebnis lässt sich festhalten, dass die Präferenzen der Landwirte für KUP auf Flächen mit geringerer Produktivität und/oder ungünstigem Flächenzuschnitt liegt. Die Umsetzung dieser Präferenzen im Bewertungsrahmen (s. Abb 1a und 1b) führen zur Selektierung von weniger als 4 % der Ackerfläche mit einer durchschnittlichen Schlaggröße von 1,5ha. Außerdem zeigt sich, dass diese Flächen sich nur marginal mit Vorranggebieten zur Strukturverbesserung überlagern - sich also Ziele der Raumplanung und Interessen der Landwirte für eine KUP-Allokation nicht ohne weiteres kombinieren lassen. Beide Teilräume weisen Flächen mit hoher Disposition für Winderosion auf – allerdings

zeigen die Relationen für den „Zielraum Planung“ deutlich an, dass KUP-Flächen hier einen höheren Beitrag zum Erosionsschutz leisten können (s. Abb. 1c und 1d). In beiden Teilräumen gibt es eine eindeutige Präferenz für KUP in Mini-Rotation (4 Jahre) wobei die Standorteignung im „Zielraum Planung“ besser ist als für die „Präferenzflächen der Landwirte“. Die Präferenz für KUP in Mini-Rotation wäre auch gleichbedeutend mit einer geringeren Beeinträchtigung der Grundwasserneubildungsfunktion. Quantitativ (hier nicht dargestellt) lässt sich die Reduzierung der GWN von KUP in Mini-Rotation mit der gegenwärtigen Bewässerungspraxis (ca. 80–90 mm a⁻¹) vergleichen. Aufgrund der geringeren Produktivität weisen die „Präferenzstandorte der Landwirte“ eine geringere Reduzierung der Grundwasserneubildungsrate auf als Flächen im Planungszielraum (s. Abb. 1c und 1d). Zusätzliche Ökotoneneffekte, aber auch eine Erhöhung der Struktur- und Nutzungsdiversität lassen sich durch KUP vor allem im „Zielraum Planung“ realisieren.

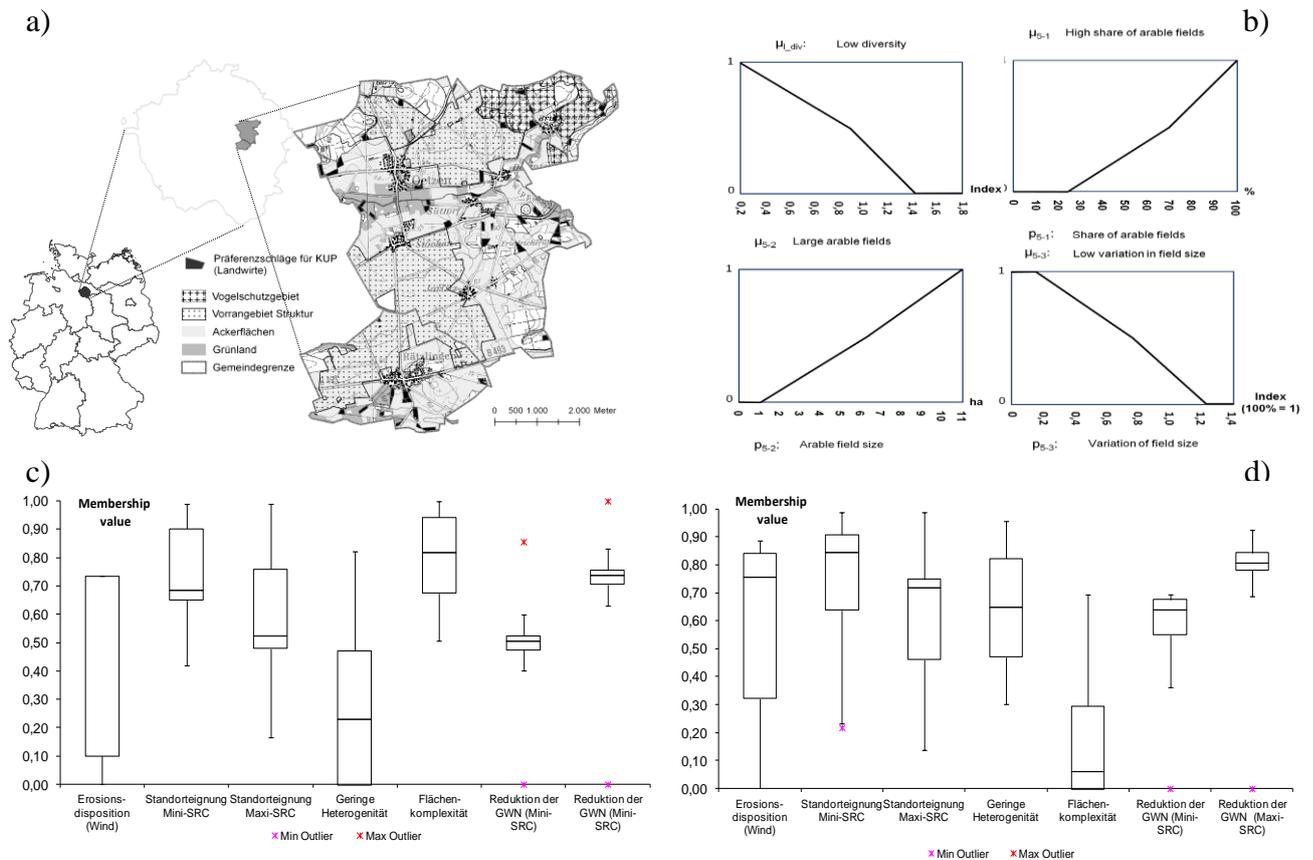


Abbildung 1: Untersuchungsgebiet mit Zielräumen (a), Linguistische Variablen zur Bewertung der Landschaftsheterogenität (b), sowie Box-Plots der Zugehörigkeitsfunktionen für den „Zielraum Planung“ (c) und die „Präferenzflächen der Landwirte für KUP“ (d)

Literatur

- BMU/BMELV (2010): Nationaler Biomasseaktionsplan für Deutschland. Beitrag der Biomasse für eine nachhaltige Energieversorgung. Berlin.
- Busch, G (2012): GIS-based tools for regional assessments and planning processes regarding potential environmental effects of Poplar SRC. *Bioenerg. Res.* 2012:5, 586–605.
- Busch, G. and N. Lamersdorf (eds) (2009): Kurzumtriebsplantagen. Handlungsempfehlungen zur naturverträglichen Produktion von Energieholz in der Landwirtschaft. Ergebnisse aus dem Projekt NOVALIS. DBU, Osnabrück.
- Dimitriou, I., C. Baum, S. Baum, G. Busch, U. Schulz, J. Köhn, N. Lamersdorf, P. Leinweber, P. Aronsson, M. Weih, G. Berndes, A. Bolte (2011): Quantifying environmental effects of Short Rotation Coppice (SRC) on biodiversity, soil and water. 2011. IEA Bioenergy Task43, Report 1:2011.
- DLG (2012:) DLG-Merkblatt 372 “DLG-Standard zur Kalkulation einer Kurzumtriebsplantage”. Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft e.V., Frankfurt a.M.
- FNR – Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe (2012): Bioenergy in Germany: Facts and Figures, Guelzow-Pruetzen.
- FNR (2012): Energieholz aus der Landwirtschaft. 5. Auflage, Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe, Guelzow.
- Nationale Akademie der Wissenschaften (2012): Bioenergie – Möglichkeiten und Grenzen. Halle (Saale).
- Zeddies, J., E. Bahrs, N. Schönleber und W. Gamer (2012): Optimierung der Biomassenutzung nach Effizienz in Bereitstellung und Verwendung unter Berücksichtigung von Nachhaltigkeitszielen und Welternährungssicherung. Forschungszwischenbericht, Stuttgart.

ÖkoService – Ein innovatives Verfahren zur Integration von ökologischer Modellierung und ökosystemaren Dienstleistungen in die räumliche Planungspraxis

Eva Diehl¹, Birgit Aue¹ und Volkmar Wolters¹

¹Institut für Allgemeine und Spezielle Zoologie, Justus-Liebig-Universität, Giessen, Deutschland

Zusammenfassung

Die gesetzlich vorgeschriebene Prüfung des Vorkommens geschützter Arten in der Planungspraxis ist zeitlich und finanziell aufwändig. Auswirkungen verschiedener Planungsszenarien auf das Vorkommen von Arten können bisher nicht zuverlässig prognostiziert. Ökosystemare Dienstleistungen, z. B. die Regulierung von Umweltbedingungen, bleiben in der Planungspraxis oft unberücksichtigt. Das vom BMBF geförderte Projekt *ÖkoService* hat das Ziel, ein Verfahren zu entwickeln, das eine integrierte Prüfung verschiedener Planungsszenarien auf der Basis von ökologischer Modellierung und unter Einbezug ökosystemarer Dienstleistungen kostengünstig ermöglicht.

Einleitung

Ökosysteme erbringen für den Menschen essentielle Dienstleistungen, z. B. die Bereitstellung von Ressourcen oder die Regulierung von Umweltbedingungen (Constanza et al., 1997). In der Planungspraxis muss das Vorkommen von Arten und Biotopen vielen gesetzlichen Vorgaben entsprechend (z. B. Bundesnaturschutzgesetz, Baugesetzbuch, Wasserhaushaltsrecht, Fernstraßengesetz) berücksichtigt werden. Allerdings sind solche Erhebungen zeitlich und finanziell aufwändig und beschränken sich überwiegend auf Artengruppen und Biotope, die anhand der Natura 2000 Richtlinien oder Roten Listen als schutzwürdig eingestuft werden. Auswirkungen verschiedener Planungsszenarien auf das Vorkommen von Arten und ökosystemare Dienstleistungen können bisher nicht zuverlässig prognostiziert werden. In der ökologischen Forschung sind GIS-basierte Habitatmodelle wissenschaftlich erprobt, um die räumliche Verteilung von Arten in Abhängigkeit von verschiedenen Umweltfaktoren zu analysieren und darzustellen (z. B. Elith et al., 2006). Ziel des Projektes *ÖkoService* ist es, ein Verfahren zu entwickeln, das eine integrierte Prüfung verschiedener Planungsszenarien auf der Basis von Habitatmodellen und unter Einbezug ökosystemarer Dienstleistungen kostengünstig ermöglicht.

Methode

Das Verfahren wird an einem Straßenbauprojekt in der Wetterau (Hessen) und einem Naturschutzprojekt im Vogelsberg (Hessen) entwickelt und getestet. Vorhandene Informationen aus Forschung, Verwaltung, Monitoring-Programmen, Naturschutz-Gutachten und Internet-Datenbanken dienen als Datengrundlage für die Modellierung der räumlichen Verteilung von Arten in Abhängigkeit verschiedener Umweltfaktoren. Zusätzliche Daten werden nur bei Bedarf erhoben. Auf Basis der Modelle werden die Auswirkungen verschiedener Planungsszenarien auf die Verteilung von Arten prognostiziert. Ökosystemare Dienstleistungen der Planungsregionen werden identifiziert und quantifiziert (Schritte des Verfahrens, Abb. 1). Die Erstellung von Datenbanken aus wissenschaftlicher Literatur zu ausgewählten Art-Umwelt-Beziehungen und ökosystemaren Dienstleistungen unterstützt Modellierung und Quantifizierung. Benutzerfreundliche Software-Module werden die effiziente Anwendung des Verfahrens und eine anschauliche Darstellung der Ergebnisse ermöglichen. Die Praxistauglichkeit des

Verfahrens soll durch qualitative Interviews mit den Akteuren aus der Planungspraxis evaluiert werden.

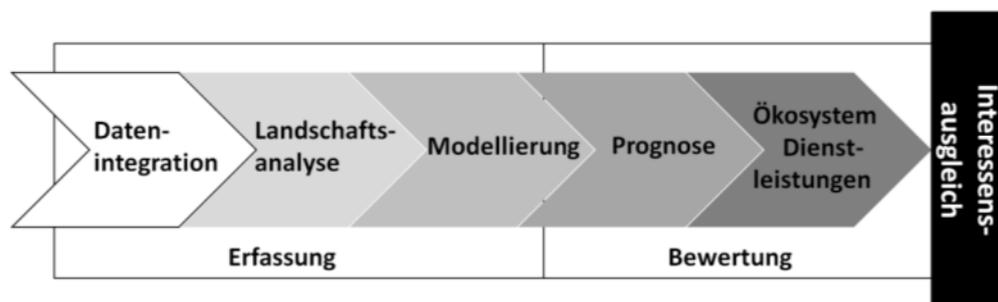


Abb.1: Zusammenfassung der Schritte des in ÖkoService entwickelten Verfahrens.

Ergebnisse (erwartet) & Diskussion

Durch die computergestützte Modellierung vorhandener Daten können mögliche Auswirkungen verschiedener Planungsszenarien auf Arten und ökosystemare Dienstleistungen kostengünstig und effizient geprüft werden. Damit können die Planungsszenarien aufgrund ihrer Auswirkungen auf die Verteilung planungsrelevanter Arten sowie auf die ökosystemaren Dienstleistungen bewertet werden. Deren Quantifizierung schafft einen einheitlichen Bewertungsmaßstab und ermöglicht außerdem eine monetäre Bilanzierung. Gleichzeitig können komplexe Interaktionen zwischen Menschen, Organismen und der abiotischen Umwelt besser berücksichtigt werden, z. B. der Erholungswert der Landschaft, Bestäubungsleistung oder hydrologische Prozesse. Eine eingehendere Prüfung kann sich so auf diejenigen Planungsszenarien beschränken, die von *ÖkoService* als verträglich im Hinblick auf geschützte Arten und ökosystemare Dienstleistungen identifiziert wurden. Die anschauliche und einfach nachvollziehbare Darstellung der Ergebnisse erleichtert die Kommunikation zwischen Entscheidungsträgern und lokalen Akteuren sowie die Abwägung der verschiedenen Planungsbelange. Zusammen mit den aus wissenschaftlicher Literatur generierten, generalisierbaren Datenbanken ermöglicht dies eine vielfältige Anwendung, z. B. in der Landschaftsplanung, im Umweltschutz und in der Agrarumweltpolitik.

Literatur

- Costanza, R., R. d'Arge, R. de Groot, S. Farber, M. Grasso, B. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R. V. O'Neill, J. Paruelo, R. G. Raskin, P. Sutton und M. van den Belt (1997): The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387, 253–260.
- Elith J., C. H. Graham, R. P. Anderson, M. Dudik, S. Ferrier, A. Guisan, R. J. Hijmans, F. Huettmann, J. R. Leathwick, A. Lehmann, J. Li, L. G. Lohmann, B. A. Loiselle, G. Manion, C. Moritz, M. Nakamura, Y. Nakazawa, J. McC. Overton, A. Townsend Peterson, S. J. Phillips, K. Richardson, R. Scachetti-Pereira, R. E. Schapire, J. Soberon, S. Williams, M. S. Wisz and N. E. Zimmermann (2006): Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29, 129–151.

RegioPower- Entwicklung einer regionalen Warenbörse für holzartige Biomasse

Susanne Frank^{1,2}, Christine Fürst², Katrin Pietzsch³

¹Institut für Bodenkunde und Standortslehre, Technische Universität Dresden, Deutschland

²Zentrum für Entwicklungsforschung (ZEF), Department of Ecology and Natural Resources Management, Bonn, Deutschland.

³PiSolution GmbH, Markkleeberg, Deutschland

Zusammenfassung

Der verantwortungsvolle Umgang mit nachwachsenden Rohstoffen ist in Politik und Wirtschaft ein zentrales Thema. Um der steigenden Nachfrage danach zu begegnen, ist es unerlässlich vorhandene Ressourcen effektiv zu nutzen. Die Bewertung von Landschaften und deren Potential, Ressourcen wie holzartige Biomasse bereitzustellen, ist eine Voraussetzung dafür, eine effektive Erschließung regionaler Märkte zu gewährleisten.

Im Rahmen des Projektes RegioPower (Call der ERA Netzwerke WoodWisdom/Bioenergy) wird für die Modellregion Oberes Elbtal/Osterzgebirge eine regionale Warenbörse für holzartige Biomasse aus forstlicher und landwirtschaftlicher Produktion aufgebaut. Mit dieser Börse verknüpft ist ein Landnutzungsmodul, das aus der Differenz von Angebot und Nachfrage Flächenbedarfe für die Bereitstellung holzartiger Biomasse aus Land- und Forstwirtschaft ermittelt. Das Landnutzungsmodul soll Landnutzungswandel simulieren, um die Flächenbedarfe abzubilden. Um verschiedene Szenarien im Hinblick auf Wechselwirkungen bezüglich der Bereitstellung verschiedener Ökosystemdienstleistungen gegeneinander abzuwägen, wird die webbasierte Software GISCAMe an die Gegebenheiten der Modellregion angepasst. In Zusammenarbeit mit Modellierern auf der einen Seite und regionalen Fokusgruppen auf der anderen Seite sollen Angebot und Nachfrage realistisch abgebildet werden.

Einleitung

Die Region Oberes Elbtal/Osterzgebirge zeichnet sich durch einen hohen Anteil an Privatwald aus. Ca. 53 % des Waldes, der wiederum nur 26 % der Fläche der Planungsregion bedeckt, ist Privateigentum. Davon bewirtschaften 98 % der Waldbesitzer eine Fläche von weniger als 5 ha. Daraus lässt sich die schwierige Lage bereits erahnen. In der Entwicklung der Besitzverhältnisse ist eine Struktur von kleinen Waldparzellen gewachsen, deren Grenzen und Eigentümer zum Teil nicht bekannt sind. Trotz umfangreicher Beratungsangebote (Schmieder et al., 2009) ist die Holzmobilisierung aus diesen Flächen ein zentrales Thema im ganzen Freistaat.

