

nordwest2050

Perspektiven für klimaangepasste Innovationsprozesse
in der Metropolregion Bremen-Oldenburg im Nordwesten

25. WERKSTATTBERICHT

Oktober 2013

Klimaangepasste Flächennutzung in der Metropolregion Bremen- Oldenburg Transformation und Management unter Unsicherheit

Nana Karlstetter, Julia Oberdörffer, Ulrich Scheele

Universität Oldenburg, Arbeitsgruppe für regionale Struktur und Umweltfor-
schung GmbH

Impressum

Herausgeber

Carl von Ossietzky Universität Oldenburg
ARSU (Arbeitsgruppe für regionale Struktur- und Umweltforschung) GmbH

Kontakt

Dr. Nana Karlstetter
Carl von Ossietzky Universität Oldenburg
Fakultät II
Lehrstuhl für Unternehmensführung
Ammerländer Heerstr. 114-118
26129 Oldenburg

Tel: ++49 (0)441-798-4967
E-Mail: nana.karlstetter@uni-oldenburg.de

apl. Prof. Dr. Ulrich Scheele
Dipl. Geogr. Julia Oberdörffer

ARSU (Arbeitsgruppe für regionale Struktur- und Umweltforschung) GmbH
Escherweg 1
26121 Oldenburg

Tel: ++49 (0)441-9717496
E-Mail: scheele@arsu.de und
oberdoerffer@arsu.de

Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung	1
2. Räumliche Transformationsprozesse des Energie- und Landwirtschaftssektors vor dem Hintergrund von Klimawandel und Klimaanpassung	2
3. Adaptives Landmanagement unter Unsicherheit – methodischer Ansatz	10
3.1 Indikatoren: Werkzeuge zur Analyse, Komplexitätsreduktion und Vermittlung von Information	13
3.1.1 Ein Rahmen für die Auswahl von Indikatoren	14
3.2 Transformation zur klimaangepassten Landnutzung: Herausforderungen für Entscheider	15
3.3 Indikatoren für den Transformationsprozess „klimaangepasste Landnutzung im Nordwesten“	17
3.4 Wasserqualität und Landnutzung – ein Anwendungsfall	20
3.5 Bewertung der Wechselwirkungen und Entscheidungsunterstützung	24
3.6 Akteurseinbindung	27
3.7 Technische Realisierung	29
4. Ausblick	31
5. Anhang	32
6. Literaturverzeichnis	36

Verzeichnisse

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Wesentliche Einflussfaktoren auf die Flächenverfügbarkeit zur Biomasseproduktion	8
Abb. 2: Schematische Darstellung verschiedener Skalen und Ebenen, die maßgeblich für Verständnis von und Umgang mit Interaktionen zwischen Mensch und Umwelt sind	15
Abb. 3: Indikatorenstruktur für das Beispiel Landnutzungsänderung	19
Abb. 4: Beispielhafte Auswahl der Ökosystemdienstleistungen	22
Abb. 5: Kaskadenstruktur der Ökosystemdienstleistung „Bodenproduktivität“, Auswirkungen der Landnutzungsänderung mit und ohne Klimawandel	23
Abb. 6: Wechselbeziehungen der Ökosystemdienstleistungen: vor und nach Landnutzungsänderung	25
Abb. 7: Stärke der Wechselwirkungen zwischen den ausgewählten Ökosystemdienstleistungen	25
Abb. 8: Wechselbeziehungen der Ökosystemdienstleistungen: vor und nach Landnutzungsänderung	26
Abb. 9 Schematische Darstellung der technischen Realisierung Quelle	29
Abb. 10: Ökosystemdienstleistung Bodenproduktivität	32
Abb. 11: Ökosystemdienstleistung Wasser	33
Abb. 12: Ökosystemdienstleistung Landschaft und Erholung	34

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Überblick möglicher Indikatoren für das Anwendungsbeispiel sowie Datenquellen für Ökosystemdienstleistungen	35
---	----

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
BIP	Bruttoinlandsprodukt
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EMZ	Ertragsmesszahl
ES	Ökosystemdienstleistungen (Ecosystem Services)
ES1	Ökosystemdienstleistung Bodenproduktivität
ES2	Ökosystemdienstleistung Wasser
ES3	Ökosystemdienstleistung Landschaft und Erholung
GIS	Geoinformationssystem
ha	Hektar
ILM	Integrated Land Use Management
IT	Informationstechnik
KLIMZUG	Klimawandel in Regionen zukunftsfähig gestalten
kWh	Kilowattstunde
LK	Landkreis
m	Meter
MW	Megawatt
NAE	North America and Europe
NGO	Non-Governmental Organization
NIMBY	Not in my backyard
NLÖ	Niedersächsisches Landesamt für Ökologie
OOWV	Oldenburgisch-Ostfriesischer Wasserverband
TEEB	The Economics of Ecosystems and Biodiversity
T _{max}	maximale Temperatur
T _{min}	minimale Temperatur
ÜK	Übersichtskarte
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie

1. Zusammenfassung

Der Klimawandel wird Auswirkungen auf Art, Umfang und Intensität der Landnutzung und auf die Qualität von Böden haben. Nicht alle diese Auswirkungen sind jedoch hinreichend quantifizierbar und räumlich-zeitlich verortbar. Anpassungsstrategien können unter diesen Bedingungen nur unter hoher Unsicherheit getroffen werden.

Gleichzeitig stattfindende Transformationsprozesse im Energiesektor sowie in der Ernährungswirtschaft führen zusammen zu neuartigen und komplexen Anforderungen an die Raumnutzung. Die einzelnen Flächennutzer orientieren sich bei ihren Entscheidungen dabei in der Regel an ihren jeweiligen, oft nur kurzfristig ausgerichteten Nutzenkalkülen. Dies erschwert einen notwendigen integrierten Flächennutzungsansatz. Gerade unter Klimaanpassungsgesichtspunkten besteht dabei die Gefahr, dass einzelwirtschaftlich sinnvolle Entscheidungen über die Nutzung von Flächen einzeln oder in ihrem Zusammenwirken zumindest langfristig die natürliche Anpassungskapazität von Regionen herabsetzen. Um eine solche Entwicklung zu vermeiden, wären Flächennutzungsentscheidungen erforderlich, bei denen die privaten und öffentlichen Akteure diese langfristigen Implikationen mit berücksichtigen. Nur selten werden die Akteure aber aufgrund der Langfristigkeit, der Unsicherheit und der Komplexität der Veränderungsprozesse dazu in der Lage sein. Wichtig ist daher die Entwicklung von Verfahren und Methoden, mit denen Entscheidungen über Landnutzungen in Richtung mehr Nachhaltigkeit unterstützt werden können und die geeignet sind, den Akteuren auch Handlungsoptionen aufzuzeigen. Das hier vorgestellte Konzept basiert auf dem Ansatz der Ökosystemdienstleistungen; es erlaubt eine integrierte Bewertung der Nutzungsentscheidungen und soll einen Beitrag zu klimaangepassten Landnutzungen leisten. Anhand eines Beispiels aus der Metropolregion Bremen-Oldenburg werden der konzeptionelle Rahmen dieses Konzepts sowie sich daraus ergebende mögliche Handlungsoptionen für Flächeneigner bei der Integration von Klimaanpassungserfordernissen in die Entscheidung über Flächennutzungen erläutert. Deutlich wird dabei, dass eine stärkere und systematische Berücksichtigung der Ökosystemdienstleistungen einen zentralen Beitrag zur Verbesserung der regionalen Anpassungskapazitäten an den Klimawandel leisten kann.

2. Räumliche Transformationsprozesse des Energie- und Landwirtschaftssektors vor dem Hintergrund von Klimawandel und Klimaanpassung

Raum und Fläche als die zentralen Grundlagen wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Entwicklung sind vielfältigen Einflüssen ausgesetzt. Land als eine nicht vermehrbare und in der Regel vollständig durch Nutzungen belegte Ressource steht dabei immer im Mittelpunkt kontroverser Diskussionen, in denen unterschiedlichste Handlungsfelder berührt werden. Die zukünftige Siedlungs- und Verkehrsentwicklung in einer Region hat unmittelbare Auswirkungen auf den Flächenbedarf, die Intensität landwirtschaftlicher Nutzungen beeinflusst nicht nur die Bodenqualität, sondern auch andere Schutzgüter. Flächenintensive wirtschaftliche Entwicklungsprozesse beeinträchtigen häufig die Möglichkeiten der Ausweisung von Schutzräumen für Biodiversität und Natur. Offenkundig werden Flächennutzungskonflikte vor allem bei der Realisierung großer Infrastrukturvorhaben. Bei allen diesen Entscheidungen stellt sich immer implizit oder explizit die Frage, welche bisherige Flächennutzung aufgegeben oder eingeschränkt werden muss und welche zukünftigen Nutzungen damit möglicherweise auch längerfristig verdrängt werden. Für Planer und zentrale wirtschaftliche Akteure gehört der Umgang mit Flächennutzungskonkurrenzen damit quasi zum Alltagsgeschäft.

Für die notwendige Koordination flächenrelevanter Planungen und Investitionsentscheidungen wird in der Regel auf ein historisch gewachsenes und umfangreiches System an gesetzlichen Regelungen und Planungsinstrumenten zurückgegriffen. Im Rahmen formeller Planungsprozesse und der regionalen Raumordnung, der kommunalen Flächennutzungs- und Bauleitplanung, aber auch im Rahmen diverser Fachplanungen sollen Nutzungsinteressen abgewogen und langfristige nachhaltige Flächenmanagementkonzepte gefunden werden. Ergänzt werden diese formellen Konzepte in der Zwischenzeit durch eine Vielzahl informeller Instrumente, die auf kooperative Lösungen setzen (SCHEELE & OBERDÖRFFER 2013).

Die Verknappung von Ressourcen und die Zunahme von Nutzungskonflikten spiegeln sich auf Märkten in steigenden Preisen für Güter und Dienstleistungen wider. Steigende Preise setzen Anreize für eine Ausweitung des Angebots und bedingen in der Regel auf der Seite der Konsumenten eine Reduzierung der Nachfrage. Dies führt zu einem neuen Gleichgewicht, das sich dadurch auszeichnet, dass die knappen Ressourcen in die jeweils produktivste Verwendung gelenkt werden (CHESHIRE & VERMEULEN 2009; CHESHIRE 2010). Die Frage ist daher naheliegend, warum sich nicht auch das Problem der Konkurrenz um Flächen auf diesem marktwirtschaftlichen Wege lösen lässt. Der Markt für Land zählt jedoch weltweit zu einem der am stärksten regulierten Märkte überhaupt; wobei der Umfang und die Intensität der staatlichen Eingriffe in der Vergangenheit selbst in den Zeiten einer Privatisierungs- und Liberalisierungsphase zugenommen hat (MCLAUGHLIN 2012).

Die Begründungen für diese Eingriffe sind im Fall des Flächenmarktes sehr unterschiedlich ausgeprägte Formen des Marktversagens, die zusammenfassend zu nichteffizienten Lösungen führen. Dennoch gibt es in den letzten Jahren vermehrt Initiativen, die ganz unmittelbar an diesen Marktversagenstatbeständen ansetzen und marktnähere Lösungen favorisieren. Dazu zählen beispielsweise dann auch die Konzepte einer Bewertung von Ökosystemdienstleistungen und die Integration in die Bodenpreise (SCHEELE & OBERDÖRFFER 2013).

„*New kids on the block ...*“ umschreibt eine englische Studie den Umstand, dass neben den traditionellen Akteuren (Landwirtschaft, Industrie, Kommunen, Naturschutz etc.) mit der Klimaschutz- und der Klimaanpassungspolitik neue Nachfrager auf dem Flächenmarkt auftreten (HARVEY & PILGRIM 2010). Der Klimaschutz trägt vor allem über den Ausbau der Erneuerbaren Energien zu wachsenden Flächenansprüchen bei und hat in der Zwischenzeit eine sehr kontroverse Debatte über den notwendigen Ausgleich von Klima-, Natur- und Landschaftsschutz ausgelöst (SCHEELE & OBERDÖRFFER 2011; SIEFERLE 2013). Es ist andererseits offenkundig, dass trotz der umgesetzten oder eingeleiteten Klimaschutzmaßnahmen auf nationaler oder internationaler Ebene die formulierten Klimaschutzziele nicht erreicht werden können (COUMOU & RAHMSTORF 2012; ROWLANDS *et al.* 2012). Klimaanpassung wird damit zu einer wichtigen Aufgabe - parallel zum Klimaschutz. Obwohl es im Laufe der Jahre erhebliche Fortschritte in der Weiterentwicklung von Klimamodellen und Klimaszenarien gegeben hat, sind die Auswirkungen des Klimawandels nicht hinreichend genau prognostizierbar, insbesondere mit Blick auf kleinräumigere Auflösungen. Die damit einhergehende Unsicherheit stellt daher besondere Anforderungen an die politischen und wirtschaftlichen Entscheidungsträger und die Flexibilität der Planungskonzepte.