Aufgrund des geplanten und begonnenen Atomausstiegs von Deutschland, ist eine stark wachsende Nachfrage nach alternativen Arten der Energieerzeugung zu verzeichnen. Das betrifft neben Wind- und Sonnenenergie auch die Energieerzeugung aus nachwachsenden Rohstoffen. Wir fokussieren im Projekt RegioPower die aktuelle, potentielle und zukünftig mögliche Bereitstellung holzartiger Biomasse. Besonders groß ist das Potential in Privatwäldern, da Landes-, Bundes-, Treuhand-, Kirchen- und Körperschaftswald oft bereits gut erschlossen sind. Daneben birgt auch der landwirtschaftliche Sektor Potential holzartige Biomasse zu erzeugen. Mögliche Quellen sind Kurzumtriebsplantagen und Landschaftspflegemaßnahmen.

Um solche Energiequellen zu erschließen, sind besonders Ansätze in der Regionalplanung von zentraler Bedeutung (Kautto and Peck, 2012). Ziel des Projektes ist es, das vorhandene Potential an holzartiger Biomasse auf regionalen Märkten zugänglich zu machen und zu bündeln, sodass Synergieeffekte sowohl für die Anbieter (flexible Vermarktung kleinerer Mengen oder Sondersortimente), als auch für die Nachfrageseite (Knüpfen neuer Kundenbeziehungen sowie gezielte Nutzung von Spotmengen) entstehen.

Methode

Für den Aufbau der Warenbörde und des Landnutzungsmoduls kommen verschiedene Methoden zum Einsatz. Um den Bedarf an holzartiger Biomasse in der Region zu identifizieren, kommen partizipative Ansätze zum Einsatz. Die Identifizierung von nachgefragten Sortimenten erfolgt im Rahmen von Workshops und Interviews. Um ein möglichst realistisches Abbild der regionalen Bedingungen zu schaffen, arbeiten wir eng mit Experten aus anderen Forschungsprojekten (AgroForNet), Waldbesitzern (über den sächsischen Waldbesitzerverband), regionalen Fachleuten (z. B. Ostdeutsche Gesellschaft für Forstplanung), Regionalplanern (Regionaler Planungsverband OE/OE) und Regionalmanagern der ILE/LEARDER Regionen, die im Gebiet der Modellregion liegen, zusammen.

Die technische Umsetzung erfolgt in Zusammenarbeit mit dem IT- Unternehmen PiSolution. Neben einer Kartendarstellung der Landnutzungstypen und der Auswertung in einem Netzdiagramm (Koschke et al., 2012) werden zusätzliche Auswertungs- und Interpretationsmöglichkeiten geschaffen. Beispielsweise sind Potentialkarten im Entstehen, die räumlich explizit die potentielle Bereitstellung von Biomasse veranschaulichen. Daneben werden auch andere Ökosystemdienstleistungen, wie z. B. Landschaftsästhetik oder der Beitrag zur Klimaregulation, bewertet (Frank et al., 2012; Fürst et al., 2010) und auf Potentialkarten in einer relativen Skala von 0 bis 100 dargestellt.

Arbeitsstand und Schlussfolgerung

Die größte aktuelle Herausforderung ist die Generierung einer Datenbank, die für alle Modellregionen anwendbar bzw. mit Daten befüllbar ist. In der Modellregion Oberes Elbtal/Osterzgebirge wird diese Basisdatenbank mit zusätzlichen Informationen untermauert, die für diese Region verfügbar sind (Waldzielzustandstypen, Datenbasis zur Bewertung von Ökosystemdienstleistungen aus vorangegangenen Projekten etc.). Auf der webbasierte Plattform erfolgt die Zusammenführung der Projektteile Warenbörse (mit Logistik-Tool) und Landnutzungswandel-Simulation. Der Prototyp der Warenbörse soll die Grundlage zur besseren Steuerung der nachhaltigen Nutzung regionaler Ressourcen bilden.

Literatur

- Frank, S., Fürst, C., Koschke, L. and Makeschin, F. (2012): A contribution towards a transfer of the ecosystem service concept to landscape planning using landscape metrics. *Ecological Indicators* 21, 30–38.
- Fürst, C., König, H., Pietzsch, K., Ende, H. and Makeschin, F. (2010): Pimp your landscape - a generic approach for integrating regional stakeholder needs into land use planning. *Ecology and Society* 15(3): 34, Available from: <http://www.ecologyandsociety.org/vol15/iss13/art34/>.

-
- Kautto, N. and Peck, P. (2012): Regional biomass planning - Helping to realise national renewable energy goals? *Renewable Energy* 46, 23–30.
- Koschke, L., Fürst, C., Frank, S. and Makeschin, F. (2012): A multi-criteria approach for an integrated land-cover-based assessment of ecosystem services provision to support landscape planning. *Ecological Indicators* 21, 54–66.
- Schmieder, B., Birka, H., Borrmeister, U. and Ulrich, H. (2009): Dienstleistungen für unsere Partner. AFZ Der Wald, http://www.smul.sachsen.de/sbs/download/AFZ_2009-01-9-schmieder.pdf, 29.08.2012.

Overused or potential left? Mapping Potential Landscape Functions in an Austrian-Hungarian transboundary region – Die Erfassung potentieller Landschaftsfunktionen im Grenzgebiet Österreich-Ungarn

Hainz-Renetzeder Christa, Hermann Anna, Wrbka Thomas

Department für Naturschutzbiologie, Vegetations- und Landschaftsökologie, Universität Wien, Österreich

Zusammenfassung

Das Potential einer Landschaft zu eruieren wird u.a. dadurch bestimmt, welche Referenz gesetzt wird. In vorliegendem Projekt wurde durch das Verschneiden von Geodaten die Standortsfaktoren 12 verschiedener Vegetations- und Landbedeckungstypen eruiert und mit einer Kapazitätsmatrix für Landschaftsfunktionen verknüpft. Dadurch konnten in der grenzüberschreitenden Region Neusiedlersee für sieben Landschaftsräume die potentiellen Landschaftsfunktionen berechnet und dargestellt werden.

Einleitung

Eine Möglichkeit das Potential einer Landschaft zu eruieren ist der Vergleich mit der vergangenen Landschaft und ihrem Nutzungssystemen und Flächenverbrauch (z. B. Frondini et al., 2011), wobei impliziert wird, dass frühere Landnutzung sich am Potential der Landschaft orientiert hat. Ein anderer Weg besteht darin, das Potential einer Landschaft ohne jegliche menschliche Landnutzung zu bestimmen. Im vorliegenden Projekt wurden Potentielle Landschaftsfunktionen definiert als „[d]as Vermögen der Landschaft eine nachhaltige Versorgung mit Gütern und Leistungen, welche die menschlichen Bedürfnisse erfüllen, direkt und indirekt zu gewährleisten.“ Da nicht alle Landschaftsfunktionen und -leistungen eine mögliche Referenz haben (z. B. Potential für Tourismus-Einrichtungen oder für ästhetische Informationen), wurden solche Funktionen ausgewählt, welche sich von der potentiellen Landbedeckung (diejenige, die sich aufgrund der spezifischen naturräumlichen Bedingungen ohne menschliche Aktivität einstellen würde) ableiten lassen können. Zampieri und Lionello (2010) betonten in ihrer Arbeit, dass Landbedeckungstypen eng mit Vegetationstypen zusammenhängen. Daher bestanden die Ziele unseres Projektes in der (i) Abgrenzung ökologisch homogener Flächen im Projektgebiet, welche mit einem bestimmten Vegetationstyp bedeckt sind und ihrer Repräsentation auf einer Karte sowie (ii) der Bewertung der potentiellen Landschaftsfunktionen als Referenz zur aktuellen Situation.

Methode

Das Untersuchungsgebiet umfasst mehr als 2000 km² in der Grenzregion Österreich/Ungarn. Die Region im Pannonischen Becken wird vom Neusiedlersee dominiert, welcher im Westen durch Hügelketten abgegrenzt und von heißem, trockenem pannonischem Klima beherrscht wird. Sieben Landschaftseinheiten (Konkoly-Gyuró et al., 2010) bildeten die Basis für eine integrative Bewertung der österreichischen und ungarischen Landschaften. Für 12 Vegetationstypen wurden die spezifischen Standortbedingungen definiert, aufgrund derer die entsprechenden Geodaten des Bodens, der Geologie und einem digitalen Höhenmodell extrahiert wurden. Diese wurden in ArcGIS9.3 miteinander verschnitten und gesäubert. Die verschiedenen Attribute wurden mittels attributbasierter Selektion zu den Vegetationstypen zugeordnet. Im nächsten Schritt wurde das Potential der Vegetationstypen für bestimmte Landschaftsfunktionen mittels einer Kapazitätsmatrix von 0 (kein Potential) bis 5 (hohes Potential) zugeordnet. Das flächengewichtete Mittel der Funktionskapazitäten wurde für jede der sie-

ben Landschaften in der Region berechnet, auf die drei Hauptfunktionen „Provision“, „Regulation“ und „Habitat“ (nach de Groot, 2006) gemittelt und in einem Spinnennetzdiagramm dargestellt.

Ergebnisse

Im Allgemeinen zeichneten sich die einzelnen Vegetationsgemeinschaften recht gut ab. Die Verteilungen der einzelnen Vegetationstypen variierten allerdings enorm zwischen den einzelnen Landschaftseinheiten. Basierend auf der Kapazitätsmatrix konnten die Vegetationstypen mit den einzelnen potentiellen Landschaftsfunktionen verknüpft werden und zeigten klare Unterschiede innerhalb der Funktionen zwischen den einzelnen Landschaftseinheiten. Die Aggregation zu den drei Hauptfunktionen verzerrte das Bild etwas, sodass der generelle Trend in allen Landschaften immer mit dem höchsten Wert bei „Habitat“, gefolgt von „Regulation“ und „Provision“ abgebildet wurde.

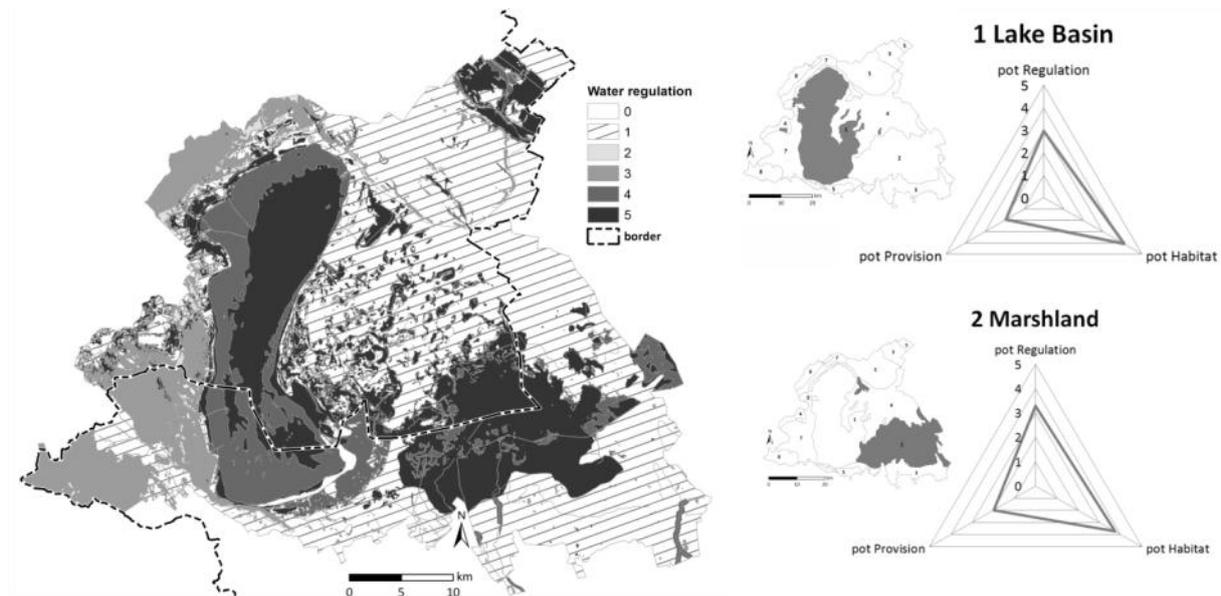


Abb. 1: Beispiel der Potential-Bewertung der Funktion „Wasserregulierung“; 0 – kein Potential bis 5 – hohes Potential.

Abb. 2: Spinnennetzdiagramm der drei Hauptfunktionen in den Landschaftsräumen Seebecken und Niedermoor.

Schlussfolgerung

Die Konstruktion der Vegetationstypen ist nachvollziehbar und transparent. Basierend auf Geodaten muss man allerdings ihre Unzulänglichkeiten in räumlicher Auflösung, Maßstab und Flächendeckung bedenken. Im Allgemeinen zeigte der direkte Link zwischen Vegetationstypen und den potentiellen Landschaftsfunktionen hohe Werte. Nichtsdestotrotz zeigte dieses Projekt die Möglichkeiten einer Überblicksbewertung, welche in der Lage ist, die hauptsächlichen Funktionsunterschiede zwischen einzelnen Landschaften und ihrer Landbedeckung zu erfassen.

Literatur

de Groot, R. S. (2006): Function-analysis and valuation as a tool to assess land use conflicts in planning for sustainable, multi-functional landscapes. *Landscape and Urban Planning* 75, 175–186

-
- Froncini, R., B. Mollo und G. Capotorti (2011): A landscape analysis of land cover change in the Municipality of Rome (Italy): Spatio-temporal characteristics and ecological implications of land cover transitions from 1954 to 2001. *Landscape and Urban Planning* 100, 117–128.
- Konkoly-Gyuró, E., A. Tirászi, T. Wrška, M. Prinz und C. Renetzedler, (2010): Der Charakter grenzüberschreitender Landschaften University of Western Hungary, ISBN 978-963-9883-53-6, Sopron.
- Zampieri, M. und P. Lionello (2010): Simple statistical approach for computing land cover types and potential natural vegetation. *Climate Research* 41, 205–220.

Waldumbau zu klimaplastischen Laubmischwäldern im nordostdeutschen Tiefland – Weiterentwicklung des Modells Biome-BGC (Vers. ZALF) zur Abschätzung der Folgen auf Kohlenstoff- und Wasserhaushalt

Michael Janott¹, Hubert Jochheim¹ und Hubert Schulte-Bisping²

¹Institut für Landschaftssystemanalyse, Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung e.V. (ZALF), Müncheberg

²Büsgen-Institut, Universität Göttingen

Einleitung

Die Zunahme von Extremwetterereignissen und Kalamitäten verlangt einen Umbau der bestehenden Kiefernreinbestände des nordostdeutschen Tieflandes hin zu klimaplastischen Laubmischwäldern, die bei unsicheren zukünftigen Klimabedingungen Entwicklungsoptionen in verschiedene Richtungen aufweisen und so bestmöglich an die Folgen des Klimawandels angepasst sind. Innerhalb des Projektes INKA-BB werden Waldbauszenarien für die Regionen Uckermark-Barnim und Spreewald-Lausitz entwickelt, die die Zielstrukturen dieses Waldumbaus definieren. Die Folgen dieses Waldumbaus in Form von Voranbau für den Wasserhaushalt und die C-Sequestrierung kann durch dynamische Prozessmodelle simuliert werden. Aufbauend auf einem im NEWAL-NET-Projekt implementierten Ansatz von Jochheim et al. (2009) nach Bond-Lamberty et al. (2005) wird im laufenden Projekt das Modell Biome-BGC (Vers. ZALF) weiterentwickelt, um eine kontinuierliche Simulation dieser Waldumbaumaßnahmen für geschichtete Mischbestände zu ermöglichen.

Methode

In der hier verwendeten Version des Modells Biome-BGC wird die Simulation einer unbegrenzten und variablen Anzahl von Vegetationsschichten sowie von Blößen ermöglicht. Das Modell unterscheidet zwischen beschatteten und unbeschatteten Kronenfraktionen und bildet Konkurrenz um Licht entsprechend ihrer vertikalen Schichtung dar. Die Vegetationsschichten eines Bestandes konkurrieren zudem um mineralischen Stickstoff und Wasser.

Das Modell wird anhand vorliegender Messdaten aus dem Kiefern-Buchen-Mischbestand Neuglobsow (ICP IM DE02, (Schulte-Bisping et al. 2005; Schulte-Bisping et al. 2012) getestet und kalibriert.

Ergebnisse

Abbildung 1 (links) zeigt die Entwicklung der Stamm-C-Pools eines geschichteten Kiefern-Buchen-Bestandes. Auf die Ernte des Oberstandes reagiert der Unterstand mit verstärktem Wachstum. Während der Blöße wird der Abbau der Streu- und Boden-Pools beschleunigt (Abb. 1 rechts).

Der Vergleich der Simulationsergebnisse mit Messdaten von der Messfläche Neuglobsow zeigt, dass die neue Modellversion den Stammzuwachs und den Nadel-/Blattstreufall eines geschichteten Kiefern-Buchen-Bestandes wiedergeben kann (Abb. 2).