Die Anpassung von Infrastruktursystemen, Städten oder Regionen an den Klimawandel ist oft nicht nur mit hohen Kosten versehen, sondern hat auch ökologische und soziale Implikationen. Es gibt daher eine sehr intensive Debatte über die Frage, wie nachhaltig Klimaanpassung ist bzw. wie eine Nachhaltigkeit der Klimaanpassung gewährleistet werden kann. Die Integration von Flächennutzungsansprüchen muss deshalb häufig mit einer Neuausrichtung der Vorrangigkeit von Nutzungsinteressen einhergehen. Daraus resultiert, dass mit einer klimaangepassten und nachhaltigen Flächennutzung ein z. T. umfassender regionaler Wandel und die Transformation ganzer Wirtschaftssektoren verbunden sein können.

Klimaanpassungsmaßnahmen sind häufig besonders flächenintensiv. Klimaschutz ist eine globale Aufgabe und entsprechende Klimaschutzmaßnahmen sollten im Idealfall dort umgesetzt werden, wo Ziele am effizientesten erreicht werden können. Die Auswirkungen des Klimawandels manifestieren sich jedoch auf der jeweiligen lokalen Ebene, d. h. auch Maßnahmen der Klimaanpassung sind daher in der Regel im jeweiligen konkreten räumlichen Kontext umzusetzen. Während Klimaschutz sich also durch ein hohes Maß an räumlicher Flexibilität auszeichnet, gilt dies bei der Klimaanpassung nur sehr eingeschränkt. Anpassung hat in der Regel dort zu erfolgen, wo sich die Auswirkungen des Klimawandels zeigen (SCHEELE & OBERDÖRFFER 2011, 2013), eine großräumige Verlagerung von Anpassungsmaßnahmen ist in der Regel nicht möglich. Maßnahmen zum Schutz vor einem steigenden Meeresspiegelanstieg sind bspw. in der jeweils potenziell betroffenen Region umzusetzen, wobei es dann innerhalb dieser Region hinsichtlich Art, Umfang und auch Mikrostandort noch Spielräume gibt. Unter dem Gesichtspunkt einer nachhaltig orientierten Klimaanpassung sind also jeweils die möglichen Implikationen von Anpassungsmaßnahmen für die Flächeninanspruchnahme zu berücksichtigen. Umgekehrt besteht die Herausforderung darin, mögliche Auswirkungen von Flächennutzungsänderungen auf die Klimaanpassung mit in Betracht zu ziehen. So können Entscheidungen über die Flächennutzung zu irreversiblen Festlegungen führen und auf lange Sicht die Klimaanpassungskapazitäten einer Region deutlich einschränken (SCHEELE & OBERDÖRFFER 2011, 2013).

Regionen und Sektoren sind von den Auswirkungen des Klimawandels in sehr unterschiedlicher Weise betroffen. Mit zu den Sektoren, deren Vulnerabilität und Anpassungskapazitäten besonders häufig analysiert worden sind, zählen insbesondere die Land- und Ernährungswirtschaft (DYER 2010) und die Energiewirtschaft (ADAPTATION AND RESILIENCE TO A CHANGING CLIMATE (ARCC) & COORDINATION NETWORK (ACN) 2010; EBINGER & VERGARA 2011; SCHEELE & OBERDÖRFFER 2011; VON GLEICH *et al.* 2011). Deutlich wird dabei gerade mit Blick auf die Land-

wirtschaft, dass der Klimawandel nur eine von vielen Herausforderungen ist, denen der Sektor aktuell und in absehbarer Zukunft gegenübersteht.

Fruchtbares, ökologisch intaktes Land wird vor dem Hintergrund eines wachsenden Bedarfs an Siedlungs- und Verkehrsflächen, neuer Flächenansprüche vor allem durch den Ausbau der Energieproduktion und der Energieinfrastruktur aber auch in Folge von Umstrukturierungsprozessen in der Landwirtschaft selbst zu einer zunehmend knappen Ressource (KARLSTETTER 2012; AURICHER ERKLÄRUNG 2013). Die Land- und Ernährungswirtschaft¹ ist dabei bereits mit dem Vorwurf der Nicht-Nachhaltigkeit konfrontiert. „Die Agrarproduktion in Deutschland ist mit negativen Umweltwirkungen verbunden und daher nicht nachhaltig. Zu den Umweltwirkungen gehören Stickstoffbelastungen von Magerstandorten, Gewässern und Wäldern, Schadstoffeinträge in Böden und Gewässer sowie die Beeinträchtigung von Lebensräumen für wildlebende Tiere und Pflanzen. Der Energiepflanzenanbau in Deutschland ist derzeit teilweise mit spezifischen Umweltbeeinträchtigungen verbunden. Regional sehr enge Fruchtfolgen sowie hohe und zum Teil noch zunehmende Flächenanteile von Mais und Raps kennzeichnen die gegenwärtigen Anbausysteme. Diese Entwicklung führt beispielsweise zu Beeinträchtigungen ökologischer Bodenfunktionen², Gewässerbelastungen durch Nährstoffauswaschung in das Grundwasser durch Abschwemmung gedüngten Bodens und durch den Eintrag von Pflanzenschutzmitteln sowie zu einer Ausbreitung von Schadorganismen“ (KNOCHE *et al.* 2009; WIEHE *et al.* 2009).

Die Landwirtschaft trägt darüber hinaus global zum Klimawandel in verschiedener Weise bei: Durch Flächenumnutzungen (Grün- und Moorumbbruch) sowie die Entwaldung und Degradierung von Wäldern wird gebundenes CO₂-freigesetzt; durch den massiven Einsatz von Maschinen und dem damit verbundenen Energieverbrauch aber auch in Folge des vermehrten Einsatzes von Düngemitteln und Pestiziden erhöhen sich die CO₂-Emissionen. Methan als wichtiges Treibhausgas wird vor allem durch die Intensivtierhaltung freigesetzt. Die industrialisierte Landwirtschaft setzt gleichzeitig auf Globalisierung und Internationalisierung der Produktion und ist daher sehr transport- und damit energieintensiv (MCINTYRE 2009). Global gesehen ist die Landwirtschaft zu etwa 14% an den menschlich verursachten Treibhausgasen beteiligt (EDENHOFER *et al.* 2010).

Land- und Ernährungswirtschaft stehen damit vor bedeutsamen Herausforderungen, die sich infolge ihrer bisherigen Nicht-Nachhaltigkeit ergeben; diese Probleme werden sich vor allem durch den Klimawandel noch verschärfen (BEDDINGTON *et al.* 2012; KARLSTETTER 2012). Neben den direkten Auswirkungen des Klimawandels wie veränderte Temperaturen, die Zunahme von Extremereignissen (KREFT 2009) und der Veränderung jahreszeitlicher Witterungsdynamiken, sind es auch die indirekten Auswirkungen, die die Ernährungswirtschaft besonders betreffen (AKAMP & SCHATKE 2011). Indirekte Auswirkungen können sich hierbei aus den biophysikalischen Gegebenheiten ergeben (Bsp. Einwanderung von Schädlingen), sie können aber auch im gesellschaftlich-ökonomischen Kontext stattfinden, etwa durch die Abhängigkeit der sektoralen Entwicklung von den Weltmärkten oder durch die Ko-Abhängigkeiten von anderen Branchen (bspw. der Logistik).

Eine nachhaltig verstandene Klimaanpassung setzt demnach sowohl in der Land- und Ernährungs- als auch in der Energiewirtschaft massive Transformationsprozesse voraus. Dies ergibt sich vor allem aus dem Umstand, dass die bestehenden Produktions- und institutionellen Strukturen maßgeblich zum Klimawandel und zu den ökologischen und sozialen Folgewirkungen beitragen. Ganz offenkundig können die Auswirkungen des Klimawandels durch die bisher verfolgten

¹ Da im Projekt nordwest2050 Klimaanpassungsstrategien für die regionale Ernährungswirtschaft untersucht werden, Umgang mit fruchtbarer Fläche und Nicht-Nachhaltigkeit aber ebenso in der Landwirtschaft von Bedeutung ist und in weiten Teilen der Literatur auch auf Landwirtschaft fokussiert wird, finden hier beide Begriffe Verwendung in Abhängigkeit vom Kontext der Argumentation.

² Siehe auch <http://umweltdaten.de> (zuletzt abgerufen am 20.06.2013).

Unternehmensstrategien nur unzureichend aufgefangen werden (BEDDINGTON *et al.* 2012; KARLSTETTER 2012; SCHUCHARDT & WITTIG 2012; SCHEELE & OBERDÖRFFER 2013). Zumindest global ist zu beobachten, dass bislang fruchtbare Ackerflächen durch den Klimawandel bedingt aus der Nutzung fallen (BOMMERT 2009; DYER 2010) oder durch nicht-nachhaltigen Anbau- und Produktionsstrategien in ihrer Qualität beeinträchtigt werden (EDENHOFER *et al.* 2010; IDEL 2010).

Die Komplexität der Wirkungszusammenhänge lässt sich vor allem an ausgewählten Entwicklungen der Ernährungswirtschaft zeigen. Die Fleischproduktion in den industrialisierten Ländern wie etwa in Deutschland ist im hohen Maße von Futtermittelimporten aus Entwicklungs- und Schwellenländern abhängig. Die ökonomischen, ökologischen und sozialen Konsequenzen dieser Produktionsformen und die Auswirkungen auf die landwirtschaftlichen Nutzflächen sowohl in den Import- als auch in den Exportländern sind offensichtlich. Der Klimawandel wird direkt und indirekt diese Komplexität noch verstärken (FOOD WATCH 2011; BOMMERT 2012), zu sehr unterschiedlichen globalen und regionalen Implikationen führen und zumindest bei globaler Betrachtung das Problem der Ernährungssicherheit berühren (ERB *et al.* 2009; HISAS 2011; RAWORTH 2012). Landmanagementkonzepte und ernährungswirtschaftliche Strategien auf der konkreten räumlichen Ebene können daher diese globale Perspektive nicht vernachlässigen.

Die Langfristigkeit und die sehr unterschiedlichen räumlichen Implikationen von Entscheidungen bedeuten auch, dass sie unter hoher Unsicherheit getroffen werden müssen. Regionale Akteure sind in der Regel jedoch nicht in der Lage, diese Komplexität in ihren Entscheidungen adäquat zu berücksichtigen. Woran es mangelt, sind Verfahren und Mechanismen, die den Umgang mit dieser Komplexität und Unsicherheit erleichtern und Entscheidungen so effektiv unterstützen helfen (SAIFI & DRAKE 2008; GRIN *et al.* 2010; UNDERDAL 2010).

Gerade der Energiesektor befindet sich gegenwärtig in einem grundlegenden Prozess der Transformation. Die „Energiewende“ beschreibt dabei den angestrebten Übergang von einem zentralisierten, vorwiegend auf fossilen Energieträgern basierenden Versorgungssystem auf eine zumindest langfristig CO₂-freie bzw. CO₂-arme Energieversorgung, die vorrangig auf Erneuerbare Energien setzt.

Insbesondere der Ausbau der Erneuerbaren Energien stellt vielfältige Anforderungen an die Fläche bzw. den Raum, da die Energieintensität der Erneuerbaren Energien je Flächeneinheit im Vergleich zu den fossilen Energieträgern ungleich geringer ist. Um die gleiche Energiemenge, die auf den wenigen Hektar eines Kernkraftwerkstandorts erzeugt wird, über Biogas-, Wind- oder Solarenergie zu produzieren, benötigt man ein Vielfaches an Fläche. Der Übergang auf ein CO₂-freies Energiesystem erfordert nicht den Einsatz neuer Technologien, sondern bedeutet grundsätzlich eine Neubewertung der natürlichen Grundlagen: „*Energy sprawl*“ (MCDONALD *et al.* 2009; SIEFERLE 2013), „*Rückkehr der Fläche*“ oder „*third generation of energy landscapes*“ (LENFERINK & VAN LOON 2007) sind einige Slogans, mit denen der Umstand beschrieben wird, dass sich die Energieproduktion nun mehr von der Ausschöpfung unterirdischer fossiler Energievorkommen löst (Kohle, Gas, Öl) und sich wiederum den Ressourcen zuwendet, die – wie in der frühen Vergangenheit Holz oder Torf, – unmittelbar an der Erdoberfläche gewonnen werden können.

Die Nachfrage nach Flächen für die Energieproduktion hat nicht nur Folgen für die Preisentwicklung auf dem Flächenmarkt, der Ausbau der Erneuerbaren Energien hat zu teilweise massiven Veränderungen im Landschaftsbild geführt. Auch wenn die Öffentlichkeit die Energiewende fordert und befürwortet – auf lokaler oder regionaler Ebene wird der Wandel der Kulturlandschaft mit negativ besetzten Begriffen wie Verspargelung, Verspiegelung, Verkabelung oder Vermaischung der Landschaft beschrieben und kontrovers diskutiert.

Nicht nur im direkten Bezug auf den Ausbau von Anlagen zur Produktion Erneuerbarer Energie, sondern in den der eigentlichen Produktion vor- und nachgelagerten Segmenten der Wertschöpfungskette sind zahlreiche Infrastrukturinvestitionen notwendig, die ebenfalls eine hohe Flächenrelevanz aufweisen (z. B. Strom- und Gasnetze, Trafostationen, Offshore-Terminals, Energiespeichieranlagen, etc.). Es sind diese Auswirkungen, die mit dazu beitragen, dass zahlreiche Projekte nicht, nur eingeschränkt oder mit langen Verzögerungen realisiert werden können. Das NIMBY – Syndrom „Not in my backyard“ ist in der Zwischenzeit ein geflügeltes Wort, wenn es um die Ursachen für Widerstände der lokalen Bevölkerung gegen Kraftwerke, Windparks oder Stromtrassen geht (SCHEELE 2012).

Ein zusätzlicher Druck auf die Flächen geht von der Nachfrage nach Kompensations- und Ausgleichsflächen für Eingriffe in Natur und Landschaft im Rahmen der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung aus. Laut Gesetz müssen vom Vorhabenträger alle Möglichkeiten ausgeschöpft werden, die negativen Folgen von Eingriffen zu vermeiden, andernfalls sind die Eingriffe durch geeignete Maßnahmen in der Fläche zu kompensieren. Sind derartige Realkompensationen nicht möglich, können vom Vorhabenträger Ersatzgelder gezahlt werden, die dann zweckgebunden für den Naturschutz genutzt werden müssen (WARNKE *et al.* 2013). Die vielfältigen Infrastrukturmaßnahmen im Rahmen des Transformationsprozesses des Energiesektors werden also auf jeden Fall über den Kompensationsmechanismus noch einmal zusätzliche Flächen in Anspruch nehmen. Zwar wird damit Raum für Natur und Biodiversität geschaffen, gleichzeitig entfallen Flächen für die wirtschaftliche Nutzung (THUM & WÄTZOLD 2007; SCHEELE & OBERDÖRFFER 2013).

Klimaschutzmaßnahmen tangieren hauptsächlich den Energiesektor und wirken sich darüber auf die Flächennutzung aus. Die Flächenrelevanz von Klimaanpassungsmaßnahmen ist dagegen zunächst weniger offensichtlich. Durch Klimaanpassung direkt ausgelöste Nachfrage dürfte jedoch in vielen Regionen den Druck auf die Flächen und natürlichen Ressourcen verstärken. Anpassungsmaßnahmen können sich ganz unmittelbar auswirken: Beispiele sind hier etwa der Bedarf an zusätzlichen Hochwasserzonen oder Retentionsflächen entlang von Küsten oder Flüssen. Im städtischen Raum kann eine weniger verdichtete Bebauung zu einer Verlagerung von Nutzungen ins Umland führen oder aber eine intensivere Flächennutzung zur Folge haben. Indirekt wirkt sich Klimaanpassung über Anpassungsmaßnahmen in den einzelnen Sektoren aus; der Schutz etwa von Energieproduktionsstandorten oder vor- und nachgelagerten Infrastrukturbereichen kann auf eine zusätzliche Nachfrage nach Flächen hinauslaufen (SCHUCHARDT & WITTIG 2012; SCHEELE & OBERDÖRFFER 2013).

Der Zusammenhang zwischen Energie und Flächennutzung und damit zwischen energie- und landwirtschaftlicher Nutzung ist also komplex und durch Unsicherheiten geprägt. Dennoch lassen sich zwei unterschiedliche Perspektiven unterscheiden: (DALE *et al.* 2011; MCBRIDE *et al.* 2011; OUTKA 2011, 2012):

- „Energy for land use“: Diese Perspektive stellt die Frage in den Vordergrund, wie die Art der Flächennutzung den Energieverbrauch einer Region bestimmt und damit Einfluss auf die Art der Energieproduktion hat. Beispielhaft für diese Perspektive stehen etwa die Auswirkungen der Siedlungsdichte auf den Energieverbrauch oder der Energieverbrauch einer Agrarwirtschaft, die im besonderen Maße auf Bewässerungsmaßnahmen angewiesen ist.
- Davon zu unterscheiden ist der zweite Debattenstrang des „land use for energy“, in dem die oben bereits skizzierte Funktion von Flächen als Produktionsstandort für Energie dominiert.

Diese Schnittstellen zwischen Energie-, Agrar- und Ernährungswirtschaft unter dem Gesichtspunkt der Landnutzung treten vor allem unter den Bedingungen der Energiewende in Erscheinung:

Die Landwirtschaft tritt zunehmend als Produzent von Energiepflanzen sowie als dem Betreiber von Biogas- oder großen Freiflächensolaranlagen und somit als Produzentin von Strom und Wärme auf und spielt eine wichtige Rolle im Rahmen der Energiewende (BUNDESVERBAND DER GEMEINNÜTZIGEN LANDGESELLSCHAFTEN 2012). Landwirte gehörten 2012 mit einem Anteil von rd. 11% an der gesamten installierten Leistung Erneuerbarer Energien in Deutschland mit zu der größten Eigentümergruppe; zum Vergleich: Die deutschen Energieversorgungsunternehmen lagen mit zusammen 12 % nur geringfügig darüber (MARON *et al.* 2011). Selbst in den Fällen, in denen Landwirte nicht Eigentümer oder Betreiber der Anlagen sind, profitieren sie als Flächeneigentümer von den Pachteinnahmen. Angesichts der Knappheit an ertragreichen Standorten können Landwirte gegenwärtig hohe Einnahmen erzielen, die in Spitzenlagen bis zu 90.000 € /a für eine Anlage erreichen können. Diese hauptsächlich, aber nicht nur durch die Energiewende ausgelösten Entwicklungen auf dem Flächenmarkt treffen vor allem kleinere land- und ernährungswirtschaftliche Betriebe. Sie sind auf den Erwerb oder die Pacht von Agrarflächen angewiesen, können aber bei den aktuellen Kauf- und Pachtpreisen oft nicht mithalten. Der Strukturwandel geht daher in die Richtung größerer Betriebe. Die auch unter ökologischen Bedingungen wichtige bäuerliche Landwirtschaft gerät damit immer stärker unter Druck (IDEL 2010). Während die Landwirtschaft auf der einen Seite von der Transformation des Energiesektors profitiert, fallen durch den Ausbau von Energieerzeugung und damit zusammenhängenden Infrastrukturmaßnahmen zunehmend landwirtschaftliche Nutzflächen aus der Produktion. Diese Reduzierung der landwirtschaftlichen Flächen kann damit eine weitere Intensivierung der Produktion auf den verbleibenden Flächen zur Folge haben, mit den entsprechenden Auswirkungen auf die Qualität von Böden, der Wasservorkommen und der Artenvielfalt³.

Klimawandel, Klimaschutz- und Klimaanpassungsmaßnahmen, sowie die sich daraus ergebenden ökonomischen Prozesse sind einerseits regional-spezifisch, andererseits ist die regionale Entwicklung in globale Prozesse eingebunden und wird von diesen übergeordneten Trends beeinflusst bzw. überhaupt erst ermöglicht. Dies bedeutet etwa mit Blick auf die Agrarwirtschaft, dass ihre Rolle nicht von vornherein festgelegt ist: "These region-specific agricultural systems have the potential to be either highly vulnerable or sustainable, due to the inescapable interconnectedness and tradeoffs between the different roles and functions of agriculture" (MCINTYRE 2009). Insbesondere für die industrialisierten Länder ergibt sich daraus die besondere Herausforderung und Verantwortung, die übergeordneten sozialen und ökologischen Fragen mit einzubeziehen: „To address local and regional challenges in NAE [North America and Europe] and sub-regions, future agricultural research and development as a whole must deal with the multiple functions of agriculture explicitly and directly.“ (ANDERSON *et al.* 2009; SMEETS 2009)

Die komplexen Zusammenhänge, in deren Kontext auch Entscheidungen zu sehen sind, lassen sich zumindest ansatzweise am Beispiel der Flächenpotenziale für den Biomasseanbau verdeutlichen (Abbildung 1).

³ Eine ausführliche Beschreibung der Zusammenhänge zwischen Ernährungsproduktion und Energiesektor findet sich in Karlstetter (2012) und Pfriem und Karlstetter (2010).

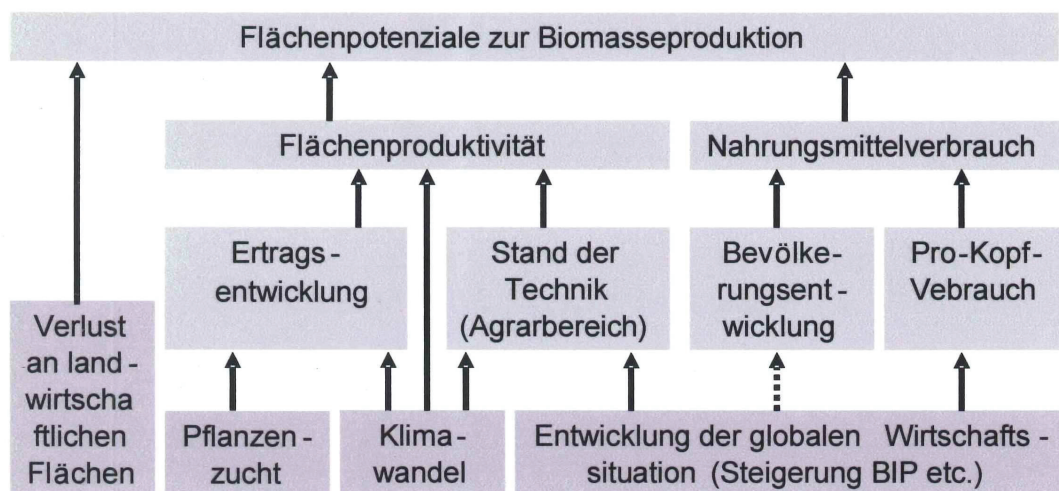


Abbildung 1: Wesentliche Einflussfaktoren auf die Flächenverfügbarkeit zur Biomasseproduktion (schematische Darstellung) (THRÄN & RODE 2009)

Die Abbildung zeigt nur einen Ausschnitt aus dem System, in welches der Agrarsektor eingebunden ist. So bestimmt die wirtschaftliche Entwicklung das Ausmaß des Verlustes an landwirtschaftlichen Flächen, gleichzeitig hat der Klimawandel nicht nur Auswirkungen auf die Flächenproduktivität, sondern beeinflusst auch die wirtschaftliche Entwicklung. Klimaanpassungsmaßnahmen werden hier eine zusätzliche Dimension einführen, deren Implikationen entsprechend mit zu berücksichtigen sind.

Landnutzung in der Metropolregion Bremen-Oldenburg

Die Metropolregion Bremen-Oldenburg gilt in der Zwischenzeit als eine der dynamischsten Wirtschaftsregionen in Deutschland. Neben Tourismus, Land- und Ernährungswirtschaft, Transport und Logistik ist es in jüngster Zeit vor allem der Energiesektor, der zu dieser positiven Entwicklung beigetragen hat (NIW 2010; BMVBS 2011; KRÖCHER *et al.* 2013; WILKE 2013). Dennoch lassen sich innerhalb der Region einige Entwicklungsschwerpunkte festmachen: In den unmittelbaren Küstengebieten findet man nicht nur räumlich konzentriert lebenswichtige Verkehrsverbindungen und Logistikstandorte, diese Gebiete sind daneben Ferien- und Freizeitziele, begehrte Wohnstandorte und nicht zuletzt Standort wertvoller Habitats von internationaler Bedeutung. Das Landschaftsbild wird nach wie vor von der Grünlandwirtschaft mit Milchviehwirtschaft und Rindermast dominiert (SCHEELE & OBERDÖRFFER 2009, 2011).

Die Küsten und die Flusseinzugsgebiete sind seit jeher wichtige Wirtschaftsräume, hier konzentrieren sich innerhalb der Metropolregion die Schwerpunkte der Wertschöpfung. Der Nordwesten gehört damit zu den Regionen, die in den letzten Jahren einen im Vergleich zum Landesdurchschnitt hohen Verbrauch an Siedlungs- und Gewerbeflächen aufweist (NIW 2012).

Der südliche Teil der Nordwest-Region ist das Zentrum der deutschen Veredelungswirtschaft. Insbesondere die Intensivtierhaltung und die nachgelagerte verarbeitende Ernährungsindustrie stellen hier wichtige Wirtschaftszweige dar (PFRIEM & KARLSTETTER 2010). Zudem ist diese Region eine der Vorreiter bei der Erzeugung Erneuerbarer Energien durch den Anbau von Energiepflanzen (KRÖCHER *et al.* 2013).

Diese dynamische Entwicklung der Region schlägt sich nicht nur in den Wirtschaftsdaten nieder, sondern hat auch dazu geführt, dass der Druck auf die Fläche in den letzten Jahren deutlich angestiegen ist. Dies zeigt sich beispielsweise an der Zunahme der Kauf- und Pachtpreise für landwirtschaftliche Nutzflächen (FORSTNER *et al.* 2011; VERBAND DEUTSCHER PFANDBRIEFBANKEN

2013); sie zählen gegenwärtig mit zu den höchsten in ganz Deutschland. Der Flächendruck zeigt sich aber auch immer wieder an den Schwierigkeiten entsprechende Flächen für Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen im Rahmen der Eingriffsregelung zu bekommen. Ein weiteres Indiz ist zudem der wachsende Widerstand in der regionalen Bevölkerung gegen weitere Eingriffe in Natur und Landschaft, der sich in Protesten gegen die Errichtung neuer Windparks oder den Bau von Stromtrassen oder Autobahnen ausdrückt (SCHEELE & OBERDÖRFFER 2013).