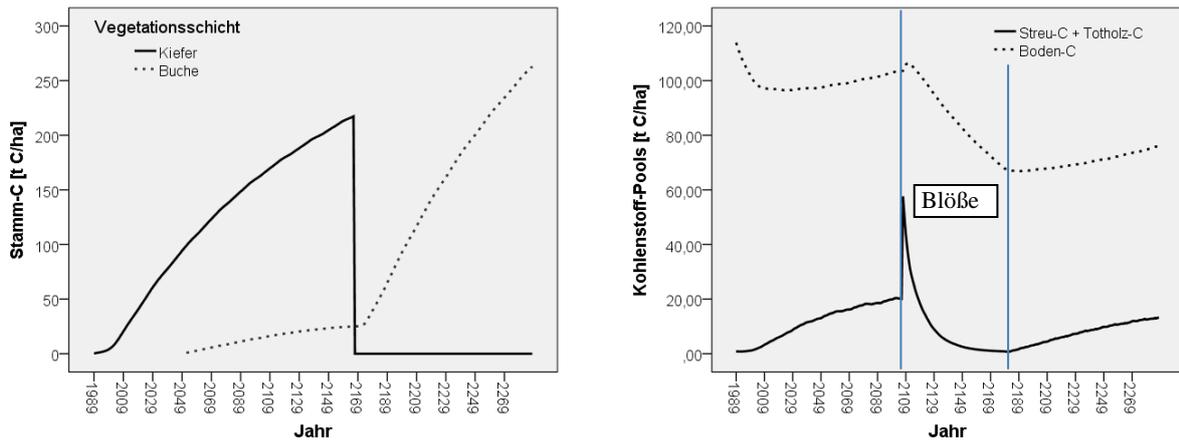


Abb. 3: Modelltest; links: Nach Ernte der Kiefer nimmt das Stammwachstum des Buche deutlich zu; rechts: Kohlenstoff-Pools bauen sich während der Blöße ab

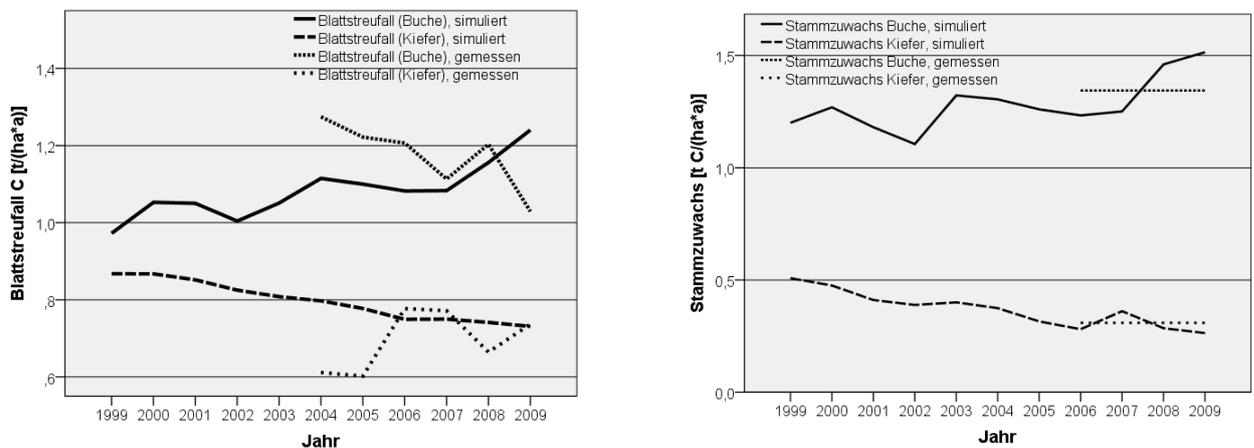


Abb. 4: Simulation von Stammzuwachs und Blattstreufall für die Versuchsfläche Neuglobsow und Vergleich mit Messdaten

Danksagung

Die Daten der Fläche Neuglobsow wurden im Rahmen des UN/ECE Integrated Monitoring-Programms erhoben.

Literatur

- Bond-Lamberty, B., S. T. Gower, D. E. Ahl und P. E. Thornton (2005): Reimplementation of the Biome-BGC model to simulate successional change. *Tree Physiology* 25(4), 413–424.
- Jochheim, H., M. Puhmann und M. Wegehenkel (2009): Nachhaltige Entwicklung von Waldlandschaften im Nordostdeutschen Tiefland (NEWAL-NET): Teilprojekt A ; Modul Ac; Abschlussbericht zum BMBF-Verbundforschungsvorhaben
- Schulte-Bisping, H., F. Beese und H. Dieffenbach-Fries (2012): C-fluxes and C-turnover of a mature mixed beech and pine stand under increasing temperature at ICP Integrated Monitoring site in Neuglobsow (Brandenburg). *European Journal of Forest Research* 131(5), 1601–1609.
- Schulte-Bisping, H., F. Beese, E. Priesack und H. Dieffenbach-Fries (2005): Dynamik des Wasserhaushalts eines Buchen-Kiefern-Altbestandes in Nord-Ostdeutschland (Brandenburg). *Allgemeine Forst und Jagdzeitung* 176, 143–152.

Sortenleistung ausgewählter landwirtschaftlicher Fruchtarten unter verschiedenen Standortbedingungen in Brandenburg 2010/2011

Julian Klepatzki, Janna Sayer & Frank Ellmer

Humboldt Universität zu Berlin, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät, Albrecht-Thaer-Weg 5, 14195 Berlin.

E-Mail: Julian.Klepatzki@agrar.hu-berlin.de

Einleitung

Im Rahmen des Verbundvorhabens „Innovationsnetzwerk Klimaanpassung Brandenburg-Berlin“ (INKA-BB), gefördert durch das BMBF, werden im Teilprojekt 8 die landwirtschaftlichen Fruchtarten Wintertraps, Winterweizen, Winterroggen und Silomais auf vier Landwirtschaftsbetrieben geprüft. Ziel ist die Gewinnung von Ergebnissen zur Standorteignung verschiedener Sorten und zur Toleranz gegenüber klimatisch bedingten Extremsituationen. Derzeit liegen Ergebnisse aus dem Erntejahr 2010 für Silomais und aus dem Erntejahr 2011 für alle vier Fruchtarten vor.

Material und Methoden

Seit 2010 werden On-Farm-Versuche in landwirtschaftlichen Unternehmen in vier Brandenburger Regionen durchgeführt. Daraus liegen Ergebnisse zu Ertrag und Ertragsstruktur vor. Mobile Wetterstationen stellen für jeden Standort die Witterungsdaten bereit. Mithilfe des Simulationsmodells REMO wurden die langjährigen Niederschlagshöhen (1971–2000) für die Untersuchungsstandorte simuliert. Abschließend wurde die Ontogenese von Winterweizen und Winterroggen auf den Untersuchungsstandorten mit dem SIMONTO-Modell nach Roßberg et. al. (2005) simuliert.

Ergebnisse und Diskussion

Mit den vorliegenden Simulationsergebnissen konnten die Witterungsverläufe an den verschiedenen Standorten mit den einzelnen Entwicklungsstadien (BBCH-Code) von Winterweizen und Winterroggen in einen sinnvollen Zusammenhang gebracht werden. Abbildung 1 zeigt beispielhaft die Kombination aus Abweichungen der Niederschlagshöhen vom langjährigen Mittel und die in diesem Zeitraum ablaufende Ontogenese von Winterroggen.

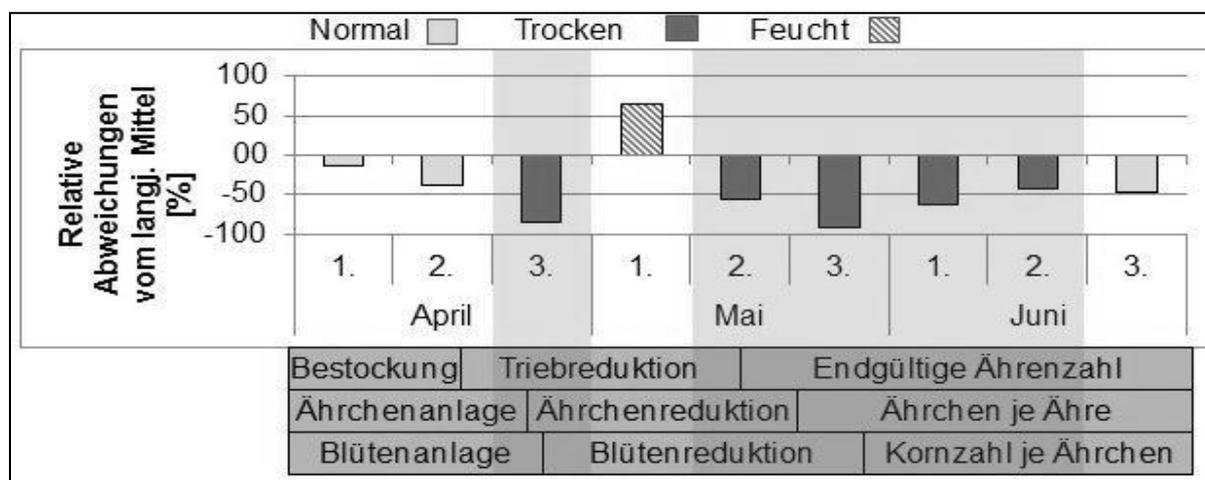


Abb. 1: Niederschlagsverteilung in Dekaden vom 01.04. bis 30.06. 2011 und Ontogenese von Winterroggen am Standort BAG - Neu Sacrow

Daraus geht hervor, dass am Standort Neu Sacrow (Kreis SPN) insbesondere im Bereich der Kornfüllungsphase, also im Zeitraum Mitte Mai bis Mitte Juni Trockenheit vorherrschte.

Bei Betrachtung der Kornerträge an den Standorten fällt auf, dass am Standort Neu Sacrow (Kreis SPN) der geringste Kornertrag beim Winterroggen erreicht wurde, obwohl er im Vergleich der Ackerzahlen im oberen Bereich lag. Werden die Ertragsstrukturparameter der Standorte mit einbezogen, so waren die Tausendkorngewichte am Standort Neu Sacrow mit Abstand am geringsten. Ursache dafür dürfte die vorher genannte Trockenperiode gewesen sein. Die Hybridroggensorte *Brasetto* zeigte über alle Standorte den höchsten Kornertrag (Tab. 1). Möglicherweise konnte die Hybridsorte die in Abbildung 1 dargestellte Trockenperiode besser kompensieren. Dies gilt es jedoch in weiteren Versuchsjahren zu untersuchen.

Tab. 1: Sortenranking der vier Standorte nach Winterroggenertrag 2011

Passow AZ 52 - 53		Groß Schönebeck AZ 19 - 28		Trebbin AZ 15 - 29		BAG – Neu Sacrow AZ 30 - 47	
Sorte	Relativ	Sorte	Relativ	Sorte	Relativ	Sorte	Relativ
1. Brasetto	115	1. Brasetto	107	1. Brasetto	103	1. Brasetto	107
2. Conduct	85	2. Conduct	93	2. Conduct	97	2. Conduct	93
Mittelwert (dt ha⁻¹)	70.6	Mittelwert (dt ha⁻¹)	40.5	Mittelwert (dt ha⁻¹)	41.2	Mittelwert (dt ha⁻¹)	34.1

Für die Fruchtart Silomais wurden die TM-Erträge der untersuchten Sorten in einem Ranking dargestellt. Im Jahr 2011 wurden infolge günstiger Witterungsverläufe überdurchschnittlich hohe Trockenmasseerträge erreicht. Dabei waren Sortenunterschiede erkennbar, die aber erst mit den Ergebnissen des dritten Versuchsjahres 2012 genauer determiniert und evaluiert werden können.

Aus den bisherigen Resultaten kann geschlussfolgert werden, dass die auf allen Untersuchungsstandorten eingetretene Vorsommertrockenheit im Erntejahr 2011 die Erträge unterschiedlich stark beeinflusst hat. Auf der Grundlage der monatlichen Dekaden von April bis Juni konnten deutliche Unterschiede im Witterungsverlauf an den Standorten aufgezeigt werden, womit die verschiedenen Sortenleistungen erklärbar sind. Damit hat sich auch herausgestellt, dass mobile Wetterstationen eine unverzichtbare Voraussetzung für die Quantifizierung standortbezogener Sortenleistungen sind.

Literatur

Roßberg, D., E. Jörg, K. Falke (2005): SIMONTO – ein neues Ontogenesemodell für Wintergetreide und Winterraps. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.*, 57 (4), 74–80.

GIS-gestützte Empfindlichkeitsanalyse der Regionen Uckermark-Barnim und Lausitz-Spreewald als Entscheidungshilfe für klimaadaptive Anpassungsmaßnahmen in der Regionalplanung

Sven Knothe, Patrick Thur, Bettina Geiger, Uta Steinhardt

Fachbereich Landschaftsnutzung und Naturschutz, Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde, Deutschland

Zusammenfassung

Die Wirkfolgen des Klimawandels sind vielfältig und regional spezifisch. Gerade deshalb erlangen Aussagen über Sensitivitäten bestimmter Raumnutzungen und Fragen zukünftiger Anpassungsmöglichkeiten deren regionalplanerischer Steuerung an Bedeutung. Empfindlichkeitsanalysen bilden die Grundlage für die Identifizierung klimasensibler Bereiche und bereiten die daran anschließende Konfliktfeldanalyse vor. Letztere kann aufzeigen, inwiefern Anpassungsstrategien einzelner Landnutzungssektoren an den Klimawandel konfliktieren und welche raumplanerischen Maßnahmen und Instrumente (vgl. Fröhlich et al. 2011; Birkmann et al., 2012) zu deren Lösung beitragen können.

Einleitung

Anhand der Aussagen diverser regionaler Klimaprojektionen (vgl. LUA, 2010; Bernhofer et al., 2011) führen die anthropogen verursachten Änderungen des Klimas zu vielfältigen Wirkungen auf Raumnutzungen. Die aus dem Klimawandel resultierenden Risiken und Chancen müssen insbesondere auf regionaler Ebene analysiert und durch vorsorgende Anpassungsoptionen zur langfristigen Sicherung und Entwicklung des Raumes gemindert bzw. genutzt werden. Hierfür gilt es, besonders empfindliche bzw. robuste Landnutzungsbereiche und daraus folgende Raumnutzungskonflikte zu identifizieren. Auf dieser Grundlage können Szenarien und Handlungsalternativen entwickelt werden, für deren Umsetzung Möglichkeiten der regionalplanerischen Steuerung durch entsprechende Strategien und Instrumente ausgewählt bzw. entwickelt werden müssen. Die Regionalplanung kann also nur reagieren, wenn deutlich ist, welche räumlichen Nutzungen und Naturgüter in welcher Form vom Klimawandel voraussichtlich beeinträchtigt werden (BMVBS, 2011).

Ziel des Forschungsprojektes ist es, am Beispiel der beiden Brandenburger Planungsregionen Lausitz-Spreewald und Uckermark-Barnim gesamtäumliche und fachübergreifende Handlungskonzepte und geeignete Instrumente für eine klimaadaptierte Regionalplanung zu entwickeln und anzuwenden.

Methode

Die hier angewandte Methodik dient mittelbar zur Verknüpfung planerischer Aufgaben mit notwendigen wissenschaftlichen Untersuchungen im Rahmen der Empfindlichkeitsanalyse. Eine solche Analyse, für die bisher keine standardisierten und abgestimmten Vorgehensweisen existieren, gibt die Sensitivität des betroffenen Mensch-Umwelt-Systems gegenüber den Wirkungen des Klimawandels wieder (BMVBS, 2011; Birkmann et al., 2012). Sie stellt im Gegensatz zur Untersuchung der Vulnerabilität (vgl. IPCC, 2007; Kolodziej & Seidel, 2011; RPV LW, 2011) einen modifizierten Ansatz dar, da dem Aspekt der sog. Anpassungskapazität erst in einem zweiten, getrennten Analyseschritt Rechnung getragen wird: Die Empfindlichkeitsanalyse ist stark mit einer integrativen Konfliktfeldanalyse verzahnt und in zwei Phasen gegliedert. So werden in Phase I die potentiellen Sensitivitäten sektoraler Handlungsbereiche gegenüber veränderten Klimakenngrößen untersucht und anschließend zur handlungsfeldübergreifenden Identifizierung besonderer Konfliktfelder herangezogen. Diese „Hot Spots“ gilt es

in Phase II hinsichtlich ihrer spezifischen Anpassungsfähigkeit zu prüfen. Durch einen Vergleich mit aktuellen Planwerken wird aufgezeigt, wo bereits Anpassungsmaßnahmen zu erwarten sind, die die Empfindlichkeiten bestimmter Raumnutzungen reduzieren könnten. So können Bereiche mit größtem Handlungsbedarf identifiziert werden.

In Phase I erfolgte die Analyse jeweils gesondert für die zentralen Landnutzungssektoren Land- und Forstwirtschaft, Wasserwirtschaft, Energie- und Rohstoffwirtschaft, Siedlung und Infrastruktur sowie Tourismus. Die Handlungsbereiche Landschaftswasserhaushalt und -management sowie Naturschutz wurden sektorenübergreifend betrachtet, da sie nahezu jeden Landnutzungssektor berühren. Im Zentrum der Empfindlichkeitsanalyse stehen die für die Projektregionen zu erwartende Veränderungen der Wasserverfügbarkeit sowie die Zunahme von Extremwetterereignissen und deren Folgen, wie z. B. die Hochwassergefährdung. Die Ergebnisse wurden abschließend zusammengeführt, um zu ermitteln, welche Landnutzungssektoren und dazugehörigen Fachplanungen besonders betroffen sind und wo es im Raum zu Überlagerungen kommt.