Die Untersuchungen im Rahmen des Projekts ‚nordwest2050‘ haben die Transformationsprozesse in der regionalen Energie- und der Landwirtschaft, deren Zusammenspiel und die Implikationen für die Flächennutzung deutlich gemacht. Von besonderem Interesse ist in diesem Zusammenhang, wo unter den Bedingungen von Klimawandel und Klimaanpassung ein anderer Umgang mit Fläche erforderlich werden wird und angesichts vorhandener Unsicherheiten in den Klimaszenarien verstärkte flexiblere Ansätze des Flächenmanagements in den Vordergrund rücken.

Bei lokalen und regionalen Akteuren, die über die Flächennutzung entscheiden, liegt oft sehr umfangreiches und spezifisches Wissen über die konkreten Bedingungen und Strukturen vor Ort vor. Die Auswirkungen der oben skizzierten Transformationsprozesse auf die Flächennutzung sind jedoch in der Regel zu komplex, um sie vollständig auf der regionalen Ebene abbilden zu können, und sie damit in die Arbeits- und Entscheidungszusammenhänge der Akteure einbringen zu können. Den Modellierungen räumlicher Gegebenheiten fehlt oft der Akteursbezug (KARLSTETTER 2012), während Akteure mit Entscheidungssituationen konfrontiert sind, in denen es für sie oft nicht ersichtlich ist, welche Prioritäten für eine Entscheidung wann und unter welchem Bezugsrahmen relevant werden.

Im Folgenden wird eine methodische Herangehensweise erläutert, die dazu beitragen soll für einen bestimmten Problemzusammenhang die Wirkungszusammenhänge sowie Komplexitäten zu erfassen und somit eine Entscheidungsunterstützung für die Region zu liefern. Der Ansatz beginnt zunächst mit der Ausarbeitung des konkreten Problemkontextes. Lokale und regionale Stakeholder sollen so im spezifischen Kontext von

- Problemlage,
- Akteurskonstellation,
- räumlich-zeitlichen Rahmenbedingungen und
- konkreten Landnutzungsänderungen

bei Entscheidungen in Bezug auf Flächeninanspruchnahme unter Klimawandel unterstützt werden.

3. Adaptives Landmanagement unter Unsicherheit – methodischer Ansatz

Die bisherigen Analysen haben gezeigt, dass sich in der Debatte über die Landnutzung nicht nur die Ansprüche der verschiedenen Sektoren und die Veränderungen wichtiger sozio-ökonomischer Rahmenbedingungen überlagern, sondern dass durch den Klimawandel eine langfristige Dimension neu hinzukommt. Vor diesem Hintergrund kann Klimaanpassung bedeuten, dass die aktuellen Nutzungsentscheidungen diese langfristige Perspektive berücksichtigen, um möglicherweise irreversible Folgen zu vermeiden.

Eine Integration aller benannten Aspekte und Wirkungszusammenhänge bei Entscheidungen „on the ground“ würde voraussetzen, dass die relevanten lokalen oder regionalen Akteure über hinreichende Informationen und über die notwendige Erfahrung verfügen, um entsprechend langfristige Entscheidungen treffen zu können (OLESEN & BINDI 2002; NITSCH *et al.* 2004; ROUNSEVELL *et al.* 2005; NITSCH 2008; RIBAUDO *et al.* 2010). Entscheidungen von Akteuren mit Implikationen auf die Flächennutzung haben also Kontexte zu berücksichtigen, die jenseits ihrer individuellen (betrieblichen) Perspektive liegen, um zu verhindern, dass einzelwirtschaftlich sinnvolle Entscheidungen letztlich in ihrer Summe zu regionalen Ergebnissen führen, die ineffiziente Strukturen manifestieren und die langfristige Flexibilität einer Region behindert.

Die Entscheidung über eine bestimmte Form der Flächennutzung kann kurzfristig und betriebswirtschaftlich gesehen optimal sein. Langfristig kann sich diese Nutzungsentscheidung unter den Gesichtspunkten von Klimawandel und Klimaanpassung als kontraproduktiv erweisen; Flächen könnten mit einer Nutzung belegt werden, die für Anpassungsmaßnahmen von besonderer Bedeutung sind. Nicht immer sind diese Nutzungen schnell und kostengünstig zurückzunehmen. Die Folgen könnten höhere Kosten beispielsweise für den Rückbau von Infrastrukturen sein oder die Notwendigkeit, auf weniger nachhaltige und teurere Anpassungsoptionen ausweichen zu müssen.

Eriksen *et al.* nennen als Prinzipien einer nachhaltigen Klimaanpassung:

- die Bestimmung der Vulnerabilität sowie die Ermittlung von „Stressfaktoren“;
- die Anerkennung, dass unterschiedliche Werte und Interessen von Akteuren die Anpassungsmaßnahmen beeinflussen können,
- die Integration von lokalem Wissen in Anpassungsmaßnahmen und
- die Berücksichtigung möglicher Rückkopplungseffekte zwischen Prozessen auf der lokalen und globalen Ebene (ERIKSEN *et al.* 2011; ERIKSEN & BROWN 2011).

Um für eine konkrete Region einen Prozess der Transformation hin zu einer Landnutzung zu unterstützen, die den zukünftigen Herausforderungen durch Klimawandel, Klimaschutz und vor allem Klimaanpassung entspricht, müssten die skizzierten Wirkungszusammenhänge für den Handlungs- und Entscheidungsspielraum der relevanten Akteure und Organisationen entsprechend erfasst und aufbereitet werden (GRIN *et al.* 2010). Langfristige Handlungsoptionen, für einen nachhaltigen Transformationsprozess sind dabei aufzuzeigen, um somit Entscheidungsprozesse unterstützen zu können.

Die Transformation eines Systems in Richtung nachhaltiger Entwicklung ist ein Prozess, bei dem sich Problemlagen überschneiden. Eine effektive Entscheidungsunterstützung muss also in der

Lage sein, diese unterschiedlichen Kontexte und Bezugsrahmen (Skalen) zu integrieren, die angesichts der Dynamik dieser Prozesse unterschiedliche Prioritäten aufweisen können.

Für ein Querschnittsproblem, wie die Entwicklung der regionalen Flächennutzung unter den Bedingungen des Klimawandels sind die folgenden Zugangsebenen relevant:

- In welchem räumlich-zeitlichen Kontext agiert die jeweilige Organisation oder der Akteur? Steht die Wettbewerbsfähigkeit oder der Sicherung der Flexibilität des Unternehmens im Vordergrund oder handelt es sich um die Bereitstellung bspw. einer öffentlichen Dienstleistung? Welche Eigentumsformen überwiegen und welche Zielsetzungen werden verfolgt? Handelt es sich eher um kurzfristige Entscheidungen und wie relevant sind sie bspw. für den Unternehmenserfolg?
- Werden die non-market benefits von Landflächen erfasst, bewertet und werden sie in das Entscheidungskalkül integriert? Werden als Nutznießer dieser benefits auch Akteure und Interessensgruppen außerhalb der Region in die Entscheidungen über Landnutzungen eingebunden? Wie lassen sich die jeweiligen Systemgrenzen festlegen?
- Welche sonstigen langfristigen Rahmenbedingungen oder (ökologisch) relevanten Zusammenhänge müssen mit beachtet werden? Wie groß ist die Gefahr, dass irreversible Entscheidungen getroffen werden, die im Ergebnis zu Pfadabhängigkeiten führen?
- Welche Beziehungen zwischen den relevanten Akteuren sind zu beachten? Gibt es bereits Interessenkonflikte um knappe Ressourcen? Gibt es konkurrierende Auffassungen im Hinblick auf zentrale Strategien und Handlungspfade? (KARLSTETTER 2012)

Viele der Treiber, die gegenwärtig die Landnutzung bestimmen, werden in der Zukunft weiter gelten. Wie sie aber letztlich zusammenwirken werden, hängt ganz entscheidend mit davon ab, wie die Interaktionen zwischen Landmanagement, wirtschaftlich-gesellschaftlichen Entwicklungen und den konkreten Umweltbedingungen gestaltet sind.

Der Klimawandel wird die Bedingungen für die landwirtschaftliche Produktion, die Flächennutzung allgemein und für die Sicherung von Natur, Landschaft und Biodiversität verändern. Klimaanpassungsmaßnahmen werden in der Lage sein, einige dieser Folgewirkungen in den Griff zu bekommen (konkret etwa über die Etablierung neuer Arten und Sorten, über neue Produktionstechniken und Bewirtschaftungskonzepte). Im Naturschutzbereich kann die Bildung eines Netzwerks von Schutzgebieten eine Antwort auf die Herausforderungen des Klimawandels sein.

Notwendig wird also ein neuer Ansatz eines integrierten Landmanagements, den Bennet et al. wie folgt skizzieren: "ILM can be defined as a process of facilitating systemic action, both vertically and horizontally across stakeholders and scales, to enhance the resilience of socio-ecological systems, in other words managing multiple biophysical elements of a defined geographic area under one umbrella" (BENNETT et al. 2012).

Lediglich die Zusammenführung der verschiedenen Anpassungsstrategien für einzelne Sektoren (Bsp. Landwirtschaft, Energie- und Wasserwirtschaft und Biodiversitätssicherung) wird nicht ausreichen, um ein integratives Landmanagementkonzept zu entwickeln. Wie erwähnt bedarf es vor allem unter langfristiger Perspektive einer Neuausrichtung von bestehenden Strategien: Konfliktlösungen müssen mit der Aktivierung von Potentialen für Transformation verbunden werden.

In der Literatur zur Klimaanpassung ist die Forderung nach integrativen Ansätzen im Landmanagement in der Zwischenzeit weit verbreitet (CAMPBELL 2008; WOODS 2009; BAJRACHARYA *et al.* 2011; BENNETT *et al.* 2012; BINO *et al.* 2013; FLESKENS & HUBACEK 2013; MU *et al.* 2013), auf der anderen Seite zeigen die Analysen auch, dass viele Konzepte nicht über die Formulierung eher allgemeiner Prinzipien hinausgehen und praktische Umsetzungserfahrungen eher gering sind.

Bennet et.al. (2012) fassen die wichtigsten Faktoren zusammen, die eine Umsetzung von Flächenmanagementkonzepten unter den Bedingungen des Klimawandels begünstigen bzw. behindern können. Diese Bewertungen erfolgen vor dem Hintergrund australischer Erfahrungen, dennoch dürften sie weitestgehend übertragbar sein:

Begünstigende Faktoren (*enablers*):

- Es existieren bereits entsprechende Netzwerke und Kooperationsmodelle.
- Es kann auf (ausbaufähige) informelle Beziehungen zwischen verschiedenen Planungs- und Verwaltungsebenen zurückgegriffen werden.
- Auf bereits vorhandene politische Ansätze, Strategien und Programmwürfe kann aufgebaut werden; sie können vor allem wichtige Grundlagen für die Entwicklung gemeinsamer Ziele und Visionen sein.
- Die Konzepte basieren auf einer sorgfältigen Analyse der Wandlungsprozesse und der Faktoren, die sich auf Landschaften auswirken können; die Analysen differenzieren zwischen kurz- und langfristigen Effekten sowie graduellen und abrupten Veränderungen; Landmanagementkonzepte, die auf inkrementelle Veränderungen ausgerichtet sind, reichen nicht aus, wenn sich bestimmte Klimavariablen drastisch verändern.

Faktoren (*barriers*), die einer Umsetzung von Flächenmanagementkonzepten entgegenstehen:

- Kooperative Lösungen und neue komplexere Formen der Entscheidungsfindung können zumindest kurzfristig zu höheren Kosten führen.
- Es liegen keine ausreichenden Informationen vor, was u.a. dazu führen kann, dass Entscheidungen gar nicht oder zu spät getroffen werden.
- Hierarchische Entscheidungsstrukturen und verfestigte Machtverhältnisse können dazu führen, dass bestimmte Organisationen isoliert werden und in Entscheidungsprozesse nicht oder nur unzureichend eingebunden sind.
- Stark fragmentierte Entscheidungsstrukturen können integrative Managementkonzepte behindern.
- In der Region fehlt es an gemeinsamen Zielen, Visionen und an einer gemeinsamen Verpflichtung auf eine kritische Bewertung von Ergebnissen sowie einer kontinuierlichen Anpassung der Konzepte. "A major challenge is establishing collective goals to build common understanding across different types of land managers. In the absence of common goals land management becomes driven by the decisions of individuals or agencies, with potential suboptimal outcomes for both landscapes and the communities that depend on them"(COMMONWEALTH OF AUSTRALIA 2010; BENNETT *et al.* 2012)
- Es fehlt an Führung: "Leadership is essential for establishing and maintaining collaboration. This does not need to be driven by one individual. On the contrary, leadership is required from all parties to allow for inclusion and access to reliable information" (BENNETT *et al.* 2012).

Daraus wird deutlich, wie sehr das Landnutzungsmuster einer Region das Ergebnis der Entscheidungen einer Vielzahl von privaten, staatlichen und genossenschaftlichen Akteuren ist, die jeweils individuellen Nutzungsinteressen und Handlungszielen folgen. Für die Entwicklung von Klimaanpassungsstrategien von Bedeutung sind vor allem Ebenen, auf denen die zentralen Entscheidungen fallen, da hier jeweils unterschiedliche instrumentelle Ansätze zur Anwendung kommen müssen. Während es auf der privatwirtschaftlichen Ebene darum geht, individuelle Ent-

scheidungen über Anreize und/oder regulatorische Vorgaben zu beeinflussen, wird es auf der Ebene von Politik und Verwaltung vor allem darauf ankommen, die Herausforderungen des Klimawandels und der Klimaanpassung in die politischen Entscheidungsprozesse zu integrieren. Dazu bedarf es aber einer Unterstützung mittels Systemen, mit denen die langfristigen Folgen von Entscheidungen aufgezeigt werden können. Im Folgenden werden verschiedene Ansätze vorgestellt, die die Integration von Klimawandel und mögliche Klimaanpassungsmaßnahmen in Entscheidungen erleichtern sollen.

3.1 Indikatoren: Werkzeuge zur Analyse, Komplexitätsreduktion und Vermittlung von Information

Indikatoren sind quantitative und/oder qualitative Aussagen und/oder gemessene Parameter, die verwendet werden, um eine bestehende Situation und Veränderungen oder Trends über die Zeit zu beschreiben. Indikatoren vereinfachen komplexe Phänomene so, dass die Kommunikation von Informationen ermöglicht oder verstärkt wird. Sie sind daneben bedeutende Werkzeuge, um Rückkopplungen mit einem Maßnahmenpaket aufzuzeigen und als Warnsignal für neue Probleme zu dienen.

Es gibt eine Fülle an Handlungsleitfäden, in denen die Auswahl von Indikatoren beschrieben wird. Bei der Auswahl sind die folgenden Punkte zu berücksichtigen (TRAVERS *et al.* 2012):

- Wie wird sich die Datenverfügbarkeit im Laufe der Zeit verändern, in der entsprechende Maßnahmen umgesetzt werden?
- Welche Daten sind bereits verfügbar und welche Informationen, die in anderen Zusammenhängen erhoben wurden, lassen sich im gegebenen Fall nutzbar machen?
- Wie kann lokales Wissen für die Auswahl der Indikatoren nutzbar gemacht werden?

Wichtige Charakteristika von Indikatoren sind in diesem Zusammenhang:(COMMONWEALTH OF AUSTRALIA 2013):

- Bedeutung: Die Indikatoren sollten soweit wie möglich einen direkten Bezug zu den verschiedenen Elementen der Klimaanpassung und zu den verschiedenen Akteuren haben.
- Klarheit: Die gewählten Indikatoren sollten eindeutig formuliert und interpretierbar sein.
- Die Indikatoren sollten in der Lage sein, Trends zu identifizieren und Trendverläufe aufzuzeigen; mögliche missverständliche Indikatoren sollten identifiziert werden, um Konfusionen zu vermeiden.
- Die Indikatoren sollten in der Lage sein erste Hinweise darauf zu geben, wie sich Anpassung entwickelt.
- Die Indikatoren sollten die Fähigkeit haben auch Fehlanpassungen zu identifizieren; soweit möglich sollen Indikatoren gewählt werden, die Aussagen darüber erlauben, wo gegenwärtig Politik und Maßnahmen die Fähigkeiten einer Region zur Klimaanpassung reduzieren.
- Die Indikatoren sollen so gewählt werden, dass aussagefähige Informationen zur Bildung der Indikatoren zur Verfügung stehen.

Wünschenswerte Merkmale, die sich an ein Indikatorenset richten:

- Begrenzte Zahl: Eine geringe Zahl von Indikatoren ist leichter zu interpretieren und als zentrale Aussage zu kommunizieren; ein potentieller Nachteil einer begrenzten Zahl an Indikatoren kann aber darin bestehen, dass sich die Aufmerksamkeit damit auf eher spezielle Maßnahmen richtet und weniger auf die allgemeinen Schlussfolgerungen für eine regionale Anpassungsstrategie.
- Spanne: die Indikatoren sollten die zentralen Aspekte des jeweils betrachteten Zusammenhangs abdecken; berücksichtigt werden muss dabei, dass nicht für alle Elemente auch Indikatoren gebildet werden können.
- Kontinuierliche Verbesserung: Das Indikatorenset sollte kontinuierlich überprüft und verbessert werden.

3.1.1 Ein Rahmen für die Auswahl von Indikatoren

Ökosystembasierte Anpassungsmaßnahmen haben das Ziel, Ökosystemdienstleistungen zu stärken. Sparks et al. schlagen einen Rahmen für die Bewertung von Veränderungen in der Biodiversität vor, der sich aus vier Punkten zusammensetzt und als Handlungsanleitung für die Auswahl von Indikatoren gelten kann (SPARKS *et al.* 2012):

- Responses: Indikatoren, die die Implementierung von politischen Maßnahmen messen, mit denen eine Reduktion des Biodiversitätsverlustes erreicht werden kann.
- Pressures: Indikatoren, die den Umfang und die Intensität der Ursachen für den Biodiversitätsverlust erfassen.
- State: Indikatoren, die den aktuellen Status der Biodiversität messen.
- Benefits: Indikatoren, die den Nutzen bewerten, den Menschen aus der Biodiversität ziehen.

Die Bewertung von Indikatoren entlang dieser Elemente liefert damit ein breiteres Verständnis für die Funktionsweise einer adaptiven Planung.

Entscheidungen über Klimaanpassungen hängen von einer Fülle an Faktoren ab, etwa vom Level, vom Sektor und vom Standort, an dem Anpassung stattfinden, aber auch von der Frage, wer die Entscheidungen trifft und wer die Aufgaben ausfüllt. Dies können Individuen sein, Gemeinschaften, NGOs, lokale oder nationale Regierungen und Gebietskörperschaften. Entscheidungen hängen zudem von den verfügbaren Mitteln ab, den durchgeführten Bewertungsansätzen, dem verfügbaren Wissen, inklusive der traditionellen Erfahrungen, von Forschung und Entwicklung, vom Zeitpunkt der Maßnahmen und der Zeitdauer der Maßnahme.

In der Zwischenzeit liegen zahlreiche Tools vor, mit denen die Auswirkungen von Klimaschutz- und Klimaanpassungsmaßnahmen aufgezeigt werden sollen. Auch wenn die praktische Anwendung dieser Instrumente noch in den Kinderschuhen steckt, haben sie einen besonderen positiven Effekt. Bevor die Instrumente überhaupt zum Einsatz kommen können, zwingen sie die Akteure dazu, sich zunächst über die grundlegenden Problemstrukturen und die interdependenten Zusammenhänge im Klaren zu sein und problemorientierte Indikatoren zu entwickeln (WALKER *et al.* 2013).

Die vorliegenden Tools umfassen Kosten- Nutzen – Analysen, Kosten- Effektivitätsanalysen, Multi-Kriterien-Verfahren, Checklisten- Analysen auf der Basis von Indikatoren, Verfahren zur konsensualen Verständigung oder per Abstimmung auf prioritäre Maßnahmen, Modellierung und

Szenarienentwicklung sowie Projektbasis-Analysen, bei den Maßnahmen mit und ohne Klimawandel verglichen werden (UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE SECRETARIAT (UNFCCC) 2010).

Dies zeigt, dass Entscheidungsverfahren sehr aufwändig und komplex sind, weil eine Fülle an Einflussfaktoren berücksichtigt werden müssen. Indikatoren, das heißt Messziffern, die Aussagen über Zustand und Entwicklung gesellschaftlicher Anliegen erlauben, können in diesem Zusammenhang ein hilfreiches Instrument sein, um den handelnden Akteuren die komplexen Problemzusammenhänge zugänglich zu machen. Hierbei kommt es darauf an, die regionalspezifischen Bedingungen so in Indikatoren abzubilden, dass sie für die Entwicklung von Anpassungskapazitäten von Relevanz sind.

Es bleibt in diesem Zusammenhang allerdings die Frage, wie Indikatoren entwickelt und genutzt werden können, um die zukünftigen Konsequenzen heutiger Entscheidungen unter Unsicherheit tatsächlich und effektiv aufzuzeigen und zu kommunizieren. Die Entwicklung eines solchen Frühwarnsystems kann nur unter Einbezug regionaler Akteure geschehen.

3.2 Transformation zur klimaangepassten Landnutzung: Herausforderungen für Entscheider

Wie oben dargelegt, ist die Entwicklung langfristiger Handlungsoptionen als Orientierung für die Akteure einerseits für einen nachhaltigen Transformationsprozess von zentraler Bedeutung. Andererseits ist dies eine besonders anspruchsvolle Aufgabe, da sich hier in der Regel unterschiedliche zeitliche wie räumliche Dimensionen und Akteursinteressen überlagern.

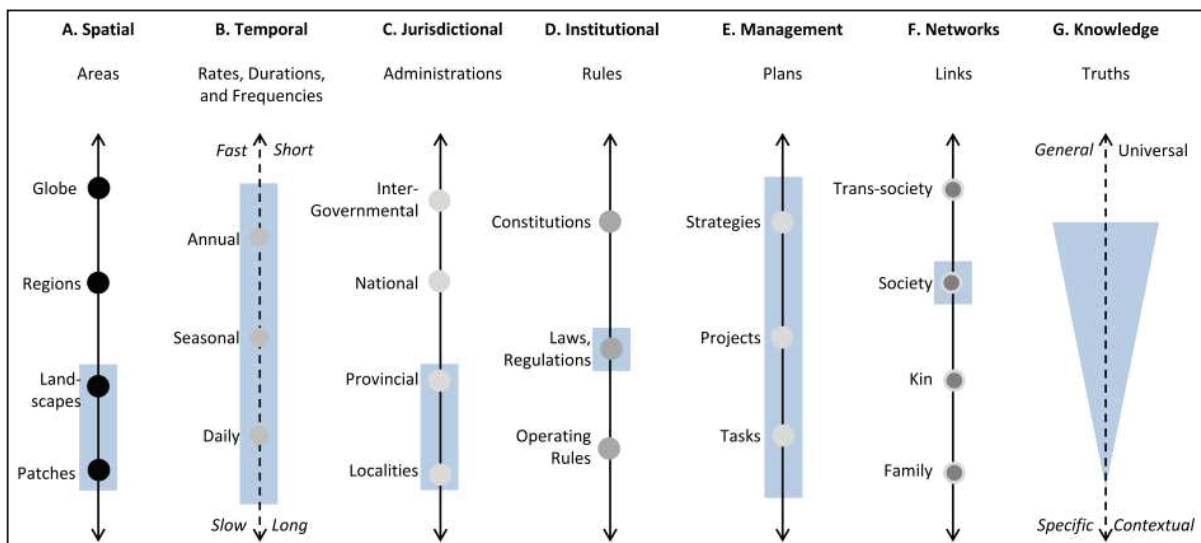


Abbildung 2: Schematische Darstellung verschiedener Skalen und Ebenen, die maßgeblich für Verständnis von und Umgang mit Interaktionen zwischen Mensch und Umwelt sind (die Balken und das Dreieck illustrieren den Bereich, der im Anwendungsbeispiel relevant ist) (verändert nach (CASH et al. 2006)).

Abbildung 2 zeigt, wie sich Akteure in konkreten Situationen, in denen nachhaltige Lösungen gefunden werden müssen, mit komplexen Problemkonstellationen konfrontiert sehen. Dies können sich als Kombination unterschiedlich ausgeprägter Mensch-Umwelt-Beziehungen auf verschiedenen Ebenen ergeben wie unterschiedliche räumlich-zeitliche Dimensionen, der jeweilige institutionell-administrative Rahmen, die Managementansätze. Aber auch das auf unterschiedliche Weise verfügbare Wissen bestimmt die Handlungsspielräume von Akteuren. Diese Komple-

xität der Einflussfaktoren stellt für lokale und regionale Stakeholder die größte Herausforderung dar (SAIFI & DRAKE 2008; SCHELLHUBER 2010).

Entscheidungen in einer derartig komplexen Problemlage erfordern Informationen, die gegenwärtig entweder nicht oder nur in unzureichender Qualität vorliegen und die nicht in ausreichendem Maße im Entscheidungsprozess Eingang finden.

Wesentlich ist, dass eine betriebswirtschaftlich optimale Entscheidung mit Folgen für die Landnutzung sich unter Klimaanpassungsgesichtspunkten als kontraproduktiv herausstellen kann, wenn damit Flächen mit einer langfristigen Nutzung belegt werden, die für die zukünftigen Anpassungsmaßnahmen von besonderer Bedeutung sind. Fehlinvestitionen und erhöhte Kosten, beispielsweise für Rückbau von Infrastrukturen oder kostenintensivere alternative Klimaanpassungsmaßnahmen, könnten die Folge sein. Gleichzeitig können damit Pfadabhängigkeiten entstehen, d. h. die vorhandene Flächennutzung engt die weiteren Nutzungsmöglichkeiten ein. Entscheidungen über Flächennutzungen sind aber auch immer vor dem Hintergrund unterschiedlicher Interessenlagen regionaler Akteure zu sehen, die häufig gerade in Konflikten um Flächen und Nutzungsinteressen zum Ausdruck kommen.