Ergebnisse

Ergebnisse liegen derzeit für die o.a. sektoralen Landnutzungsbereiche vor. Exemplarisch wird auf die Empfindlichkeit der Land- und Forstwirtschaft in den beiden Untersuchungsregionen näher eingegangen. Für den Sektor „Landwirtschaft“ wird die Empfindlichkeit landwirtschaftlich genutzter Böden und ihrer Funktionen gegenüber Wasser- und Winderosion sowie Austrocknung untersucht. Die räumliche Bezugsgröße ist der Feldblock.

- (1) Hinsichtlich der Wassererosion weisen v.a. die landwirtschaftlich genutzten Flächen in der Planungsregion Uckermark-Barnim eine weitaus höhere potentielle Empfindlichkeit als in der Planungsregion Lausitz-Spreewald auf, was sich vor dem Hintergrund zunehmender Starkregenereignisse noch verstärken könnte.
- (2) Ähnlich verhält es sich bei der Winderosionsgefährdung: So gibt es in der nördlichen Planungsregion kaum Ackerflächen, die keine bis geringe sondern maßgeblich mittlere bzw. sehr hohe Empfindlichkeiten gegenüber Winderosion aufweisen. In Südbrandenburg dagegen ist sowohl die Bandbreite als auch die räumliche Verteilung der Empfindlichkeiten weitaus differenzierter, obgleich hier die Anteile sehr hoher Winderosionsgefährdungsflächen nicht zu vernachlässigen sind.
- (3) Ebenso ist die Empfindlichkeit der landwirtschaftlich genutzten Flächen gegenüber Trockenheit in Abhängigkeit von Grundwasserflurabstand und nutzbarer Feldkapazität bestimmt worden. Sehr stark austrocknungsgefährdete Bereiche kommen in beiden Planungsregionen kaum vor. Im Norden überwiegen Flächen mit hoher und im Süden mit mittlerer Austrocknungsgefährdung. Insgesamt gibt es in der Planungsregion Lausitz-Spreewald einen höheren Anteil an landwirtschaftlichen Nutzflächen, die sowohl gegenüber der Gefährdung durch Wind- und Wassererosion als auch gegenüber Austrocknung eine gewisse Robustheit aufweisen.

Der Landnutzungssektor „Forstwirtschaft“ wird vor dem Hintergrund der zukünftigen Gewährleistung der raumplanerisch relevanten Waldfunktionen auf seine Empfindlichkeit untersucht. Als Untersuchungsebene wurde die Forstabteilung als größte Bewirtschaftungseinheit und als Bezugseinheit für die Zuordnung der Waldfunktionen gewählt. Sie ist zwar deutlich unterhalb der regionalplanerischen Handlungsebene angesiedelt, ermöglicht jedoch eine gute Kommunikation der Ergebnisse mit forstwirtschaftlichen Akteuren. Diese Ergebnisse werden später auf regionalplanerischer Ebene aggregiert. Untersucht wird die Gefährdung der Forste gegenüber Trockenheit, Waldbrand, Kalamitäten und Sturmwurf. Folgende Aussagen können bereits getroffen werden:

- (1) Die standörtliche Empfindlichkeit der Forste gegenüber Trockenheit ist in beiden Untersuchungsregionen hoch, bedingt durch eine fast flächendeckend geringe bis sehr geringe Wasserspeicherkapazität des Bodens. Vor allem im Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin sowie in der Uckermark ist das Wasserspeichervermögen in weiten Teilen sehr gering; bei sinkenden Niederschlagsmengen im Sommer zeichnen sich hier große Probleme bei der Wasserversorgung ab.
- (2) Die aktuelle Bestockung dagegen erweist sich insgesamt als weniger empfindlich gegenüber Trockenheit; problematisch sind hier vor allem Buchenbestände im Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin – dies wird dadurch verschärft, dass sie sich zumeist auf Standorten mit sehr geringem Wasserspeichervermögen befinden. Als wenig empfindlich erweisen sich vor allem Kiefernbestände, die in der Region Lausitz-Spreewald die Bestockung dominieren. Insgesamt tragen sie jedoch aufgrund ihrer hohen Verdunstungsrate zu einer Verschärfung der Wasserproblematik bei. Robuste Laub-Bestände sind vor allem solche mit Eiche als dominierende Baumart.
- (3) Gegenüber Waldbrand und Kalamitäten erweisen sich besonders Nadel-Reinbestände als hoch empfindlich. Die Waldbrandgefahr wird insbesondere in der Planungsregion Lausitz-Spreewald durch trockene und heiße Sommerhalbjahre weiter verschärft. Die Einbringung einer Laubbaumart als Anpassungsmaßnahme kann diese Problematik deutlich entschärfen; ist jedoch auf extrem trockenen Standorten nicht immer erfolgreich umzusetzen.

Ziel ist es, letztlich für beide Projektregionen Waldgebiete auszuweisen, in denen eine besondere Dringlichkeit für Maßnahmen des Waldumbaus aber auch für Maßnahmen zur Verbesserung der standörtlichen Wasserversorgung besteht. Ein besonderes Augenmerk wird auf die Buchenbestände in der Schorfheide zu legen sein – nicht zuletzt aufgrund ihres hohen Schutzstatus.

Die erarbeitete Methodik wurde GIS-gestützt umgesetzt. Die so generierten Karten bilden eine gute Grundlage für die Diskussion der Anpassungsoptionen mit Experten und regionalen Akteuren. Zugleich ist aber auch das Wissen lokaler Akteure frühzeitig einbezogen worden. Neben der Validierung von Untersuchungsansatz und -ergebnissen dienten die Gespräche vor Ort auch der Sensibilisierung der Akteure für die Problematik (vgl. Riechel, 2011). Die Validierung der GIS-gestützten Analyseergebnisse vor Ort wurde mit der Erarbeitung von Steckbriefen verknüpft.

Schlussfolgerung

Durch die gewonnenen Kenntnisse aus o. g. Analyse sind abschließend besonders gefährdete Landnutzungsbereiche sowie Räume mit konfligierenden Anpassungsstrategien zu identifizieren. Im nächsten Schritt sollen Szenarien entwickelt werden, d.h. verständliche und zusammenhängende Zukunftsbeschreibungen (Wilson, 2009), um die Auswirkungen unterschiedlicher Entwicklungs- sowie Handlungsoptionen zu erkennen (Peterson et al., 2003). In diesem Kontext werden GIS-gestützt Veränderungen verschiedener Landnutzungen (sowohl räumlich als auch hinsichtlich ihrer Intensität) simuliert. Dabei wird das Expertenwissen regionaler Akteure, das bereits im Rahmen von Szenarien-Workshops akquiriert wurde (s. Thur et al., 2011ab), einbezogen. Zur Steuerung der sich abzeichnenden Raumnutzungskonflikte, die sich unter den Bedingungen des Klimawandels weiter verstärken, werden existierende planerische Instrumente herangezogen und ggf. weiterentwickelt. Dies geschieht unter Berücksichtigung der Grundsätze raumplanerischer Abwägung. Die Ergebnisse fließen in künftige Planwerke und Strategien der Regionalplanung und -entwicklung ein.

Literatur

- Bernhofer, C.; Matschullat, J.; Bobeth, A. (Hrsg.) (2011): Klimaprojektionen für die REGKLAM-Modellregion Dresden: Rhombos-Verlag (Publikationsreihe des BMBF-geförderten Projektes REGKLAM - Regionales Klimaanpassungsprogramm für die Modellregion Dresden, Heft 2).
- Birkmann, J.; Schanze, J.; Müller, P.; Stock, M. (2012): Anpassung an den Klimawandel durch räumliche Planung - Grundlagen, Strategien, Instrumente. Hannover: Akad. für Raumforschung und Landesplanung (E-Paper der ARL, 13).
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) (Hrsg.) (2011): Vulnerabilitätsanalyse in der Praxis. Inhaltliche und methodische Ansatzpunkte für die Ermittlung regionaler Betroffenheiten. (BMVBS-Online-Publikation, 21/2011). Online verfügbar unter <http://d-nb.info/1016839944/34>.
- Fröhlich, J.; Knieling, J.; Schaerffer, M.; Zimmermann, T. (2011): Instrumente der regionalen Raumordnung und Raumentwicklung zur Anpassung an den Klimawandel. Hamburg: HafenCity Univ. Stadtplanung und Regionalentwicklung (Neopolis working papers, 10).
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007): Fourth Assessment Re-port (AR4); Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Kolodziej, J.; Seidel, A. (2011): Vulnerabilitätsanalyse Oberlausitz-Niederschlesien. TU Dresden, Lehr und Forschungsgebiet Landschaftsplanung. Online verfügbar unter <http://www.rpv-oberlausitz-niederschlesien.de>, zuletzt aktualisiert am 07.09.2011, zuletzt geprüft am 24.09.2012.
- Landesumweltamt Brandenburg (LUA) (Hrsg.) (2010): Auswertung regionaler Klimamodelle für das Land Brandenburg. Darstellung klimatologischer Parameter mit Hilfe vier regionaler Klimamodelle (CLM, REMO, WettReg und STAR) für das 21. Jahrhundert. Online verfügbar unter <http://www.mugv.brandenburg.de>, zuletzt aktualisiert am 29.04.2010, zuletzt geprüft am 24.09.2012.
- Peterson, G.; Cumming, G.; Carpenter, S. (2003): Scenario Planning: a Tool for Conservation in an Uncertain World. Conservation Biology. Bd. 17, Nr.2, S. 358–366.
- Regionaler Planungsverband Leipzig-West Sachsen (RPV LW) (Hrsg.) (2011): Vulnerabilitätsanalyse zum Klimawandel - Modellregion West Sachsen. Leipzig.
- Riechel, R. (2011): Wissen auf dem Weg zur Umsetzung. Die Rolle von regionalen Akteursnetzwerken zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels. In: Frommer, Birte; Buchholz, Frank; Böhm, Hans Reiner (Hrsg.): Anpassung an den Klimawandel - regional umsetzen! Ansätze zur Climate Adaption Governance unter der Lupe. München: Oekom, S. 192–216.
- Thur, P.; Knothe, S.; Geiger, B. (2011a): Landschaften in Brandenburg 2040: Dokumentation zum Akteursworkshop in der Planungsregion Uckermark-Barnim. 13.04.2011, Paul-Wunderlich-Haus Eberswalde.
- Thur, P.; Knothe, S.; Geiger, B. (2011b): Landschaften in Brandenburg 2040: Dokumentation zum Akteursworkshop in der Planungsregion Lausitz-Spreewald. 11.05.2011, Kreisverwaltung Elbe-Elster, Herzberg/Elster.
- Wilson, E. (2009): Use of scenarios for climate change adaptation in spatial planning. In: Davoudi, S.; Crawford, J.; Mehmood, A. (Hg): Planning for climate change: Strategies for mitigation and adaptation for spatial planners. Sterling VA, London, S. 223–235.

Energiepflanzenanbau und Ökosystemdienstleistungen – das Projekt LÖBESTEIN

Gerd Lupp, Olaf Bastian, Ralf-Uwe Syrbe, Reimund Steinhäuber

Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung, Dresden

Einleitung

Angesichts des fortschreitenden Verlustes an Biodiversität und der wachsenden Inanspruchnahme und Belastung der Ökosysteme durch den Menschen steht das Landmanagement vor großen Herausforderungen, die vielfältigen und zunehmenden Ansprüche an die begrenzten Ressourcen zu steuern, Landnutzungskonflikte zu minimieren und eine nachhaltige Landnutzung zu gewährleisten.

Das gilt in besonderem Maße auch für den im Rahmen der sogenannten Energiewende forcierten Umstieg auf „erneuerbare Energien“, denn die weltweite rasante Ausweitung des Anbaus von Energiepflanzen hat vielschichtige wirtschaftliche, soziale und ökologische Konsequenzen. Einerseits bietet die Erzeugung nachwachsender Rohstoffe neue Chancen zu nachhaltigen, umweltfreundlicheren Produktionsverfahren und zu mehr Einklang mit der Natur. Der Anbau von Biomasse für energetische Zwecke verschafft Landwirten ein zusätzliches ökonomisches Standbein, ist aber meist mit einer weiteren Intensivierung der Landwirtschaft verbunden, das heißt mit zusätzlichen Belastungen des Naturhaushaltes: der Böden, der Gewässer und der biotischen Vielfalt.

Vor diesem Hintergrund untersucht das Projekt LÖBESTEIN (Landmanagementsysteme, Ökosystemdienstleistungen, Biodiversität – Entwicklung von Steuerungsinstrumenten am Beispiel des verstärkten Anbaus nachwachsender Rohstoffe) die Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus auf Ökosystemdienstleistungen und biologische Vielfalt. Ziel ist es, Bewertungsmethoden und Steuerungsinstrumente im Sinne einer nachhaltigen Landnutzung zu entwickeln, die unter ökonomischen, rechtlichen und planerischen Gesichtspunkten realisierbar sind und in der Praxis auf hohe Akzeptanz stoßen. Zugleich sollen Ökosystemdienstleistungen (ÖSD) besser in zukünftige gesellschaftliche Entscheidungsprozesse integriert werden.

Methodik

Ausgehend vom aktuellen Kenntnisstand zu Ökosystemdienstleistungen und nachwachsenden Rohstoffen (vgl. Grunewald und Bastian 2010, Lupp et al. 2011) werden die vielfältigen Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus auf die ÖSD (Versorgungs-, Regulations- und sozio-kulturelle Leistungen) ermittelt. Dabei wird auch überprüft, inwieweit das Konzept der ÖSD überhaupt geeignet ist, die Folgen des verstärkten Energiepflanzenanbaues auf die Landschaft umfassend darzustellen und zu bewerten. Im Vordergrund steht die Frage, inwiefern bestimmte ÖSD beeinflusst werden und auf welche Weise diese Wirkungen nachgewiesen werden können. Notwendig ist die Auswahl aussagekräftiger ÖSD und die Aufbereitung bzw. Entwicklung geeigneter Methoden und Indikatorsysteme. Als Ausgangsbasis dient die Auswertung des aktuellen internationalen Kenntnisstandes zum Konzept der ÖSD in ihrer Beziehung zum verstärkten Anbau nachwachsender Rohstoffe (insbesondere von Energiepflanzen) unter besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse in Mitteleuropa, Deutschland und Sachsen.

Andererseits werden die vorhandenen Instrumentarien bzw. Methoden der räumlichen Steuerung dahingehend überprüft, ob und in welchem Maße sie ÖSD einbeziehen und welche lenkende Wirkung diese besitzen. Notwendiger Handlungsbedarf zur besseren Berücksichtigung von ÖSD wird aufgezeigt. Gemeinsam mit den Projektpartnern aus der Praxis werden Vorschläge für eine verbesserte Steu-

erung der Biomasseproduktion erarbeitet. Die Praxispartner sichern auch den Anwendungsbezug und die Einbindung wichtiger Schlüsselakteure ab.

Als Beispielgebiet dient dabei der Landkreis Görlitz im Freistaat Sachsen. Um die erzielten Aussagen verallgemeinern zu können, werden zentrale Ergebnisse und Aussagen anhand des Landkreises Uckermark (Land Brandenburg) validiert.

Als Projektpartner wirken: das Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e.V. in Dresden (IÖR), das Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung e.V. in Müncheberg (ZALF), das Internationale Begegnungszentrum St. Marienthal in Ostritz, die Lausitzer Erzeuger- und Verwertungsgemeinschaft Nachwachsende Rohstoffe e.V. in Nebelschütz sowie das Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie in Freiberg.

Ergebnisse

Als ausgewählte Projektergebnisse seien genannt:

- Bewertung des Energiepflanzenanbaus (verschiedene Feldfrüchte, Anbausysteme) auf ÖSD,
- Ökonomische Bewertung alternativer, auf eine Stärkung der biologischen Vielfalt auf Agrarland gerichteten Anbausysteme,
- mögliche Veränderungen der Landnutzung und ÖSD-Wirkungen entsprechend dreier auf den Biomasseanbau bezogener Szenarien,
- Regionale Differenzierung der Auswirkungen des Biomasseanbaus nach Naturraumeinheiten (Mikrogeochoren)
- Handlungsleitfaden „Nachhaltige Erzeugung von Biomasse für regionale Entwicklung im Landkreis Görlitz – Ein Plädoyer für einen alternativen Energiepflanzenanbau“
- Gemeinsam mit der Praxis getragene Wertungen und Empfehlungen für Steuerungselemente für einen nachhaltigen Anbau nachwachsender Rohstoffe, die ÖSD und die biologische Vielfalt verbessern, ökonomisch, juristisch und planerisch realistisch sind und bei Praktikern auf hohe Akzeptanz stoßen.

Schlussfolgerungen

Es besteht die dringende Notwendigkeit, die energetische Nutzung von Biomasse so auszurichten, dass sie nachhaltig ist und nicht zu einer Zunahme der Belastungen von Boden, Wasser und Luft führt, die Flächen- und Klimateffizienz gesteigert und Synergien mit dem Naturschutz entwickelt werden. Nur so kann dem Anspruch entsprochen werden, tatsächlich einen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten, ohne dabei anderen gesellschaftspolitischen Zielen, wie dem Schutz der Biodiversität zuwiderzulaufen. Künftig darf die Bioenergiepolitik nicht eine weitere Intensivierung im Ackerbau begünstigen. Insgesamt sollten die Erwartungen an die Bioenergie an die Möglichkeiten unserer Ökosysteme angepasst werden und nicht eine Gefahr für sie darstellen.