Ein Weg, der in den vergangenen Jahren im Projekt ‚nordwest2050‘ entwickelt wurde, besteht darin, hier vermehrt Dialogveranstaltungen und Workshops zu setzen. Damit wird ein Rahmen geschaffen, in dem die unterschiedlichen Interessen und Akteure zusammenkommen und gemeinsam an Lösungen und deren Umsetzung gearbeitet werden kann. Erfahrungen mit den im Rahmen von ‚nordwest2050‘ durchgeführten Veranstaltungen haben deutlich gezeigt, wie weit die Positionen regionaler Akteure mit Blick auf eine nachhaltige bzw. erstrebenswerte regionale Entwicklung auseinanderliegen können. Dies gilt auch für die Verständigung auf eine „regionale Identität“. Gleichzeitig war jedoch die Bereitschaft der regionalen Akteure, sich aktiv und konstruktiv in den Diskussionsprozess einzubringen, sehr hoch. Auch die Notwendigkeit, sich intensiver und systematischer mit den zukünftigen Herausforderungen auseinanderzusetzen, wurde weitestgehend anerkannt. Es erscheint dafür als eine wichtige Voraussetzung notwendig, Räume zu schaffen, in denen eine Kommunikation und ein konstruktiver Austausch auch über Resort-, Interessen- und sektorspezifischen Grenzen hinweg stattfinden können. Wissenschaft kann hier unterstützend bei der Bereitstellung von Information als auch der Wahl von Kommunikationsstrategien wichtige Beiträge liefern.

Der Erhalt der ökologischen Ressourcen einer Region (BOMMERT 2009; ROCKSTRÖM *et al.* 2009; DYER 2010; EDENHOFER *et al.* 2010; IDEL 2010) ist die zentrale Voraussetzung für eine langfristige und nachhaltige wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklung. Dies gilt insbesondere unter den Bedingungen des sich verschärfenden Klimawandels, von dem ein weiterer Druck auf die Ökosysteme ausgeht. Damit besteht für die Wissenschaft die Verantwortung, entsprechende Forschungsergebnisse im regionalen Kontext so zu kommunizieren, dass die Relevanz und Notwendigkeit für Transformation bei den regionalen Akteuren tatsächlich ankommt. Aufbauend auf ausgewählten Indikatoren können die Transformationsprozesse sichtbar gemacht werden sowie eine Unterstützung der Regionen bei der Bewältigung der Umstrukturierungen leisten. Indikatoren müssen dabei sowohl für einzelne Organisationen aussagekräftig sein, als auch für gesamtgesellschaftliche und gesamtwirtschaftliche Entwicklungen. Dies bedeutet auch, dass sie die sich überlagernden Skalen und Ebenen, die für eine Entscheidung relevant sind (vgl. Abb. 2), nachvollziehbar verknüpfen müssen (MCGINNIS 2011; KARLSTETTER & GASPER 2012; KARLSTETTER *et al.* 2013). Aus dem Fokus auf Transformation ergibt sich, dass die Indikatoren in der Lage sein müssen, sich flexibel an sich verändernde Rahmenbedingungen, die vielfältigen Organisationsprozesse und die spezifischen regionalen Problemlagen anzupassen.

Die in einem Set an Indikatoren zusammengefassten Komponenten werden dabei sehr unterschiedlich und inhaltlich-sachlich nicht oder nur schwer kompatibel sein (WINTER 2009; SYRBE & WALZ 2012): Indikatoren müssen qualitative oder nichtmonetäre mit quantitativen Werten verknüpfen und kurzfristige Werte zu Langfristfolgen in Beziehung setzen. Kosten-Nutzen-Strukturen, die individuelle Unternehmen betreffen, brauchen den Bezug zu einer übergreifenden Kosten-Nutzen-Systematik, d.h. es müssen organisationsinterne Größen mit organisationsexternen und interaktiven Größen zusammen geführt werden (HEKKERT *et al.* 2007; TEUTEBERG & MARX GÓMEZ 2010; UNDERDAL 2010).

Vor diesem Hintergrund stellen sich zwei zentrale Fragen, wenn man auf ein Indikatorensystem als Hilfsmittel zurückgreift:

1. Wie lässt sich eine Indikatorenstruktur aufbauen, die verschiedenen Referenzrahmen und Skalen gerecht wird? (vgl. z. B. (WINTER 2009))
2. Kann durch Formen der Visualisierung die ökologische Situation als maßgebliche Grundlage für die regionale Resilienz für die regionalen Akteure so aufbereitet werden, dass die Chancen für langfristige und vorausschauende Entscheidungen geschaffen werden?

Um diese Fragen zu beantworten, bedarf es eines methodischen Ansatzes, der in der Lage ist, Entscheidungen entsprechend zu unterstützen und Entwicklungsschritte aufzuzeigen, die entsprechendes Potenzial für Problemlösungen aufweisen. So könnten Transformationsprozesse mit Bedacht und Vorsicht (im wörtlichen wie übertragenen Sinne) vorangebracht werden.

Die explizite Berücksichtigung der Charakteristik der regionalen Akteurssituation ist für einen solchen Ansatz von zentraler Bedeutung. Die vorhandene Akteurskonstellation definiert maßgeblich, welche Interaktionen und damit Transformationsprozesse auf den Weg gebracht werden können (KARLSTETTER 2012). Die Komplexität und die Dynamik der Problemlage und der Akteurskonstellation setzt ein Framing voraus, d. h. eine detaillierte und systematische Beschreibung des Problemkontextes. Im folgenden Abschnitt wird erläutert, wie dies für den Kontext regionaler Flächennutzungskonflikte umgesetzt worden ist.

3.3 Indikatoren für den Transformationsprozess „klimaangepasste Landnutzung im Nordwesten“

Ökosysteme stellen für den Menschen materielle und nicht-materielle Leistungen zur Verfügung. Diese Leistungen oder Dienstleistungen werden mit dem Konzept der Ökosystemdienstleistungen (Ecosystem Services) erfasst⁴. Sie beinhalten die Bereitstellung natürlicher und in der Regel auch marktfähiger Ressourcen wie Nahrungsmittel oder Holz, aber auch Systemleistungen wie CO₂-Speicherung, die Reinigungskapazität des Grundwassers aber auch den ästhetischen Nutzen aus einer intakten Natur und Landschaft (KOSCHKE *et al.* 2012).

Der Verlust an Ökosystemdienstleistungen kann sich ganz unmittelbar nachteilig auf die wirtschaftlich-gesellschaftliche Entwicklung von Räumen auswirken. Gleichzeitig kann die langfristige Klimaanpassungskapazität von Regionen reduziert werden, etwa weil Biodiversität verloren geht oder sich die Wasserverfügbarkeit und –qualität insbesondere in klimatisch bedingten Trockenperioden verschlechtert (COWAN *et al.* 2009; KARLSTETTER 2012). Die natürliche Umwelt selbst benötigt Raum (z. B. Habitatkorridore), um sich an den Klimawandel anzupassen (WILKE *et al.* 2011).

⁴ „Ecosystem services are the aspects of ecosystems utilized (actively or passively) to produce human well-being.“ (FISHER *et al.* 2009); für weitere Informationen siehe auch (SCHEELE & OBERDÖRFFER 2013)

Das hier entwickelte Indikatorenset orientiert sich an diesem Konzept der Ökosystemdienstleistungen. Ziel ist die Bewertung der natürlichen Klimaanpassungskapazität einer Region. Dies erfolgt durch die Betrachtung der Änderungen von Landnutzung und ihre Auswirkungen auf die relevanten Ökosystemdienstleistungen sowie die damit verknüpften Anpassungskapazitäten. Das Zusammenspiel von Entscheidungen sehr unterschiedlicher Akteure, das sich in konkreten Flächennutzungen niederschlägt, wird anhand eines *bestimmten Problemzusammenhangs* analysiert und aufbereitet.

Dazu bedarf es zunächst folgender Festlegungen:

- Der geografische Rahmen: Auf welcher Entscheidungsebene ist das Problem maßgeblich zu verorten?
- Der inhaltlichen Abgrenzung der Problems

In diesem Rahmen erfolgt dann für den jeweiligen Transformationsprozess ein „mapping“ (KARLSTETTER *et al.* 2012): Geprüft wird dabei zunächst, welche Daten für eine Entscheidungsunterstützung benötigt werden und in welchem Umfang und Format bereits Informationen verfügbar sind. Gleichzeitig sind Datenlücken zu identifizieren und zu überbrücken. Dies kann beispielsweise durch Datenerhebung direkt vor Ort erfolgen.

Zu analysieren ist daneben die Frage, in welcher Beziehung die verschiedenen Akteure zueinander stehen, wo entscheidende Schnittstellen in der Interaktion liegen und wie die Entscheidungsstrukturen konkret gestaltet sind. Diese Informationen werden über einen Indikator „Akteurssituation“ abgebildet.

In einem nächsten Schritt werden unter Verwendung der Ergebnisse regionalisierter Klimamodelle die Veränderungen der Rahmenbedingungen und die zeitliche Perspektive bestimmt, unter der die Transformationsprozesse betrachtet werden. Hieraus ergibt sich der Indikator „Klimawandel“.

In einem dritten Schritt werden die für diese Problemlage zentralen Ökosystemdienstleistungen identifiziert, die entweder für die Anpassungsfähigkeit an den Klimawandel von Bedeutung sind, durch den Klimawandel gefährdet werden und/oder von den Landnutzungsänderungen betroffen sind.

Um die Verknüpfung zwischen Ökosystemen, Biodiversität und wirtschaftlich- gesellschaftlicher Entwicklung abzubilden, wird auf das konzeptionelle Gerüst der Studie „Die Ökonomie von Ökosystemen und der Biodiversität“ (The Economics of Ecosystems and Biodiversity –TEEB) zurückgegriffen (FISHER & CHRISTIE 2010). Für die Ermittlung der Wechselwirkungen zwischen Ökosystemdienstleistungen, Flächennutzungsänderung sowie dem Indikator „Klimawandel“ wird das TEEB-Modell erweitert (BURKHARD *et al.* 2012; MAES *et al.* 2012). Die Zerlegung der Ökosystemdienstleistungen in Komponenten erlaubt die Ableitung einzelne Werte und Prozesse⁵ und ermöglicht somit sowohl die Zuordnung zu entsprechenden Daten als Referenzwerte als auch die Darstellung der Wechselwirkungen mit anderen Ökosystemdienstleistungen.

⁵ Siehe beispielhaft für die Ökosystemdienstleistung „Bodenproduktivität“ Abbildung 10 im Anhang.

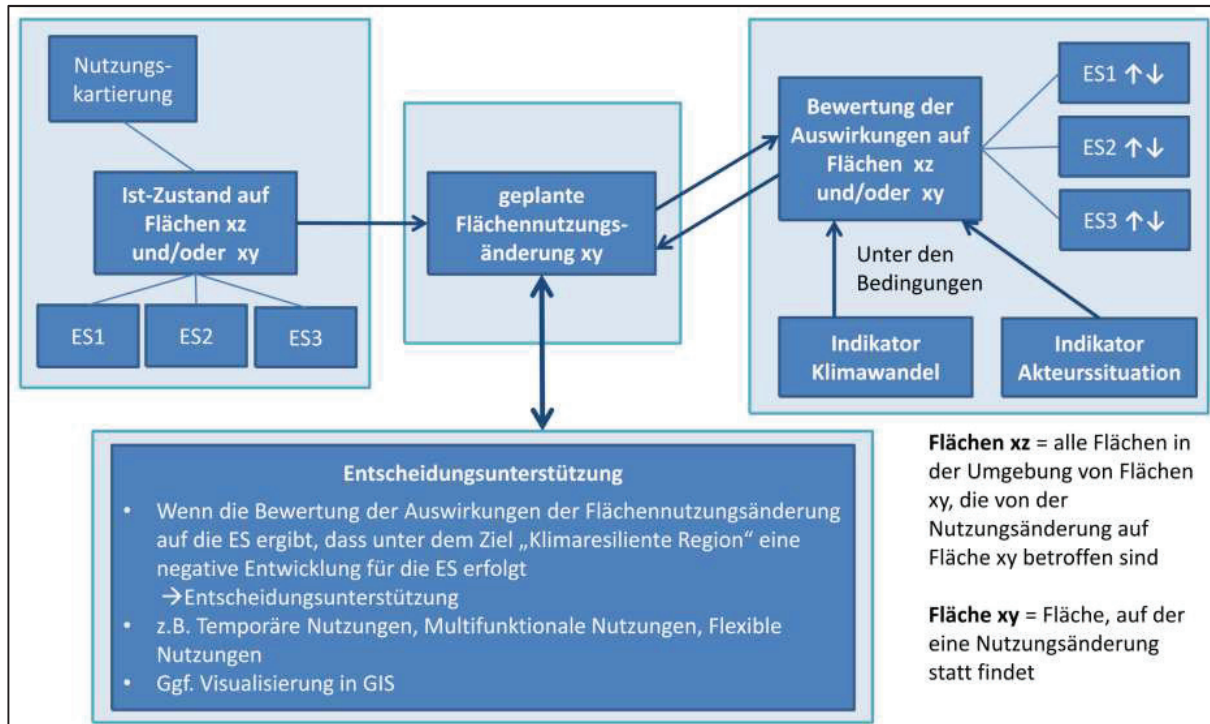


Abbildung 3: Indikatorenstruktur für das Beispiel Landnutzungsänderung (eigene Darstellung)

Hieraus ergibt sich nun eine *Indikatorenstruktur*, die spezifische, für die jeweilige Problemlage entscheidungsrelevante Eckpunkte angibt (vgl. Abb. 3). Für die Ökosystemdienstleistungen wird dabei zunächst der Status Quo als „Nullwert“ (default) angenommen. Ausgehend von der Annahme, dass eine Transformation zu mehr Nachhaltigkeit notwendig ist und dies eine positive Entwicklung von Ökosystemdienstleistungen bedeutet, findet eine Bewertung von Landnutzungsänderungen über die positiven oder negativen Auswirkungen der Nutzungsänderung auf die Ökosystemdienstleistungen statt (MAES *et al.* 2012).

Ausgehend von der gegenwärtigen Problemsituation wird nun eine bestimmte Änderung der Flächennutzung betrachtet. Für diese Nutzungsänderung kann die Akteurskonstellation (Indikator „Akteurssituation“) mit Blick auf die Heterogenität, Konfliktlastigkeit, -haftigkeit und Ansatzpunkte für Transformationsmöglichkeiten qualitativ bestimmt werden. Daraus ergeben sich semantisch beschriebene Werte (KARLSTETTER 2011), die sich in Kennzahlen übersetzen lassen (bspw. durch Zumessung von Werten wie --, -, 0, + und ++). Auch klimatische Veränderungen und der maßgebliche Zeithorizont für eine bestimmte Nutzungsänderung können abgeschätzt und indiziert werden (Indikator „Klimawandel“).

Daraus resultiert ein *Indikatorensetting* für eine bestimmte Nutzungsänderung, das über die Analyse der Problemsituation im direkten konkreten Bezug zu ökologischen und sozio-ökonomischen Gegebenheiten steht (FISHER *et al.* 2009; KARLSTETTER *et al.* 2012). Die Fähigkeiten und operativen Interaktions- und Entscheidungsschnittstellen von Akteuren gehen in die Bewertung über den Indikator „Akteurssituation“ mit ein.

Zugleich wird eine Bewertung bestimmter Landnutzungsänderungen über konkrete biophysikalische Größen ermöglicht, da die Auswirkungen auf die Ökosystemdienstleistungen abgebildet werden können (z.B. Wassergüte oder -verfügbarkeit) (PARACCHINI *et al.* 2011; KOSCHKE *et al.* 2012): Grundsätzlich gilt für alle Ökosystemdienstleistungen, dass ein Überschreiten ihrer Kapazitäts- und Belastungsgrenzen zu vermeiden ist. Für viele relevanten Größen gibt es definierte Schwellenwerte bzw. Richtlinien (z.B. Wasserrahmenrichtlinie, Cross Compliance- Rege-

lungen etc.). Führt eine bestimmte Landnutzungsänderung dazu, dass eine bestimmte Ökosystemdienstleistung negativ beeinträchtigt wird, kann auf der Basis der vorliegenden Daten überprüft werden, ob dies bereits zu einer Überschreitung von Grenz- und Schwellenwerten führt. Ist eine Landnutzungsänderung mit positiven Auswirkungen auf Ökosystemdienstleistungen verbunden, wird vor dem Hintergrund der beschriebenen Akteurskonstellation ermittelt, wie entsprechend notwendige Transformationsprozesse initiiert bzw. realisiert werden können.

In beiden Fällen lässt sich dieser Ansatz also für eine konkrete Entscheidungsunterstützung nutzen: Die erarbeitete Indikatorenstruktur liefert nicht nur eine Informationsgrundlage für die Bewertung aktueller oder geplanter Nutzungsänderungen, identifizieren lassen sich auch bio-physikalische Risiken, weil die Datenlage sich an konkreten Messwerten und ökologischen Grenzwerten orientiert. Diese bio-physikalischen Risiken lassen sich so in einen direkten Zusammenhang zu den Handlungs- und Entscheidungsspielräumen der jeweils tangierten Akteure oder Organisationen bringen. Evaluieren werden können außerdem die Anforderungen an notwendige Transformationsprozesse: Welche Akteure sind für die entsprechende Landnutzungsänderung von zentraler Bedeutung; welche Akteure müssen miteinander kommunizieren und wenn ja, in welcher Form? Wo ergeben sich aus der Situation spezifische Konflikte oder auch Informationsdefizite, an die jeweils mit bestimmten Maßnahmen angesetzt werden müsste?

3.4 Wasserqualität und Landnutzung – ein Anwendungsfall

Die Konzipierung einer so beschriebenen Indikatorstruktur wird im Folgenden anhand eines konkreten Beispiels spezifiziert. Aufbauend auf den bisherigen Arbeiten in ‚nordwest2050‘ (PFRIEM & KARLSTETTER 2010; SCHEELE & OBERDÖRFFER 2011; VON GLEICH *et al.* 2011; KARLSTETTER 2012; SCHUCHARDT & WITTIG 2012; SCHEELE & OBERDÖRFFER 2013) und gestützt auf weitere Recherchen und Expertengespräche, wurde die Problematik „Wasserqualität und Gärreste- bzw. Gülle-Verbringung“ als Beispiel gewählt⁶: Eine steigende Anzahl von Biogasanlagen führt zu einer teilweisen massiven Ausdehnung der Anbauflächen für Energiemais und damit zu einer Reduktion des Feldfruchtanbaus (SCHÜTTE 2011). In Landkreisen, die von der Intensivlandwirtschaft und dominiert sind, ist das Gülleaufkommen sehr hoch. Hinzu kommen nun noch die sehr nährstoffhaltigen Gärreste aus den Biogasanlagen. Die Ausbringung ist schwer zu kontrollieren, der Transport der Gülle wird zunehmend teurer und die Pachtpreise für landwirtschaftliche Nutzflächen sind drastisch gestiegen. In einigen Teilräumen der Nordwestregion sind Pachtpreise bis zu 1.800 € nicht ungewöhnlich und liegen damit um das mehr als dreifache über dem Landesdurchschnitt. Die Pachtpreise können in den Anbaubereichen für Sonderkulturen sogar noch höher sein. Um diese Entwicklung in die richtige Relation zu bringen: Ein Mastbetrieb kann nur bei Pachtpreisen von rd. 800 € wirtschaftlich bleiben, die Biobetriebe stoßen bereits bei Pachtpreisen von ca. 250 € an die Grenzen. Der vor allem maßgeblich durch das EEG ausgelöste Boom an Biogasanlagen hat zur Folge, dass sowohl Gülle als auch Gärreste in großem – nicht immer auch kontrollierbarem – Ausmaß auf die Felder ausgebracht werden. Die enthaltenen Ammoniumverbindungen verursachen in den Gewässern und im Grundwasser zum Teil so hohe Nitratwerte, dass die Einhaltung der jeweiligen gesetzlichen Grenzwerte nicht oder in der Trinkwasseraufbereitung nur unter hohen Kosten möglich ist. Neben der Verschlechterung der Grundwasserqualität für die Trinkwasserversorgung resultieren aus der gegenwärtigen Ausbringungspraxis auch wachsende Probleme für die Qualität der Oberflächengewässer und die Fischbestände.

⁶ Die folgenden Beschreibungen der Situation gehen zurück auf Gespräche mit verschiedenen regionalen Experten (z. B. NaturDüngerVerwertungs GmbH und OOWV) und sind ergänzt durch Literatur- und Dokumentenrecherche (z. B. (LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NIEDERSACHSEN 2011) oder <http://www.lwk-niedersachsen.de/> zuletzt abgerufen am 20.06.2013)

Frühsommerliche Trockenperioden sind ausgeprägter, auch dies möglicherweise bereits eine Folge des Klimawandels. Vor allem große intensiv wirtschaftende Betriebe gehen daher wenn notwendig auf die Bewässerung über. Die wachsenden Grundwasserentnahmen können die landwirtschaftlichen Produktionsbedingungen gerade für kleinere Betriebe aber auch für andere regionale Nutzer und Nutzungen verschlechtern. Die Nutzungskonkurrenz ist damit in einem zunehmenden Maße auch eine Konkurrenz um Wasser.

Betrachtet wird in diesem Fall also eine für die regionale Entwicklung bedeutsame Problemkonstellation und Konfliktsituation, die sich unter den Bedingungen des Klimawandels noch verschärfen dürfte (KARLSTETTER 2012). Dieser Nutzungskonflikt befindet sich an der Schnittstelle zwischen der Ernährungs- und Energiewirtschaft. Ein unmittelbarer Zusammenhang zu den Ökosystemdienstleistungen ist gegeben.

Bei der Wahl eines konkreten regionalen Raumbezugs fiel die Entscheidung auf den Landkreis Cloppenburg: Im Jahren 2011 waren hier rd. 60% der Ackerfläche mit den Maisanbau belegt. Der Landkreis beherbergt fast 140 Biogasanlagen. Der Zubau hat sich in der Zwischenzeit etwas abgeschwächt, erste Anlagen wurden bereits wieder aus dem Betrieb genommen. Die Gärrestausbringung musste im Jahr 2012 bereits im August gestoppt werden, da die Nährstoffbelastung in den Böden sehr hohe Werte angenommen hatte. Die Nitratbelastung der Grundwasservorkommen stammt inzwischen vor allem aus der Verbringung von Gärresten, weniger von der Gülle. Der im Landkreis verbreitete Gemüsebau nutzt Brunnen für die Entnahme von Grundwasser bis zu einer Tiefe von 40 Meter. Der Landkreis verfügt über mehrere große Oberflächengewässer (Ahlhorner Fischteiche und die Thülsfelder Talsperre), die für die Naherholung und die Trinkwasserversorgung von besonderer Bedeutung und die auf eine hohe Wasserqualität angewiesen sind.

Der Landwirtschaftssektor selbst ist von einem massiven Strukturwandel betroffen. Die Zahl der Familienbetriebe nimmt stetig ab. Die bei der Tierproduktion anfallende Gülle muss vermehrt aus der Region „exportiert“ werden. Die steigenden Transportkosten beschleunigen den strukturellen Wandel, in dem vor allem die räumliche Konzentration von Stallanlagen zunimmt.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt bleibt offen, wie sich die Biogasbranche weiterentwickeln wird, wenn sich die zunehmend kritischere Einstellung gegenüber der EEG- Förderung in einer Anpassung der entsprechenden Förderrichtlinien niederschlagen sollte. Jenseits der Fragen bezüglich der ökonomischen Effizienz der Förderpolitik, richten sich die kritischen Stimmen vor allem gegen die durch den Energiepflanzenanbau geförderte Monokultur in den ländlichen Räumen mit allen negativen Folgen für das Landschaftsbild, die Qualität und der Nährstoffgehalt der Böden, die Biodiversität und Artenvielfalt. Selbst in der Region, die auch wirtschaftlich unmittelbar durch den Bau und Betrieb von Biogasanlagen profitiert (KRÖCHER *et al.* 2013), wächst in der Zwischenzeit der Widerstand in der Bevölkerung gegen die weiteren Ausbaupläne.

Das Fallbeispiel Landkreis Cloppenburg wird wie folgt für die Indikatorenstruktur aufbereitet:

Als Änderung der Flächennutzung innerhalb des Landkreises Cloppenburg wird die Zunahme der Anbauflächen für den Energiemais betrachtet, hier ausgedrückt durch die prozentualen Anteile an der Gesamtfläche. Es werden beispielhaft drei Ökosystemdienstleistungen betrachtet: ES1 Bodenproduktivität, ES2 Wasser und ES3 Landschaft und Erholung.



Abbildung 4: Beispielhafte Auswahl der Ökosystemdienstleistungen (eigene Darstellung; Kartengrundlage 500 ÜK, NLÖ; Quellen siehe Tabelle 1 im Anhang)

In einem ersten Schritt wird zunächst die Datengrundlage⁷ geprüft. Die in Abbildung 4 aufgeführten Indikatoren stellen eine erste Auswahl für die Beschreibung des Problemkontextes dar.

Grundsätzlich ist darauf hinzuweisen, dass bei der Auswahl der Indikatoren für die Beschreibung der Ökosystemdienstleistungen Diskrepanzen zwischen lokal bzw. regional verfügbaren und wünschenswerten Daten vorliegen können. Dabei können nationale Indikatorensets wie beispielsweise die Indikatoren der Nationalen Strategie zur Biologischen Vielfalt (BMU 2010) oder der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie (BUNDESREGIERUNG 2012) als Anregung und Richtschnur und zur Ergänzung für die Auswahl dienen. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, durch die Einbindung der lokalen und regionalen Akteure zu einer Einschätzung wesentlicher Schwellenwerte und Entwicklungstendenzen zu kommen. Insbesondere für die Bewertung der Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Komponenten der Ökosystemdienstleistungen untereinander sowie der Entwicklungstendenzen unter dem Indikator Klimawandel sollte eine Einbindung der regionalen/lokalen Akteure erfolgen. Für den konkreten Fall ist also stets zu prüfen, welche Indikatoren und Bilanzierungsverfahren vorhanden sind, um die Datengrundlage anschlussfähig zu halten (KARLSTETTER 2012).

Jede Ökosystemdienstleistung wird dann hinsichtlich der wesentlichen Einflussfaktoren und Systembedingungen weiter ausdifferenziert. Beispielhaft ist hier die Wirkungskette zur Ökosystemdienstleistung¹ „Bodenproduktivität“ abgebildet⁸.

⁷ Beispiele für mögliche Datenquellen aus Grundlage für die Bildung von Ökosystemdienstleistungen siehe Anhang Tabelle 1

⁸ Im Anhang findet sich die spezifische Aufschlüsselung für die beiden anderen Ökosystemdienstleistungen (Abbildung 11 und 12), angelehnt an die Systematik der TEEB-Studie (vgl. (DE GROOT *et al.* 2012) und die Herleitung dazu in Abschnitt 3).