Entscheidend ist die Einsicht, die Energieproduktion nicht einseitig auf Kosten von Nahrungsmittelerzeugung und biotischer Vielfalt zu maximieren. Klimaschutz, Biodiversität und Ökosystemdienstleistungen sollten vielmehr mit gleicher Priorität Berücksichtigung finden.

Literatur

Grunewald, K. und O. Bastian (2010): Ökosystemdienstleistungen analysieren - begrifflicher und konzeptioneller Rahmen aus landschaftsökologischer Sicht. *GEOÖKO* 31, 50–82.

Lupp, G., J. Albrecht, M., Darbi und O. Bastian (2011): Ecosystem services in energy crop production - a concept for regulatory measures in spatial planning? *J. of Landscape Ecology* 4, 49–66.

Das Projekt LÖBESTEIN wird vom Bundesministerium für Forschung und Bildung (BMBF) innerhalb des Forschungsschwerpunktes „Nachhaltiges Landmanagement – Module B“ gefördert (FKZ 033L028A-E).

Kontakt: Leibniz-Institut für Ökologische Raumentwicklung e.V., Weberplatz 1, 01217 Dresden, Dr. Gerd Lupp, Tel.: 0351-4679279, E-Mail: g.lupp@ioer.de, Projekthomepage: www.loebestein.de

Auswirkungen von waldstrukturellen Veränderungen im Zuge des Waldumbaus auf die hydroökologischen Bedingungen in den Beständen

Jürgen Müller

Johann Heinrich von Thünen-Institut, Institut für Waldökologie und Waldinventuren, Eberswalde, Deutschland

Zusammenfassung

Das Ziel der Forstwirtschaft besteht deutschlandweit in der Schaffung stabiler Mischwälder und in einer Naturannäherung der Waldstrukturen. Dabei steht besonders die Frage im Vordergrund, wie sich der Wasserverbrauch und das Wachstum der Mischwälder bei weniger werdenden Wasserressourcen verändern. Die Versuchsflächenanlage erfolgte in Form einer Chronosequenz von sich entwickelnden Kiefern-Buchen-Mischbeständen sowie altersmäßig vergleichbarer Reinbestände von Kiefer und Buche.

Erst durch die Berücksichtigung der Besonderheiten des strukturellen Aufbaus der Kiefern-Buchen-Mischbestände wird eine treffende Beurteilung der hydroökologischen Wirkungen des Unterbaus möglich. Im Ergebnis einer strukturellen Analyse der untersuchten Stadien wurde festgestellt, dass in Abhängigkeit von der Bestandesstruktur (Ober- und Unterstand) eine Niederschlagsumverteilung mit Auswirkungen auf die Anteile der einzelnen Verdunstungskomponenten an der Gesamtverdunstung eintritt, wodurch letztlich auch der Wasserverbrauch des Bestandes verändert wird. Es konnte nachgewiesen werden, dass sich im Verlauf des Umbauprozesses neben dem Strahlungshaushalt auch der Feuchtehaushalt in Bestand und Boden mit Auswirkungen auf das Baumwachstum verändert.

Einleitung

Auf Grund der Standortbedingungen im nordostdeutschen Tiefland (Niederschlagsarmut, geringes Wasserdargebot, hoher Waldanteil mit der Dominanz der Kiefer und sandige Böden) und vor dem Hintergrund zukünftig zunehmender Sommertrockenheit stellt sich in dieser Region die Frage nach der Höhe des Wasserverbrauches der zweischichtigen Bestände.

Im Mittelpunkt dieses Beitrages stehen die Veränderungen des Wasserhaushaltes im Kiefern-Buchen-Mischbestand im Vergleich zum Kiefern-Reinbestand und die sich daraus ergebenden Konsequenzen. Dabei standen folgende Fragestellungen im Vordergrund:

- Wie modifiziert der aufwachsende Buchen-Unterstand den Wasserfluss und was bedeutet dies für die Veränderung der einzelnen Verdunstungskomponenten von Baum- und Krautschicht bei der Umwandlung von Kiefern- Reinbeständen in Kiefern- Buchen-Mischbestände?
- Welche Auswirkungen hat der veränderte Wasserfluss auf die Höhe der Tiefensickerung und damit auf die wasserwirtschaftliche Leistung des Waldes?

Methode

Die Versuchsflächenanlage erfolgte in Form einer Chronosequenz von sich entwickelnden Kiefern-Buchen-Mischbeständen sowie altersmäßig vergleichbarer Reinbestände von Kiefer und Buche. Detailliertere Angaben zu den bestandesstrukturellen Parametern der Flächen und zu den Methoden der Ermittlung von Struktur- und Prozessparametern sind bei Müller (2003) nachzulesen. Einen wesentlichen Schwerpunkt der Untersuchung stellt die Quantifizierung der Wasserflüsse in den Beständen dar.

Ergebnisse

Die Untersuchungen zeigen, dass die Bestände bei vergleichbarem Freilandniederschlag bezüglich der Höhe der Bestandesniederschläge deutliche Unterschiede aufweisen. Die Ursachen liegen in der sich differenzierenden Interzeptionsverdunstung der Kronendächer begründet. Die Kiefer (immergrün, raue Rinde, offene sperrige Krone) hat gegenüber der Buche (winterkahl, glatte Rinde mit Stammabfluss) höhere Interzeptionsverluste. Die sich mit dem Buchenunterbau veränderte Kronenarchitektur wirkt sich über die Höhe der Bestandesniederschläge und ihrer Verteilung im Bestand direkt auf die Tiefensickerung aus.

Während außerhalb der Vegetationsperiode die Vegetationsstrukturen der Baumschicht maßgeblich die Tiefensickerung beeinflussen, ist innerhalb derselben der Wasserverbrauch der einzelnen Vegetationsschichten für die Beurteilung möglicher Wasserstresswirkung von essentieller Bedeutung. In der Hauptvegetationszeit findet in allen Beständen in der Regel keine Tiefensickerung statt.

Die Gesamtverdunstung gibt nur einen groben Überblick über den Wasserhaushalt der Waldbestände. Bedeutsamer für die Aufklärung von Wechselwirkungen zwischen den Kompartimenten ist die Aufteilung der Gesamtverdunstung in die einzelnen Verdunstungskomponenten (Kronendachinterzeption, Evapotranspiration von Boden und Bodenpflanzendecke sowie Transpiration der Baumvegetation). Die Abbildung 1 zeigt für einen Kiefern- und einen Buchen-Reinbestand sowie die untersuchten Kiefern-Buchen-Mischbestände die Größenordnung der einzelnen Verdunstungskomponenten in der Vegetationsperiode. Durch die zunehmende Ausdunkelung des Waldbodens verringert sich der Anteil der Evaporation und die Transpiration des Baumbestandes nimmt zu. Mit zunehmendem Einwachsen der Buche in den Kronenraum der Kiefer im Kiefern-Buchen-Mischbestand und damit einhergehender Reduzierung der Verdunstung von der Waldbodenoberfläche werden die Verdunstungsrelationen des Buchen-Reinbestandes erreicht.

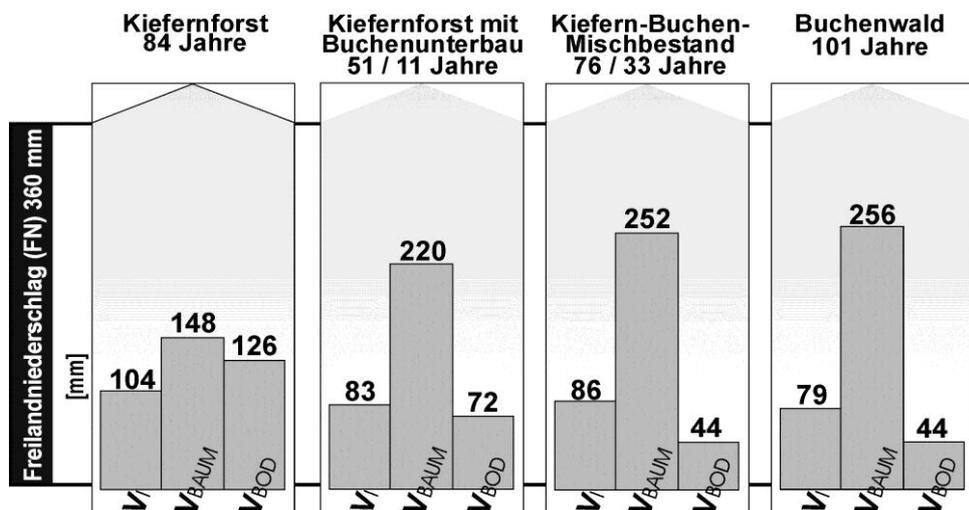


Abb. 6: Kennwerte des Wasserverbrauchs im Sommerhalbjahr in Abhängigkeit von den Bestandesstrukturen ($V_I =$ Kronendachinterzeption in mm, W_{BAUM} = Transpiration des Baumbestandes in mm, V_{BOD} = Evaporation des Waldbodens und der Bodenpflanzendecke in mm).

Für die hydroökologischen Wirkungen des den Waldboden erreichenden Niederschlages auf Durchwurzelung und Wachstum sind die Verteilungsmuster des Bestandesniederschlages von ausschlaggebender Bedeutung (Müller 2002; Müller et al. 2002)). Bedeutsam für die Niederschlagsverteilung am Waldboden ist zudem die Verteilung des Stammabflusswassers der Buchen im Bestand. So führt die Umverteilung des Niederschlages im Kronenraum der Buche mit dem Aufwachsen zur Zunahme des

Stammabflusses. Für die Durchfeuchtung des Waldbodens ist die an Baumzahl sowie -durchmesser und damit an die Bestandesdichte gebundene Verteilung des Stammabflusswassers im Bestand bedeutsamer als die absolute Stammabflusshöhe. Die Erhöhung der Oberbodenfeuchte im Stammfußbereich ist wichtig im Hinblick auf die Aufklärung strukturbezogener Durchwurzelungsunterschiede und Bodenwasserentnahmen mit Auswirkungen auf den innerjährlichen Wachstumsgang von Buche und Kiefer besonders in Trockenperioden innerhalb der Hauptwachstumszeit. Die Niederschlagsumverteilung hat direkten Einfluss auf den Wasserverbrauch der einzelnen Bestandesglieder.

Schlussfolgerungen

Im Verlaufe des Umbauprozesses wirkt sich die zunehmende Dominanz der Buche positiv auf den Bestandeswasserhaushalt und das Feuchteregime in der Hauptwurzelzone aus. So führt der einsetzende Stammabfluss der Buchen im Winterhalbjahr zur zusätzlichen Tiefensickerung im Stammfußbereich. Im Sommerhalbjahr erhöht die an Baumzahl sowie -durchmesser gebundene Stammabflussmenge die Oberbodenfeuchte im Bestand.

Die in weiten Teilen des nordostdeutschen Tieflands geplante und praktizierte Umwandlung von unbauwürdigen Kiefernforsten in Kiefern-Buchen-Mischbestände führt durch Veränderung der Kronendachstrukturen im Zuge der Bestandesbehandlung langfristig zu einem positiven Effekt auf den Landschaftswasserhaushalt. Die Forstwirtschaft kann mit entsprechenden Waldumbaustrategien durch Eingriffe in das Bestandesdichteregime den Wasserfaktor bezüglich Waldwachstum gezielt beeinflussen und bis zu einem bestimmten Grad in seinen Auswirkungen steuern. So kann z.B. über die Stammzahlhaltung von Kiefer und Buche im Ober- und Unterstand und die Verteilung der Strukturareale der Kronendachstrukturen gezielt Einfluss auf die Höhe der Interzeptionsverluste genommen werden.

Literatur

- Müller, J. (2002): Wirkungszusammenhänge zwischen Vegetationsstrukturen und hydrologischen Prozessen in Wäldern und Forsten. S. 93 ff. In: Anders, S. et al.: Ökologie und Vegetation der Wälder Nordostdeutschlands. Oberwinter, Verlag Dr. Kessel, 283 S.
- Müller, J.; Beck, W.; Hornschuch, F.; Steiner, A. (2002): Quantifizierung der ökologischen Wirkungen aufwachsender Kiefern-Buchen-Mischbestände im nordostdeutschen Tiefland. Beitr. f. Forstwirtschaft. Landschaftsökologie, 36, 3, 125-131.
- Müller, J. (2003): Veränderung hydrologischer Parameter im Prozess des Waldumbaus. S. 42 ff. In: Anders, S. et al.: Untersuchungen zur Ökologie von Kiefern-Buchen-Mischbeständen im nordostdeutschen Tiefland und Ableitung von Empfehlungen zur Durchführung des Buchen-Unterbaus in Kiefern-Reinbeständen. Abschlussbericht des BMBF-Verbundprojektes „Ökologische Voraussetzungen und Wirkungen des Waldumbaus im nordostdeutschen Tiefland (Förderkennzeichen 0339731). Bundesforschungsanstalt Forst- u. Holzwirtschaft, Institut für Forstökologie und Walderfassung. 226 S.

Modellierung von Ökosystemdienstleistungen in Berggebieten: Beispiel Stubaital (Österreich)

Uta Schirpke¹, Georg Leitinger^{1,2}, Erich Tasser¹, Michael Bahn² und Ulrike Tappeiner^{1,2}

¹ Institut für Alpine Umwelt, EURAC research, Bozen, Italien

² Institut für Ökologie, Universität Innsbruck, Österreich

Zusammenfassung

Ökosystemdienstleistungen in Berggebieten hängen stark von der Landnutzung, topographischen sowie klimatischen Eigenschaften ab. Modelle zum Quantifizieren müssen speziell angepasst werden. Zwischen unterschiedlichen Ökosystemdienstleistungen sowie Landnutzungen ergeben sich Synergien und Trade-offs. Eine nachhaltige Landwirtschaft kann die Bereitstellung mehrerer Ökosystemdienstleistungen fördern.

Einleitung

Die Berglandwirtschaft spielt eine zentrale Rolle bei der Bereitstellung von Ökosystemdienstleistungen (Fischer et al., 2008). Einerseits trägt sie dabei direkt zur Versorgung mit Nahrungsmitteln und Rohstoffen bei, hängt aber andererseits auch von den regulierenden und unterstützenden Diensten der Ökosysteme ab (Zhang et al., 2007). Die Landwirtschaft und Änderungen der Landnutzung können Ökosystemdienstleistungen beeinflussen (Metzger et al. 2006). Außerdem haben klimatische Veränderungen weitreichende Auswirkungen auf Ökosysteme in Berggebieten und können zu Änderungen in der landwirtschaftlichen Nutzung und auf die Bereitstellung von Ökosystemdienstleistungen führen (Theurillat und Guisan, 2001). Ziel dieser Arbeit war, ausgewählte Ökosystemdienstleistungen von Berggebieten zu modellieren.

Methode

Basierend auf der Landnutzung sowie topographischer und klimatischer Gegebenheiten wurden ausgewählte Ökosystemdienstleistungen modelliert (Tab. 1). Zusätzlich wurden Bodenfruchtbarkeit und Wasserqualität auf der Basis von Pflanzenmerkmalen (plant-traits) modelliert.

Tab. 1: Modellierung ausgewählter Ökosystemdienstleistungen in Berggebieten.

Ökosystemdienstleistung	Methode
Ästhetischer Wert	Fragebogen
Futterqualität	Futterwertzahl (Klapp, 1953) + Höhenkorrektur (Egger, 1999)
Futtermenge	Produktivitätstyp, Topographie, Niederschlag (Egger, 2005)
Klimaregulierung	Kohlenstoffspeicher (Tappeiner et al., 2008)
Naturgefahrenregulierung	Schneegleiten (Leitinger et al., 2008) + Oberflächenabfluss (Leitinger et al., 2010) + Durchwurzelung (Tappeiner et al., 2008)
Bodenstabilität	Niederschlag * Hangneigung * Durchwurzelung (Tappeiner et al., 2008)

Ergebnisse

Während die Futterproduktion mit der Nutzungsintensität steigt, sinken regulierende Ökosystemdienstleistungen sowie der ästhetische Wert (Abb. 1). Bei einer Aufgabe der Nutzung mit einer anschließenden Wiederbewaldung der Brachflächen steigen die regulierenden Ökosystemdienstleistungen an, der ästhetische Wert ist jedoch geringer als für extensives Grünland.

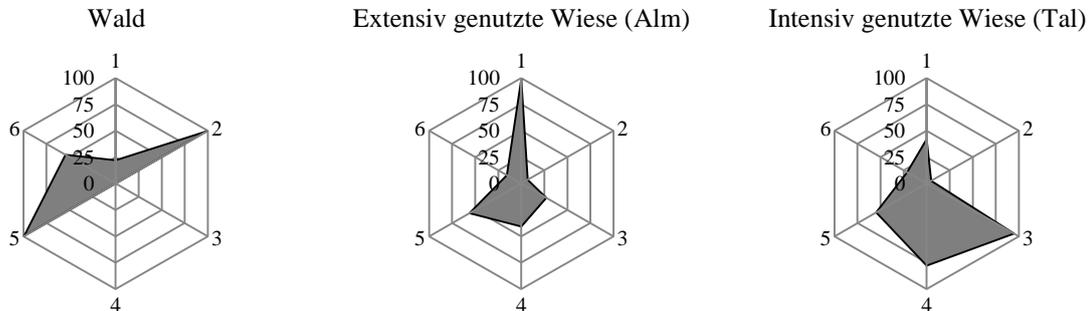


Abb. 1: Ökosystemdienstleistungen für die Kaserstattalm im Stubaital (Österreich) für ausgewählte Landnutzungen. Alle Werte wurden von 0-100 skaliert und für das gesamte Gebiet gemittelt. 1 Ästhetischer Wert, 2 Klimaregulierung, 3 Futterqualität, 4 Futtermenge, 5 Naturgefahrenregulierung, 6 Bodenstabilität.

Literatur

- Egger, G. (1999): Biotopkartierung Nationalpark Hohe Tauern. Erhebung, Bewertung und Maßnahmenentwicklung ausgewählter Biotope der Außenzone des Nationalparks Hohe Tauern (Tirol). Studie im Auftrag von Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie, Klagenfurt.
- Egger, G., K. Angermann, S. Aigner und K. Buchgraber (2005): GIS-Gestützte Ertragsmodellierung zur Optimierung des Weidemanagements auf Almweiden. BAL - Bundesanst. für Alpenländ. Landwirtschaft, Gumpenstein.
- Fischer, M., K. Rudmann-Maurer, A. Weyand, und J. Stöcklin (2008): Agricultural Land Use and Biodiversity in the Alps, *Mountain Research and Development* 28, 148–155.
- Leitinger, G., P. Höller, E. Tasser, J. Walde und U. Tappeiner (2008): Development and validation of a spatial snow-glide model. *Ecological Modeling* 211, 363–374.
- Leitinger, G., E. Tasser, C. Newesely, N. Obojes und U. Tappeiner (2010): Seasonal dynamics of surface runoff in mountain grassland ecosystems differing in land use. *Journal of Hydrology* 385, 95-104.
- Klapp, E., P. Boeker, F. König und A., Stählin (1953): Wertzahlen der Grünlandpflanzen. Das Grünland. Hannover (Schaper).
- Metzger, M.J., M. Rounsevell, A. Michlik, R. Leemans und D. Schröter (2006): The Vulnerability of Ecosystem Services to Land Use Change. *Agriculture Ecosystem & Environment* 114, 69–86.
- Tappeiner, U., E. Tasser, G. Leitinger, A. Cernusca und G. Tappeiner (2008): Effects of Historical and Likely Future Scenarios of Land Use on Above- and Belowground Vegetation Carbon Stocks of an Alpine Valley. *Ecosystems* 11, 1383–1400.
- Theurillat, J. und A. Guisan (2001): Potential Impact of Climate Change on Vegetation in the European Alps: A Review. *Climatic Change* 50, 77–109.
- Zhang, W., T.H. Ricketts, C. Kremen, K. Carney und S.M. Swinton (2007): Ecosystem services and dis-services to agriculture. *Ecological Economics* 64, 253–260.

Ökosystemdienstleistungen von Mooren – erste Anwendungsergebnisse einer neuen Bewertungsmethode

Claudia Schröder¹, Mirjam Gärtner¹, Vera Luthardt¹ und Florian Jeltsch²

¹Hochschule für Nachhaltige Entwicklung Eberswalde (FH), Friedrich-Ebert-Str. 28, 16225 Eberswalde,
Tel.: 03334 - 65 7293, Email: cschroeder@hnee.de

²Universität Potsdam, Maulbeerallee 2, 14469 Potsdam

Zusammenfassung

In Abhängigkeit ihrer naturräumlichen Ausstattung und der anthropogenen Nutzung stellen Moore unterschiedlichste Ökosystemdienstleistungen (ÖSDL) für die Gesellschaft bereit. Als Akkumulations- und Senkenökosystemen wird ihnen im Vergleich zu anderen Ökosystemen, insbesondere vor dem Hintergrund eines beschleunigten Klimawandels, eine ganz besondere Bedeutung zuteil.

Es existieren derzeit verschiedene Ansätze um ÖSDL zu bewerten, doch fehlt bislang eine holistische Bewertungsmethode, die sowohl die ÖSDL eines jeweiligen Ökosystemtyps in ihrer Gesamtheit als auch die Nachfrage durch Stakeholder nach ÖSDL berücksichtigt und zugleich eine breite Anwendung auf lokaler sowie regionaler Ebene ermöglicht.

Diesen Bedarf aufgreifend haben wir in Anlehnung an den Ansatz von Boyd und Banzhaf (2007) einen methodischen Rahmen entwickelt, welcher einerseits die Ermittlung der individuellen Nachfrage von Stakeholdern nach ÖSDL und andererseits die Identifizierung des Potentials des jeweiligen Ökosystemtyps ÖSDL bereitzustellen (Angebot) einbezieht. Der anthropozentrische Ansatz der ÖSDL wird durch die kausale Verknüpfung mit ökosystemaren Funktionen und Prozessen (Intermediate Components IC) erweitert, die die Basis/ Voraussetzung für die Bereitstellung der ÖSDL darstellen. Die Bewertung der ÖSDL erfolgt indirekt über die zugrundeliegenden IC. Für jede IC wurde ein Set von Indikatoren definiert, auf deren Grundlage die Bewertung erfolgt.

Die entwickelte Methodik wurde exemplarisch an Mooren unterschiedlichen Nutzungstyps und naturnahen Mooren im Land Brandenburg getestet. Sowohl Gemeinsamkeiten als auch Unterschiede in der Bereitstellung von ÖSDL lassen sich transparent darstellen.

Im Hinblick auf eine zukünftige Anwendung könnte die Methodik als Entscheidungsunterstützungsinstrumentarium für Planungen eine argumentative Abwägung von Nutzungs- und Managementoptionen von Ökosystemen erleichtern.

Stichworte: Ökosystemdienstleistungen, Moore, Bewertung, Methode

Konzeption wasserwirtschaftlicher Anpassungsmöglichkeiten an den Klimawandel auf kommunaler und regionaler Ebene⁹

Heide Stephani-Pessel (h.stephani-pessel@hnee.de), Bettina Geiger (bettina.geiger@hnee.de),
Uta Steinhardt (uta.steinhardt@hnee.de)

Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde (FH), Eberswalde, Deutschland

Zusammenfassung

GIS-gestützte Analysen ermöglichen die Identifikation von Flächen zum Wasserrückhalt auf kommunaler sowie regionaler Ebene als Anpassungsoption an zu erwartende Veränderungen des Niederschlags-Abfluss-Geschehens im Zuge des Klimawandels. Dabei werden Ansätze zur Anschlussfähigkeit zwischen den verschiedenen Planungshierarchien gemäß dem raumordnerischen Gegenstromprinzip ebenso identifiziert wie Synergien zwischen verschiedenen Fachplanungen.

Einleitung

Regionale Klimaprojektionen lassen für den Nordosten Brandenburgs eine Erhöhung der Mitteltemperatur und eine Umverteilung der Niederschläge von den Sommer- in die Wintermonate erwarten. Dadurch bedingt ist mit Zunahme einer bereits zu beobachtenden Sommertrockenheit und weiter sinkenden Grundwasserständen zu rechnen. Der Versickerung von Niederschlagswasser und dem Wasserrückhalt kommt somit eine besondere Bedeutung zu. Zwei im Innovationsnetzwerk Klimaanpassung Brandenburg-Berlin (kurz INKA BB) verankerte Teilprojekte (TP24: Siedlungswasserwirtschaft und TP04: Regionalplanung) entwickeln unter Beachtung des Gegenstromprinzips der Raumordnung konzeptionelle Ansätze für eine Anpassung der Wasserwirtschaft an den Klimawandel auf kommunaler und regionaler Ebene. Ziel ist eine abgestimmte planerische Sicherung geeigneter Retentionsflächen – kommunal im Flächennutzungsplan und regional im Regionalplan. Auf kommunaler Ebene erfolgt die Erarbeitung im Einzugsgebiet der Panke, Vorfluter für die Entwässerungssysteme zweier Kommunen. Auf regionaler Ebene liegt das Augenmerk auf der Planungsregion Uckermark-Barnim.

Methodik

Gemein ist der Herangehensweise beider Teilprojekte die GIS-gestützte Analyse, bei der auf Grundlage des digitalen Landschaftsmodells (DGM) Senken berechnet und auf den jeweiligen Planungsraum (Kommunen Panketal und Bernau sowie Planungsregion Uckermark-Barnim) angewandt wurden. Auswahlkriterium auf beiden Ebenen war die Lage der Senken, die verschiedene Kriterien zu erfüllen hatten: einen Grundwasserflurabstand von mehr als einem Meter und die Korrespondenz zu den von Kühn et al. (2004) identifizierten theoretischen Retentionsflächen auf der Grundlage von Bodendaten. Um Flächenkonkurrenzen, die sich im Klimawandel noch verschärfen werden, möglichst zu vermeiden, wurde auf Synergien mit Ausweisungen anderer Fachplanungen geachtet. So ist z. B. eine Ausweisung geeigneter Flächen auf Arealen des – in Brandenburg noch nicht ausgewiesenen – Biotopverbundes, in Synergie mit Biotoptypen (z. B. Niedermoore oder kleine Standgewässer) sowie in bestehenden FFH-Gebieten nach Prüfung der naturschutzfachlichen Verträglichkeit der unterschiedlichen Nutzungen durchaus sinnvoll.

⁹ Dieser Text basiert auf einem gleichlautenden Beitrag in: Weiler, Markus (Hrsg. 2012): Wasser ohne Grenzen. Beiträge zum Tag der Hydrologie am 22./23. März 2012, Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung Heft 31.12, S. 406-407

Da die Regionalplanung in einem Maßstab von 1:100.000 arbeitet, also wesentlich geringer aufgelöst als auf der kommunalen Ebene, ist hier vorrangiges Ziel, größere zusammenhängende Flächen zu identifizieren und diese entweder als Vorbehalts- oder Vorranggebiete zu sichern. Daher wurden in einem Zwischenschritt die Dichten der Senken berechnet, um geeignete Teilräume zu identifizieren, in denen eine hohe Dichte an Senken in Korrespondenz mit den o. g. theoretischen Retentionsflächen nach Kühn et al. (2004) zu finden ist. Diese Flächen wurden abschließend mit der Auswahl der Senken der Gemeinden Panketal und Bernau abgeglichen.

Auf kommunaler Ebene wurde durch eine enge Abstimmung mit den Praxispartnern aus Verwaltung sowie Wasser- und Bodenverband von einigen strengen Kriterien wieder Abstand genommen. Dies geschah mit Hilfe der Ortskenntnis der betreffenden Akteure; so wurden z. B. einige Flächen auch dann ausgewählt, wenn sie einen Grundwasserflurabstand von weniger als einen Meter aufwiesen, da dieses Kriterium zum Schutz des Grundwassers nicht in jedem Falle sinnvoll erschien.

Ergebnisse und Diskussion

Auf kommunaler und regionaler Ebene wurden geeignete und übereinstimmende Flächen zur planerischen Sicherung im Klimawandel identifiziert. Es zeigte sich jedoch, dass aus regionalplanerischer Betrachtung weniger, dafür aber größere Flächen in die Auswahl genommen wurden als auf kommunaler Ebene. In der Kommune hingegen zeigte sich die enge Zusammenarbeit mit sowohl orts- als auch sachkundigen Praxispartnern als unverzichtbar für die planerische Auswahl und Sicherung der Flächen in den beiden Gemeinden. In der Gemeinde Panketal fließen die ausgewählten Flächen in den zurzeit in Fortschreibung befindlichen Flächennutzungsplan ein.

Die Methodik der GIS-gestützten Analyse, wie sie für beide Ebenen angewandt wurde, ist für die Identifizierung der Retentionsflächen sehr gut geeignet. Allerdings sollten in weiteren Schritten die Abfluss- bzw. Infiltrationsgeschwindigkeit der Einzugsgebiete der Senken und deren Fassungsvermögen näher betrachtet werden, um größere Sicherheit in Bezug auf die Eignung der Senken als Retentionsfläche zu erhalten. Auf kommunaler Ebene kann dieser Schritt auf Grund der Ortskenntnis der Praxispartner unterbleiben; auf regionaler Ebene bleibt er unverzichtbar.

Schlussfolgerungen

Aus o. g. Diskussion ergibt sich, die genannten weiteren Schritte – Berechnung von Abfluss- bzw. Infiltrationsgeschwindigkeit sowie Speichervolumen und wiederholter Abgleich der Ergebnisse – durchzuführen. Es zeigt sich jedoch auch die unbedingte Notwendigkeit der Abstimmung der unterschiedlichen raumplanerischen Hierarchien und der Validierung vor Ort, bestenfalls mit Hilfe ortskundiger Sachverständiger. Synergien zwischen wasserwirtschaftlichen und anderen Fachplanungen sollten dabei stets geprüft und genutzt werden.

Literatur

Kühn, D., S. Bohl, und R. Schultz-Sternberg (2004): Ausweisung potenzieller Retentionsflächen auf der Basis der Bodenübersichtskarte 1:300.000 am Beispiel des Bundeslandes Brandenburg. *Beitr. Forstwirtschaft. u. Landschaftsökologie* 38, 8–13.

Hitzeschäden an Stämmen von Straßenbäumen Sommer-Sonnen-Nekrose (SSN)

Peter Uehre¹, Sepp Herrmann¹

¹Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Gartenbauzentrum Münster-Wolbeck

Zusammenfassung

Seit etwa zehn Jahren treten an Straßenbäumen vermehrt Stammschäden in Form von Rindennekrosen auf. Betroffen sind vor allem die in Mitteleuropa heimischen Ahorn- und Lindenarten. Als Schadursache gilt verstärkte Sonneneinstrahlung in den Sommermonaten in Verbindung mit einer Kombination verschiedener Umwelteinflüsse und Standortfaktoren. In einer längerfristig geplanten Reihe von Untersuchungen soll den Ursachen nachgegangen werden, die zur Schädigung bestimmter Baumarten führen. Auf der anderen Seite sollen die Strategien bestimmt werden, mit denen sich andere Baumarten vor Stammschäden schützen. Daraus abgeleitet werden sollen Empfehlungen für die künftige Baumartenwahl an problematischen Standorten und für die Sortimentsentwicklung in den Baumschulen. Erste Erkenntnisse liegen zur Faktorenkombination für den Schadensfall vor. Hier spielen vor allem Windbarrieren eine entscheidende Rolle. Weiterhin besteht offensichtlich ein Zusammenhang zwischen der Anordnung der Leitungsgefäße im Stammquerschnitt, der Transpirationsintensität und der Anfälligkeit gegenüber Hitzeschäden der Rinde. Als Ursache gilt eine Überhitzung des Phloems und Kambiums auf Temperaturen bis über 45°C. Erreicht werden solche Temperaturen an heißen, strahlungsreichen (>800W/m²), windstillen Sommertagen in den Stunden nach der Mittagszeit. Als wesentliches, Schaden auslösendes meteorologisches Phänomen kommt eine Zunahme von Änderungen der Windrichtungen hinzu.

Einleitung

Seit den späten 1990er Jahren häufen sich Beobachtungen von Stammschäden an der südlichen bis süd-westlichen Stammseite von jungen Straßenbäumen. Beginnend mit subletalen Rissen in der Rinde und dem typischen abgeflachten Stammquerschnitt, folgt häufig bald eine Nekrotisierung des Rindengewebes und ein Aufreißen des Holzteils. Durch sekundäre Besiedlung mit Pilzen kommt es schließlich zu einer Vermorschung des Stammes. Zu den am häufigsten geschädigten Baumarten zählen Spitz- und Berg-Ahorn sowie Winter- und Sommer-Linde und deren Hybriden. Ebenfalls stark betroffen sind Rosskastanien. Nach Angaben der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung und Landschaftsbau (FLL) sind durchschnittlich 20 Prozent der in den letzten zehn Jahren gepflanzten Alleebäume (Ahorn, Linde) geschädigt. Der jährlich dadurch entstehende Schaden wird auf 20 Millionen EURO geschätzt.

Methoden

Erhebung:

Im Jahr 2006 wurden vom Gartenbauzentrum Münster-Wolbeck erste Erhebungen an Alleen durchgeführt. Dafür wurde ein Erhebungsbogen entwickelt. Wichtige Erhebungsdaten sind dabei die Ausrichtung der Allee, der Standort der Bäume, Ausmaß und Position des Schadens, Alter, Vitalität, Neigung der Bäume. Im Frühjahr 2008 erfolgte im Landesbetrieb Straßenbau NRW eine weitere Erhebung an 6000 Straßenbäumen, wobei an über 10 % der Bäume thermische Schäden in Form von Rissen und Sonnennekrosen festgestellt wurden. An einzelnen Straßen wiesen bis zu 88 Prozent der Bäume Stammschäden auf.

Sortimentsversuch:

An einem definierten Standort wurden am Versuchsstandort Münster-Wolbeck an 44 verschiedene Baumarten Temperaturprofile erstellt und der Wasserverbrauch gemessen. Zum Vergleich der Bäume untereinander wurde das Volumen der Baumkronen bestimmt. An niederschlagsfreien, heißen Sommertagen wurde der Wasserverlust in definierten Zeitintervallen durch wiederholtes Wiegen bestimmt und morphologischen Merkmalen und geografischen Herkünften gegenüber gestellt.

Methodenentwicklung für Exaktversuche:

Gegenstand der aktuellen Untersuchungen ist die Entwicklung von praxistauglichen Methoden zur genaueren Quantifizierung des Wasserverbrauches von Baumarten und -sorten. Der Wasserverbrauch ist abhängig von der transpirierenden Oberfläche eines Baumes, hier als Kronenprojektionsfläche bezeichnet. Diese wird im Wesentlichen durch die Summe der Blattflächen bestimmt. Zur rechnerischen Ermittlung der Blattfläche wurden laubformspezifische Methoden entwickelt, die einer bildanalytischen Flächenerfassung entsprechen.

Ergebnisse

Erhebungen:

Als Faktorenkombination für den Schadensfall der Sommer-Sonnen-Nekrose (SSN) wurde festgestellt: Alleeausrichtung Nord-Süd, Ostseitige Allee, Windbarriere an Ostseite, Ostwind kleiner 1m/sek, Lufttemperatur ab 30°C, Einstrahlung über 80klx. Schrägstand von Bäumen erhöht deutlich das Schadenspotential.

Sortimentsversuch:

Die Faktorenkombination zur Schadensentstehung von SSN trat in den vier Jahren Standzeit nicht auf, so dass zwischen den verschiedenen Baumarten keine Unterschiede zu beobachten waren. Es zeigte sich aber, dass die ringporige Bäume 25 % mehr Wasser verbrauchten, als zerstreutporige Bäume. Bei Ringporern treten bisher allgemein keine SSN auf. Zerstreutporige Bäume, die als hitzeverträglich gelten, wie Silber-Linde, Silber-Ahorn und bestimmte Ahornhybriden, verbrauchten ebenso mehr Wasser, als heimische Linden- und Ahornarten.

Exaktversuch: Methodenentwicklung Wasserverbrauch, Vergleich Arten und Sorten

Im Exaktversuch soll unter definierten Bedingungen zunächst der Transpirationstrom und in der Folge die Hitze-, Trockenheits- und Frosttoleranz von Arten und Sorten untersucht werden. Anlass ist u.a. die Aussage, dass Arten weniger empfindlich bezüglich SSN sind, als die Sorten. Bei gleicher Kronenprojektionsfläche kann der Unterschied im Wasserverbrauch innerhalb weniger Tage baumartenspezifisch bis zu 100 Prozent ausmachen. Die südeuropäische *Tilia tomentosa* 'Brabant', als ein Alleebaum, der keine hitzebedingten Stammschäden aufweist, transpiriert signifikant mehr Wasser als die heimischen Lindenarten.

Hydbos – A Guidance Tool for Utilization and Protection of Hydromorphic Soils under Changing Climate Conditions: Soil and Hydrology

Evelyn Wallor¹ and Jutta Zeitz¹

¹ Humboldt-Universität zu Berlin, Germany

Summary

In Brandenburg, North-East Germany, fen soils cover about 44 % of the area. They are principally used as grassland and, hence, affected by drainage and cultivation. Local climate trends intensify the importance of these soils according to their native functionality of carbon and water retention. To describe soil development and actual site status, previous data sets are referenced to actual soil analysis. This is exemplarily shown for intensive and extensive used sites of the Randow lowland. Calculated carbon loss accounts for intensive grassland between 2.5 and 6.5 t per ha and year, regulated by groundwater level and thickness of fen soil. As expected, carbon loss under extensive land-use is less. The applied Peatland Management Decision Support System provides with appropriate data and allows for a differentiation between the impact of drainage and land-use and the impact of local climate change.

Introduction

Brandenburg is a federal state of Germany located in the North-East of the country and part of the temperate climate zone. Mean annual temperature does not exceed 8.3 °C. Annual precipitation amounts to 551.3 mm on average while for entire Germany mean annual precipitation is 779.3 mm. Fen soils cover about 44 % of the area and are in up to 99 % affected by drainage and cultivation and, hence, by soil degradation (Joosten and Couwenberg, 2001). Related to groundwater level and land-use intensity decrease of carbon storage differs (Höper, 2007; Mueller et al., 2007). Principally, fen soils in Brandenburg are used as grassland, either as extensive pasture or as intensive meadow for milk production. Some humid grassland sites are cut only once a year in the framework of nature conservation. Depending on climate model local climate trends predict an increase of mean annual temperature between 1 and 2.5 °C (Linke et al., 2010). Expected rotation of soil humidity accelerates mineralisation processes of soil organic matter and consequently the increase of greenhouse gas emissions, especially CO₂. This is controversial to current national and international requirements and increases the emission of greenhouse gases and nutrient losses (IPCC, 2007; UNFCCC, 2008). The first aim of the HYDBOS project is to quantify the range of carbon loss according to the intensity of anthropogenic impact factors. The second aim is to prove that degradation of fen soils in Brandenburg is prospectively increased by local climate trends. This impact is illustrated by simulated model achievements.

Materials and Methods

Data sets

One very important data set used in HYDBOS is based on an intensive soil mapping of all existing lowlands in Brandenburg, executed in the period of 1963 to 1970 (HU Moorarchiv, 1965). In preparation for conceptual drainage in order to increase grassland yields in the GDR soil mapping has been realised in a grid of 100 to 100 meters. Representative soil profiles has been defined and sampled up against subsurface. Relevant soil analysis, which has been carried out in the HYDBOS project are loss on ignition and oven-dry density. The results of soil mapping are partially digital available in GIS. Georeferencing of the data set is not fully practicable due to falsification emerging from missing GPS single point positioning in that period of time. Nevertheless, the importance of this data set is undisputed because it provides with detailed information about site status of Brandenburg's lowlands before intensive drainage and cultivation.

Examination sites

All examination sites are part of the Randow lowland, a 6000 ha large mire developed by combined terrestrialisation and percolation processes, located in the North-East of Brandenburg. In the northern territory of the Randow lowland (53°9' N, 14°7' E) thickness of fen soil comes up to 6 meters, while the lower fraction of soil profile often consists of muddy horizons, especially calcareous and silt mud. Above storing peat horizons consist mainly of *Phragmites*- and *Carex*-peat showing variable decomposition. Groundwater level is measured there exemplarily on a 14.9 ha large field extensive used in the framework of nature conservation. Southern territory (53°14' N, 14°2' E) is dominated by minor thickness of fen soil, not exceeding 1.20 meters. Peat horizons are usually strongly decomposed. In case of lower peat decomposition *Phragmites*- and *Carex*-peat are classified. Muddy horizons are less thick but show the same substrate dominance as in the northern territory. Groundwater level is measured here in a transect covering two fields, 19.8 and 14.6 ha large, separated by one central drainage channel. Predominate land-use is intensive mowing of grassland. Altogether, peat horizons are more or less calcareous with pH values about 7 in the upper soil layer. Soil profile is drilled and sampled always in the centre of each examination site. Samples are taken to estimate loss on ignition, organic carbon content and oven-dry density in order to balance the change of organic carbon up to 0.5 meters soil depth.

Carbon balance

Calculation of carbon balance is realised by comparison of so-called profile pairs. For the described examination sites a precise locating of representative soil profiles sampled in 1965 has not been possible. Hence, categorisation of fen soil thickness has been improved compared to 1965 (Fig. 1). According to that new categorisation reference profiles have been defined that are located in equal polygons of fen soil thickness as soil profiles sampled in 2010. In addition, original soil descriptions of drilling points located near by the centre profiles of examination sites 2010 have been studied to provide with comparability of the defined profile pairs. At least, four profile pairs have been defined based on the following profile numbers of 1965: 305 and 547 for the northern examination site (extensive land-use), 184 and 396 for the southern examination site (intensive land-use). Conversion from loss on ignition to organic carbon content has been carried out by using the equation developed by Klingenfuss et al. (2012). Subsidence of fen soils has been calculated additionally.

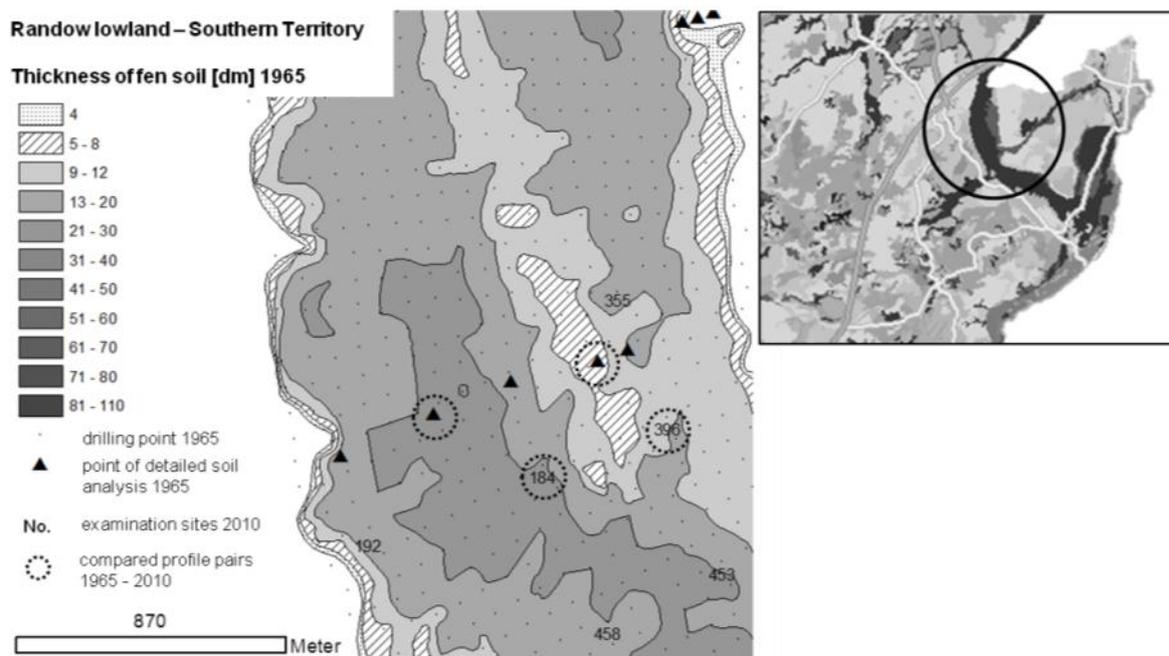


Figure 1: Thickness of fen soil of the Randow lowland, southern territory with improved categorisation; small picture: location and shape of the Randow lowland (LBGR, 2010)

Impact model

Illustration of climate change impact on local scale is realised by using a semi-quantitative decision support system developed by Knieß et al (2007). The system is called Peatland Management Decision Support System (PMDSS). It is able to predict long-term changes of peatland functions. The model operates with annual time steps for a time span of 100 years. Input parameters are easily collectable, e. g. peat thickness, mean summer water table (MSWT), annual precipitation and actual land-use. The results give a rough estimate for the development trend of a peatland site. In the HYDBOS project model achievement is focussing on the following output parameters: subsidence of peatland and CO₂ emission as well as their change according to increasing mean annual temperature up to 10.3°C in the year 2060.

Results and Discussion

Carbon balance

Calculated carbon loss accounts for intensive grassland between 2.5 and 6.5 t per ha and year, regulated by groundwater level and thickness of fen soil (Table 1). MSWT at site 184 amounts to 0.57 meters and 1.06 meters at site 396, respectively. Documented thickness of fen soil in 1965 is 2.10 meters for profile 184 and 1 meter for profile 396 (Fig. 2). Hence, range of calculated carbon loss is equal to results of Augustin (2001) and Renger et al. (2002). Profile 305, representing the very extensive grassland site under nature conservation, shows less high loss of carbon (0.55 t per ha and year) resulting from a high MSWT of 0.22 meters below surface. Research of archived profile description provides the information of a water supply level in 1965 of 3+ for profile 305, while actual water supply level reaches 4+. Hence, rising groundwater level in a long duration is supposable. Calculated increase of carbon content at site 547 is also interpretable: due to its location near by a hillside coluvial processes may take place. It is also possible that melioration of soil fertility has been generated by covering the border sites of the lowland with sandy substrates after soil mapping in 1965. Sequence of soil horizons confirms an increased input of mineral material. Nevertheless, subsidence of fen soil is comparatively high with 2 cm per year but corresponding to high thickness of fen soil of 2.70 meters in 1965 (Mundel, 1976; Renger et al., 2002).

Table 1: Summarised results of carbon balance for intensive and extensive used fen soils of the Randow lowland (¹ derived from Blume et al., 1995; ² calculated from similar horizons)

Profile No.	Examination time 1965					Examination time 2010				Results	
	Soil horizon	Soil depth [cm]	Oven-dry density [g cm ⁻³]	Loss on ignition [%]	C _{org} [% by mass]	Soil horizon	Soil depth [cm]	Oven-dry density [g cm ⁻³]	C _{org} [% by mass]	Change of C _{org} [t ha ⁻¹]	Annual change of C _{org} [t ha ⁻¹ a ⁻¹]
184	nHv	0-40	0,34	63,54	36,76	nHmv	0-12	0,44 ¹	23,39	(-) 114,16	(-) 2,54
	nHa					nHa	12-25	0,47	22,75		
	nHt					nHt	25-37	0,49 ²	21,72		
	nHw	40-50	0,27	52,70	30,15	Fw	37-50	0,42	15,07		
396	nHv	0-30	0,29	73,90	43,07	nHvm	0-10	0,53 ¹	43,32	(-) 293,78	(-) 6,53
	nHa					nHa	10-20	0,57	26,16		
	nHw	30-50	0,19	81,90	47,95	Fo	20-50	0,51	15,25		
547	Aa	0-20	0,57	22,20	11,55	Aa	0-10	0,76	9,47	(+) 43,68	(+) 0,97
	nHw	20-30	0,30	40,30	22,59	Aa1	10-30	0,76	10,17		
	nHr	30-50	0,15	71,00	41,31	nHw	35-55	0,20	34,09		
305	nHv	0-20	0,33	63,20	36,55	nHv	0-15	0,46	15,25	(-) 24,68	(-) 0,55
	nHw	20-30	0,20	82,30	48,19						
	nHr	30-50	0,13	79,25	46,34	nHt	15-50	0,50	18,85		

Summarised, the degree of subsidence is superior for mighty fen soil than for fen soil of minor thickness.

Modelling

Model achievements by the PMDSS confirm the trend estimated by comparison of profile pairs concerning differentiation of carbon loss and subsidence level due to intensity of drainage and land-use. Simulation has been carried out exemplarily for profile 184 and 305. Results for profile 396 are excluded, because actual peat thickness is too low. Hence, simulation does not supply with data for an adequate time span. Simulation for profile 547 has not been carried out, because of high mineral content in the topsoil. Model performance starts for profile 184 with a loss of carbon of 4.6 t per ha and year and 2.3 t per ha and year for profile 305, respectively, under present climate conditions. In case of increasing mean annual temperature up to 10.3°C in 2060, simulated values of carbon loss increase, too. Implementation of climate change into the PMDSS produces carbon losses of 2.8 t per ha and year for site 305 in the year 2060 and only 2.2 t per ha and year without implementation of climate change. For site 184 relation is 3.8 to 3.4 t per ha and year but for the 35th year of model run. Simulation stops here because of not applicable parameter combination. Nevertheless, the PMDSS is an appropriate instrument to describe the development of fen soils as well as the additional impact of local climate trends.

Conclusion

Relating to the development of the HYDBOS guidance tool, present results are suitable to be integrated into the module *site condition*. Hence, farmers and influencers are informed about the quantified range of subsidence and mineralisation of fen soils in Brandenburg as well as about influencing local climate trends. However, for the rest of examined local backdrops a precise positioning of the reference profiles from 1965 is planned. After comparison with actual data an improved assessment of present results will be possible. Furthermore, model performance will be extended by describing the impact of different land-use scenarios. In order to become an improved impression about the effect of local climate trends concerning specific hydrological parameters, recent climate data and prospective climate projections on local scale will be interpreted next.

Acknowledgements

The HYDBOS project is part of the Innovation Network for Climate Change Adaptation Brandenburg Berlin (INKA BB). We thank the Federal Ministry of Education and Research (BMBF) for funding the project from 2009 to 2014.

References

- Augustin, C.J. (2001): Emission, Aufnahme und Klimarelevanz von Spurengasen. In: Succow, M. and Joosten, H. (2001): Landschaftsökologische Moorkunde, 2nd edition, pp. 28–40. E. Schweizerbart. Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- Blume, H.P., Felix-Henningsen, P., Frede, H.G., Guggenberger, G., Horn, R. and Stahr, K. (1995): Handbuch der Bodenkunde: Aktuelles Grundwerk. Kapitel 3.3.3.7 Moore, p. 11. Wiley-VCH. 3560 p.
- Höper, H. (2007): Freisetzung von Treibhausgasen aus deutschen Mooren. *Telma* 37, 85–116.
- HU Moorarchiv (1965): Gutachten über das Moorgebiet Randow-Welse – Blatt 9 bis 14. In: Moorarchiv der Humboldt-Universität zu Berlin Arbeitsgruppe Moorbodenkartierung Berlin. Archivierter Datenbestand (*archived data set*).
- IPCC (2007): Summary of Policymakers. In: *Climate Change 2007: Impacts, Adaption and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*: Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J. and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 7–22.
- Joosten, H. and Couwenberg, J. (2001) Das Beispiel Europa. In: Succow, M. and Joosten, H. (eds) *Landschaftsökologische Moorkunde*, 2nd edn., Schweizerbart, Stuttgart, pp. 406–409.

- Klingenfuss, C. and Zeitz, J. (2012): Relations between the decomposition of peat and SOC in fens of Northeastern Germany. International Peat Congress Stockholm 2012 (*oral submission 201/ 200*).
- Knieß, A. (2007): Development and application of a semi-quantitative decision support system to predict long-term changes of peatland functions. PhD thesis, Ecology Centre, CAU Kiel, Germany. URN: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:gbv:8-diss-30904>.
- LBGR (2012): Fachinformationssystem Boden. Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg (<http://www.geo.brandenburg.de/boden> on February 6th, 2012).
- Linke, C., Grimmert, S., Hartmann, I. and Reinhardt, K. (2010): Auswertung regionaler Klimamodelle für das Land Brandenburg – Darstellung klimatologischer Parameter mit Hilfe vier regionaler Klimamodelle (CLM, REMO10, WettReg, STAR2) für das 21. Jahrhundert. Fachbeiträge des Landesumweltamtes Brandenburg 113, Potsdam, pp. 43-84.
- Mueller, L., Behrendt, A., Sheperd, T.G., Shindler, U. and Kaiser, T. (2007): Implications of soil substrate and land use for properties of fen soils in North-East Germany Part III: Soil quality for grassland use. Archives of Agronomy and Soil Science, 53(2), 137-146.
- Mundel, G. (1976): Untersuchungen zur Torfmineralisation in Niedermooren. Archiv für Acker und Pflanzenbau und Bodenkunde 20, Berlin, 669-679.
- Renger, M., Wessolek, G., Schwärzel, K., Sauerbrey, R. and Siewert, C. (2002): Aspects of peat conservation and water management. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 165, 487-493.
- Sponagel, H., Eckelmann, W., Grottenthaler, W. and Hartmann, K.-J. (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung, 5. verbesserte und erweiterte Auflage (German guidelines of soil mapping, 5th edn.). Schweitzerbart, Stuttgart, 438 p.
- UNFCCC (2008): United Nations Framework Convention on Climate Change. Minayeva, T., Parish, F., Joosten, H., Silvius, M. and Sirin, A. (2008): Peatlands in global conventions: status and prospects. IMCG Newsletter 2, pp. 12-17.

Visualisierung der Wassererosion unter aktuellen und simulierten Landnutzungen

Anke Witt¹, Christine Fürst², Thomas Gumpert³, Frank Pietzsch³, Katrin Pietzsch³, Franz Makeschin¹

¹Institut für Bodenkunde und Standortslehre Technische Universität Dresden

²Zentrum für Entwicklungsforschung (ZEF), Department of Ecology and Natural Resources Management, Bonn

³PiSolution GmbH, Markkleeberg

Zusammenfassung

Im Rahmen des REGKLAM-Projekts (Regionales Klimaanpassungsprogramm der Modellregion Dresden) wurde ein GISCAME-Tool entwickelt, welche die resultierenden Bodenabträge und Stoffbilanzen unter aktuellen sowie simulierten Landnutzungen bzw. Fruchtfolgen berechnet. Das ABAG-basierte Wassererosions-Tool berücksichtigt zudem lineare Landschaftselemente, wie Hecken, Ackergrünstreifen oder Baumreihen in seinen Berechnungen.

Einleitung

Im Zuge des Klimawandels werden zunehmend auch regionale Extremereignisse Einfluss auf die Landnutzungen nehmen. So ist davon auszugehen, dass die Häufigkeit von Starkregenereignissen in den kommenden Jahrzehnten zunehmen wird und damit auch die Folgen von Wassererosion auf den betreffenden Ackerflächen. Der Einfluss der angebauten Feldfrüchte, sowie der Bewirtschaftsmethoden nimmt bei dieser Fragestellung eine entscheidende Rolle ein. Mit GISCAME wurde ein web-basiertes Tool entwickelt, welches Landnutzungen und Fruchtfolgen bewertbar macht (Fürst et al., 2010; Koschke et al., 2012). Das Ziel der vorliegenden Arbeit war die Entwicklung eines auf GISCAME basierenden Wassererosions-Tools, welches die Höhe der Bodenabträge unter verschiedenen Landnutzungs- und Fruchtfolgenzenarien berechnen und visualisieren soll. Dem GISCAME Anwender sollen damit die Auswirkungen seiner Simulationen im Hinblick auf die Wassererosion verdeutlicht werden.

Methode

Die Funktionsweise des Wassererosions-Tools basiert auf der Allgemeinen Bodenabtragungsgleichung (ABAG) (Wischmeier and Smith, 1978). Voraussetzung für deren Berechnung sind die einzelnen ABAG-Faktoren, die wiederum aus Karteninformationen des DGM, jährlichen Niederschlagsmengen, Bodenkarten sowie Landbedeckungs-/Landnutzungsinformationen ableitbar sind. Landnutzungsänderungen im GISCAME resultieren in Änderungen der Fließanteile, was einen direkten Einfluss auf den Bodenabtrag hat, so dass die zwingende Notwendigkeit einer Berechnung (multiple flow Methode) dieser innerhalb des Systems besteht.

Ergebnisse

Abbildung 1 zeigt die Nutzeroberfläche des Wassererosions-Tools mit deren die einzelnen ABAG-Faktoren, sowie die Bodenabträge und die Stoffbilanz (beide Angaben in $t \cdot ha^{-1} \cdot a^{-1}$) dargestellt werden. Neben der Wirkung großflächiger Landnutzungsänderungen können zudem die Folgen linearer Landschaftselemente bezüglich des Bodenabtrags simuliert werden.

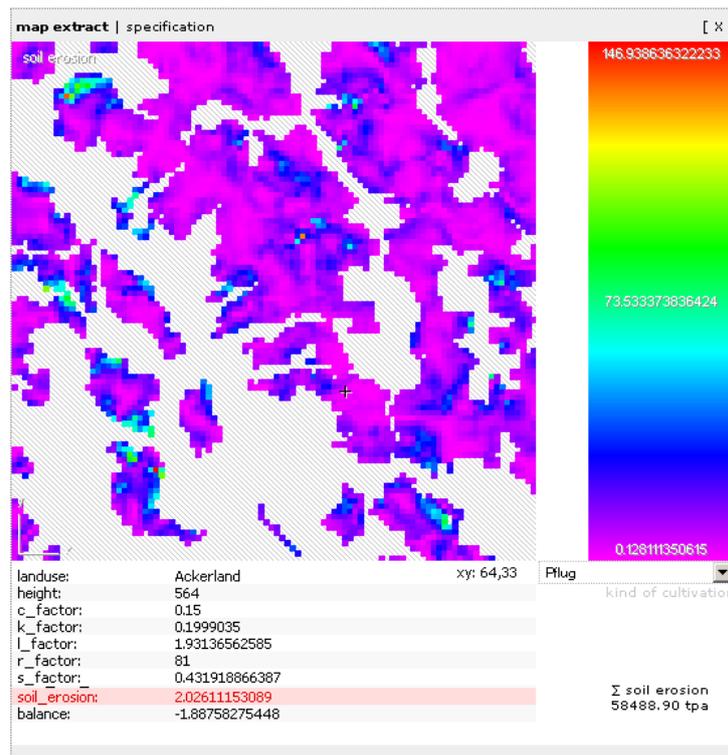


Abb. 5: Nutzeroberfläche des Wassererosions-Tools

Anwendung fand das Tool bereits in zumeist agrarisch geprägten Bereichen der REGKLAM-Region, in denen u. a. Fruchtfolgeszenarien (Mais vs. Klee gras), sowie lineare Landschaftselemente simuliert und die Ergebnisse vergleichend gegenüber gestellt wurden.

Schlussfolgerung

Die Simulation von Landnutzungen und Fruchtfolgen sowie linearer Landschaftselemente auf Ackerflächen und deren Reaktion auf die Bodenabträge befindet sich im Anwendungsfeld von Raumplanern, Fachbehörden, Landwirten und Naturschutzverbänden. Für letztgenannte Nutzergruppe können die Ergebnisse des Tools zudem eine Argumentationshilfe in Hinblick auf Biotopverbund und Landschaftsstrukturierung sein.

Literatur

- Fürst, C., König, H., Pietzsch, K., Ende, H., Makeschin, F. (2010): 'Pimp your landscape - a generic approach for integrating regional stakeholder needs into land use planning', *Ecology and Society* 15(3), 1-25.
- Koschke, L., Fürst, C., Frank, S., Makeschin, F. (2012): 'A multi-criteria approach for an integrated land-cover-based assessment of ecosystem services provision (for planning support)', *Ecological Indicators*, 13.
- Wischmeier, W. H., Smith, D. D. (1978): 'Predicting rainfall erosion losses—a guide to conservation planning', US Department of Agriculture, Agriculture Handbook No. 537.

Risiken durch Insekten der Kiefernwälder unter sich wandelnden klimatischen Rahmenbedingungen im Nordostdeutschen Tiefland

Tim Mark Ziesche

LFE Brandenburg, Eberswalde, Deutschland

Zusammenfassung

Das Ziel Waldökosysteme nachhaltig und stabil zu bewirtschaften gerät unter dem Einfluss sich wandelnder klimatischer Bedingungen zunehmend in den Vordergrund. Dazu ist in einem ersten Schritt das Erkennen von Wirkungsgefügen auf grundlegende Prozesse und Zusammenhänge in Waldökosystemen eine wichtige Voraussetzung. Über die komplexen Reaktionen der Insektengemeinschaften im Wald etwa auf klimatische Veränderungen oder extrem-klimatische Ereignisse ist bislang wenig bekannt. Generell werden auch die Kieferngrößschädlinge, welche in periodischen Massenwechseln hohe ökonomische Schäden hervorrufen können, im Nordostdeutschen Tiefland von steigenden Temperaturen und zurückgehenden Niederschlägen in der Vegetationsperiode gefördert. Dennoch verlaufen die Reaktionen der Insekten keinesfalls linear zu den klimatischen Änderungen, sondern mit saisonaler sowie artspezifischer Wirkung und zum Teil in überraschender Weise. Die Entwicklung der Populationen steht unter stetem Einfluss des regional vorherrschenden Klimas und reagiert auf Veränderungen nachhaltig. Am Beispiel der Kieferngrößschädlinge (Lepidoptera) werden veränderte Risikoeinschätzungen durch Insekten anhand von Literaturrecherchen der Gradationsgeschehen im Großraum Norddeutsches Tiefland über einen Zeitraum von neun Jahrzehnten aufgezeigt.

Einleitung

Der überdurchschnittlich hohe Waldanteil der Kiefernbestände im Nordostdeutschen Tiefland bietet die Rahmenbedingungen für regelmäßige Massenwechsel der nadelfressenden Falterarten aus der Familie der Schmetterlinge. Bedingt durch ökonomische forstwirtschaftliche Verluste und einhergehende ökologische Folgen im Ökosystem Wald, auch durch Folgewirkungen der Insektizid-Pflanzenschutzmitteleinsätze, kommt der Überwachung, Prognose und Bekämpfung der sogenannten Kieferngrößschädlingen seit vielen Jahrzehnten eine besondere Bedeutung zu. Historisch bedingt bestehen in Brandenburg etwa 78,3% der Waldflächen aus Kiefernforsten von denen 80% der Flächen Kiefernreinbestände stellen. Im Rahmen einer Risikoeinschätzung für die zukünftigen Wälder im Klimawandel wurden Massenvermehrungen (sog. Gradationen) der vier häufigsten Insektenarten über einen Zeitraum von 90 Jahren in die Vergangenheit (1922-2011) betrachtet. Die Analyse dokumentiert das Auftreten und die jährliche Intensität der Gradationen für die Waldflächen der heutigen Bundesländer Brandenburg, Sachsen-Anhalt, Mecklenburg-Vorpommern und Niedersachsen. Notwendig wurde die überschirmende Betrachtung, da die Einschätzung von Risiken über einen derart langen Zeitraum die Beachtung externer Einflussfaktoren bedingt. Für die Entwicklung der Insekten ebenso wichtig wie das Klima ist die Vitalität und das Wachstum der Bäume, sowie die nach sich ziehende Interaktion von Baum und Insekt. Im Fokus der Untersuchungen standen in der Vergangenheit die Schad- und Nährstoffeinträge aus Immissionen, verändertes Baumwachstum, klimabedingte phänologische Verschiebungen. Hinzu kommen regionale und zwischenzeitlich wirkende Umweltvariablen, wie die variierende Forststruktur, zunehmende Risiken in der Altersklasse 30 bis 70 Jahre in der Kiefer, sowie kontinuierliche Insektizidapplikationen. Diese Faktoren erschweren die Einschätzung und Analyse von Langzeitstudien neben der aufwendigen Aufarbeitung

der Verortungen der Winterbodensuchflächen welche durch zahlreiche forstliche Umstrukturierungen geprägt sind.

Im Rahmen der Arbeit wurde die Hypothese überprüft, dass mit zunehmenden Jahresmitteltemperaturen und abnehmenden Niederschlägen die Entwicklung der Insekten begünstigt wird und das Risiko für Kiefernbestände in der Zukunft zunimmt. Zudem führen regionale Veränderungen des Klimas zu Verschiebungen der Verbreitungsmuster einzelner Arten und das zeitgleiche Auftreten mehrerer Arten an einem Ort kann in Risikoverschiebungen resultieren.

Methode

Im Rahmen der forstlichen Risikoeinschätzung des Projektverbundes „Nachhaltiges Landmanagement im Norddeutschen Tiefland“ (BMBF: <http://www.nalama-nt.de> – TP F3,) wurde die Populationsdynamik der vier regelmäßig gradierenden Kieferngrößschädlinge über einen Zeitraum von 90 Jahren analysiert. Betrachtet wurden folgende Arten: Nonne (*Lymantria monacha* L.), Kiefernspinner (*Dendrolimus pini* L.), Kiefernspanner (*Bupalus piniaria* L.) und die Forleule (*Panolis flammea* Schiff.). Um Muster im Massenwechsel der Kieferngrößschädlinge zu erkennen und Änderungen beschreiben zu können haben wir mittels Literaturrecherche und der Sichtung umfangreicher Archiv-Daten eine Grundlage für die Analyse von Ursache-Wirkungsbeziehungen der Schadarten und eine künftige Prognose vor dem Hintergrund klimatischer Veränderungen erarbeitet.

Ergebnisse

Im Norddeutschen Tiefland zeigt sich bei den vier Arten eine gute räumliche, aber vor allem auch zeitlich gute Verteilung. Wie zu erwarten treten die Massenvermehrungen in Niedersachsen weniger häufig auf, während in Brandenburg alle Arten regelmäßig hohe Dichten aufweisen. Häufig folgt auf die Gradation einer Art der Dichteanstieg einer zweiten Art, gefolgt von einer dritten und vierten. Wenn auch Gesetzmäßigkeiten fehlen, lassen sich über den Zeitraum von 90 Jahren gewisse wiederkehrende Muster in der Reihenfolge erkennen. So wird häufig auf die Nonne die Eule auffällig, auf die Eule der Spanner gefolgt von dem Kiefernspinner. Auch die Zeiträume zwischen den Gradationshöhepunkten weisen eine gewisse Regelmäßigkeit auf. Während der Kiefernspanner eine hohe Beständigkeit zeigt mit Gradationsgeschehen alle 7-9 Jahre, tritt die Eule mit Ausnahmen in neuerer Zeit im Schnitt alle 7-8 Jahre auf, der Kiefernspinner mit Ausnahmen alle 8-10 Jahre und die Nonne etwa alle 10 Jahre. Ebenso kam es in der Vergangenheit zu artspezifischen zeitlichen Verschiebungen in der Häufigkeit oder den Zeiträumen zwischen den Massenvermehrungen. Während der Spinner seit den 60er Jahren an Häufigkeit und Dichte zugenommen hat ist eine gegenteilige Entwicklung bei der Eule zu erkennen, welche in den Bundesländern Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen-Anhalt und Niedersachsen annähernd verschwunden zu sein scheint.

Schlussfolgerungen

Mit den entsprechend der aktuellen Klimaszenarien anstehenden Veränderungen, vor allem Temperaturerhöhungen und eine regional unterschiedlich stark sinkende klimatische Wasserbilanz (Werner & Gerstengarbe, 2007), wird nach heutigem Wissensstand der Kiefernspinner am besten zurechtkommen. Ein vermehrtes Auftreten insbesondere ab den 1990er Jahren nach teils sehr langen vorangegangenen Latenzphasen kann für alle Bundesländer resümiert werden. Als künftig besonders gefährdet einzustufen sind hier Brandenburg und Sachsen-Anhalt.

Die Forleule scheint dagegen durch den Klimawandel die meisten Nachteile zu erfahren. Seit 1990 kann ein vermindertes Auftreten beobachtet werden.

Bei der Nonne zeigen sich Änderungen im Gradationsgeschehen am deutlichsten in Sachsen-Anhalt. Ab 1967 kann dort ein regelmäßiges Auftreten beobachtet werden, während zuvor (ab 1922) nur drei Massenvermehrungen auftraten. In den anderen Bundesländern verkürzen sich die bis dahin längeren Latenzphasen der Nonne ab den 1970er Jahren, sodass ein gehäuftes Auftreten erwartet werden kann.

Für den Kiefernspanner zeichnen sich bislang wenig auffällige Änderungen in der Gradationsfolge ab, nur in den letzten 10 Jahren schwächten sich die Gradationen in Sachsen-Anhalt und Brandenburg ab.

In warm-klimatischen Phasen wie zum Ende der 40er Jahre sowie in neuerer Zeit treten die Arten in zeitlich dichter Abfolge auf. Der Klimawandel beeinflusst die raum-zeitlichen Gradationsmuster der Kieferngrößschädlinge nachhaltig.

Literatur

- Werner, P.C. und Gerstengarbe, F.-W. (2007): Welche Klimaänderungen sind in Deutschland zu erwarten? In: Endlicher, W.; Gerstengarbe, F.-W. (Hrsg.): Der Klimawandel – Einblicke, Rückblicke und Ausblicke. Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung und Humboldt-Universität zu Berlin, 56–59.