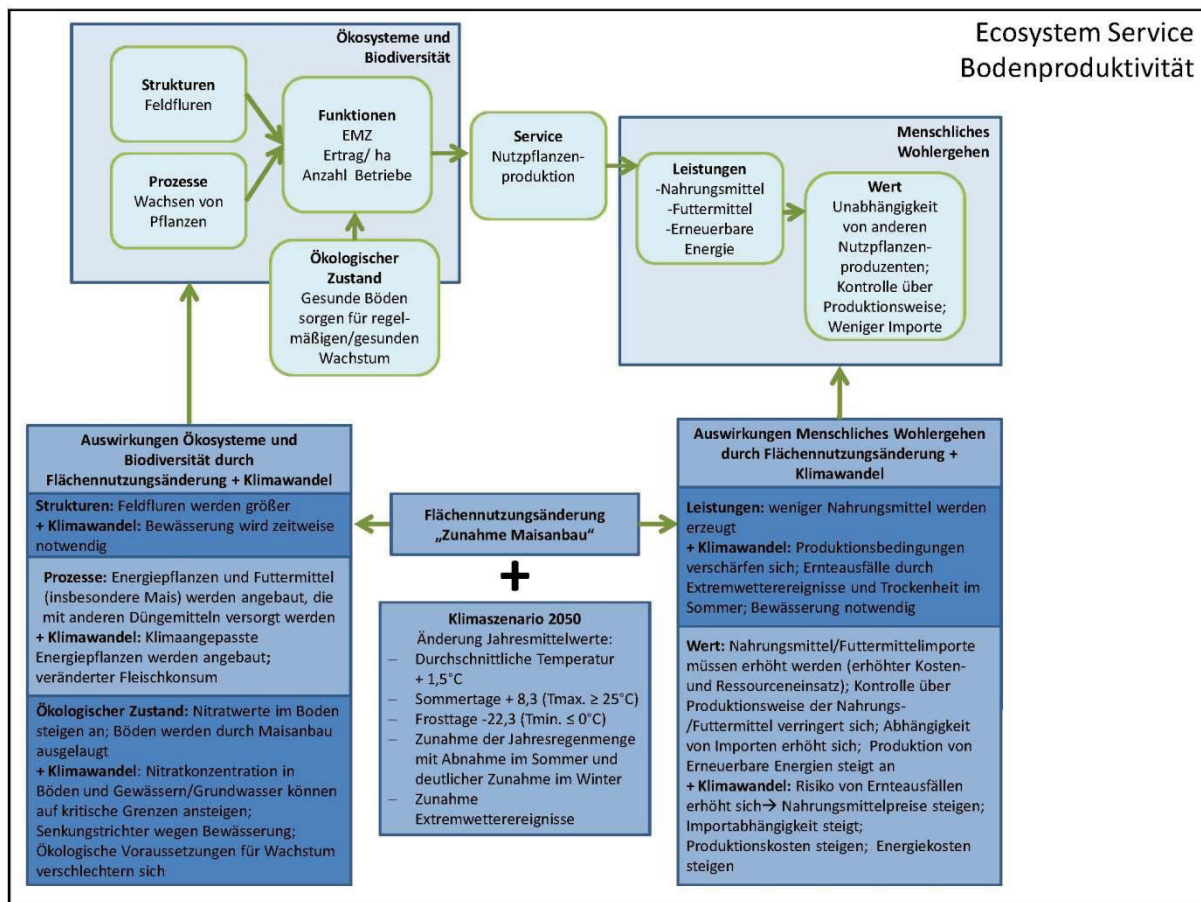


Abbildung 5: Kaskadenstruktur der Ökosystemdienstleistung „Bodenproduktivität“, Auswirkungen der Landnutzungsänderung mit und ohne Klimawandel (eigene Darstellung)

Die Auswirkungen einer Landnutzungsänderung auf die Ökosystemdienstleistungen werden zunächst isoliert betrachtet, danach dann zusätzlich unter den Bedingungen des Klimawandels. Berücksichtigung finden hier nur die direkten Auswirkungen des Klimawandels. Die Auswirkungen des Klimawandels in der Untersuchungsregion werden anhand der regionalisierten Klimaszenarien des Projektes 'nordwest2050' angenommen (SCHUCHARDT *et al.* 2010a, b).

Obwohl es um Entscheidungen unter Unsicherheit geht, da die Auswirkungen des Klimawandels bei der notwendigerweise sehr langfristigen Betrachtung nicht hinreichend genau bestimmt werden können, lassen sich Entwicklungstendenzen angeben, auf die Entscheidungen ausgerichtet werden können.

Für das hier gewählte Fallbeispiel könnte eine mittelfristige Betrachtung sinnvoll sein, da bspw. die Studien zur Entwicklung in der Landwirtschaft davon ausgehen, dass sich der Strukturwandel hier vor allem in den kommenden 10-15 Jahren niederschlagen wird. Auch Studien zur globalen Ernährungssituation basieren auf einem vergleichbaren Zeithorizont (HISAS 2011). Interessant kann aber auch eine Erweiterung der Betrachtung bis in die Mittel des Jahrhunderts sein (ERB *et al.* 2009; BEDDINGTON *et al.* 2012), wenn vor allem unter dem Gesichtspunkt der globalen Ernährungssicherung auch die Frage „Essen oder Energie als erstes?“ an Bedeutung gewinnt.

Entscheidungen über die regionale Landnutzung wie etwa über den Ausbau der Energieerzeugung fallen in einen Rahmen, der einerseits von den ökonomischen – betriebswirtschaftlichen – Vorgaben und andererseits durch die Belastungsgrenzen des ökologischen Systems bestimmt wird. Nach den vorliegenden regionalisierten Klimaszenarien wird der Klimawandel die regionalen Nutzungskonflikte noch verschärfen. Die daran ansetzenden regionalen Strategien haben

sich zudem den Herausforderungen zu stellen, die sich aus den globalen Entwicklungstendenzen in der Land- und Ernährungswirtschaft ergeben.

In der hier vorgeschlagenen Konzeption wird diese Komplexität insofern reduziert, als die getroffenen Entscheidungen jeweils auf ihre Auswirkungen auf die ökologische Situation und deren Ausdifferenzierung in die Ökosystemdienstleistungen analysiert werden. Dieser Ansatz erlaubt es, einerseits die Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Treibern in einem sich verändernden sozio-ökonomischen Kontext jeweils im Hinblick auf die Implikationen für die Landnutzung zu verdeutlichen, andererseits mögliche Ansatzpunkte für das Flächenmanagement zu erarbeiten.

3.5 Bewertung der Wechselwirkungen und Entscheidungsunterstützung

In einem ersten Schritt wird geprüft, wie sich eine bestimmte Landnutzungsänderung innerhalb eines räumlich und zeitlich festgelegten Problemkontextes auf die zentralen Ökosystemdienstleistungen auswirkt:

- Die Landnutzungsänderung wirkt sich auf die einzelnen Funktionen/Kennziffern der Ökosystemdienstleistungen jeweils positiv oder negativ aus.
- Jeder Funktion wird damit ein +, o oder – für den Zustand nach der Nutzungsänderung zugeordnet.
- Im Ergebnis ergibt sich die Auswirkung auf die Ökosystemdienstleistungen in Abhängigkeit von der Landnutzungsentscheidung und jeweils Bezug auf den aktuellen Status Quo, für den der Nullwert angesetzt wird.

Wichtig ist in diesem Zusammenhang der Hinweis darauf, dass der Status Quo nichts über die absolute Güte der Ökosystemdienstleistungen aussagt. Im konkreten Anwendungsfall bedeutet dies, dass gegebenenfalls die Bewertung der Ökosystemdienstleistungen angepasst werden muss wenn bspw. eine bestimmte Ökosystemdienstleistung schon in einem kritischen Zustand ist. Ausgehend vom momentanen Zustand der Ökosystemdienstleistungen kann nun abgeschätzt werden, ob eine bestimmte Landnutzungsänderung sich positiv oder negativ auf den vorhandenen Zustand auswirken wird. Für die Umsetzung in ein Geoinformationssystem müssen diese Angaben zusätzlich aufbereitet werden (beispielsweise durch die Eingabe in Attributtabelle).

Wird nun der Status Quo als Basislinie angenommen, dann lassen sich die Auswirkungen wie folgt verdeutlichen und visualisieren:

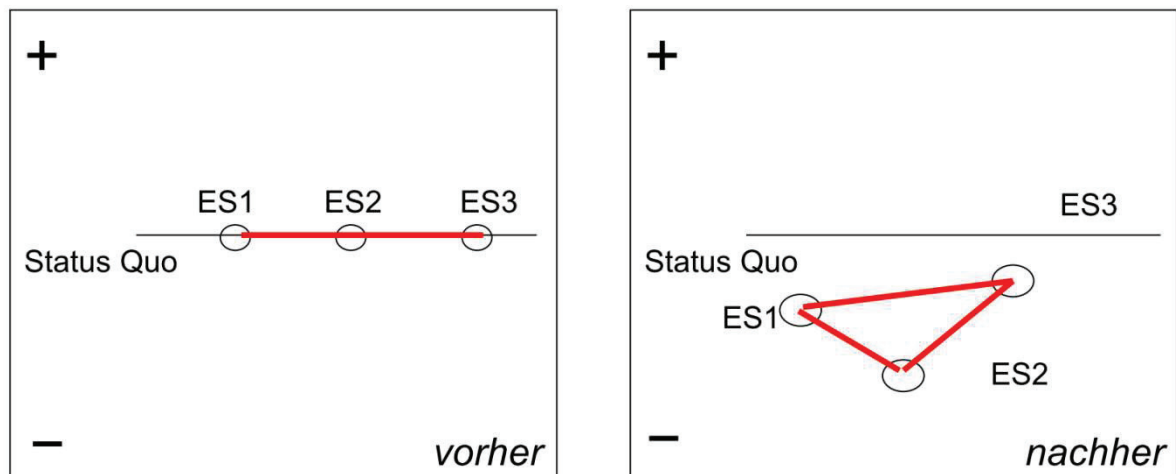


Abbildung 6: Wechselbeziehungen der Ökosystemdienstleistungen: vor und nach Landnutzungsänderung. Die Nulllinie bezeichnet den Status Quo, die kleinen Kreise stehen für die drei Ökosystemdienstleistungen (ES1: Bodenproduktivität, ES2: Wasser, ES3: Landschaft und Erholung), die rote Linie bezeichnet das Wechselwirkungsgefüge (eigene Darstellung)

Es wird dabei davon ausgegangen, dass sich Koabhängigkeiten negativ oder positiv verstärken können.

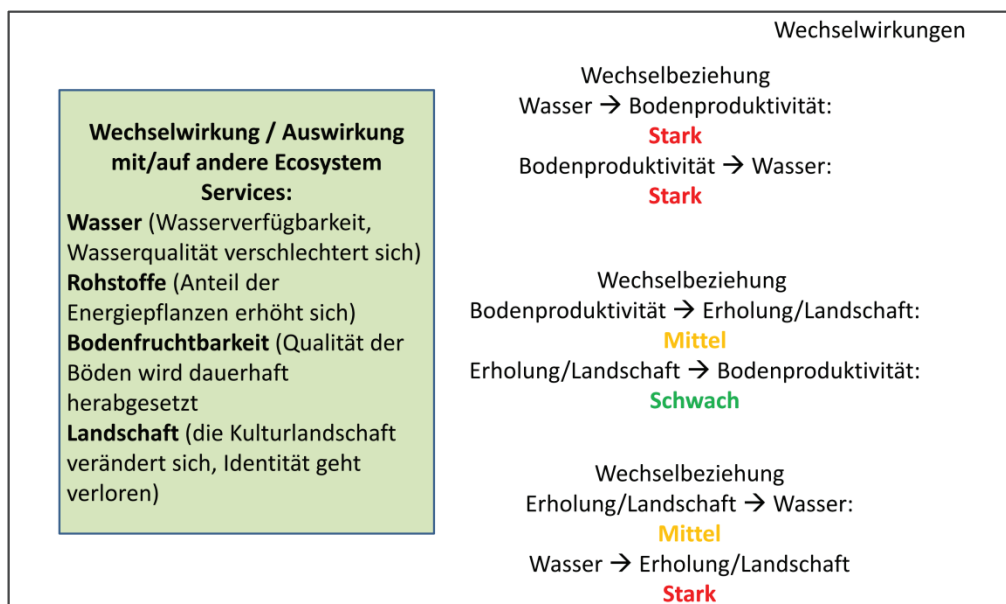


Abbildung 7: Stärke der Wechselwirkungen zwischen den ausgewählten Ökosystemdienstleistungen: Bewertung auf Grund der Ergebnisse aus der Arbeit mit Stakeholdern und Literaturrecherche (eigene Darstellung)

Die Bewertung der in Abbildung 7 beschriebenen Abhängigkeitsverhältnisse zwischen den Ökosystemdienstleistungen gehen zurück auf die Ergebnisse von Workshops, Befragungen regionaler Stakeholder sowie von Literaturrecherchen (HOOPER *et al.* 2005; DIAZ *et al.* 2007; MALER *et al.* 2008; PERFECTO & VANDERMEER 2010; RAUDSEPP-HEARNE *et al.* 2010; HORAN *et al.* 2011; KENWARD *et al.* 2011; YOUNG 2011; MÜLLER & BURKHARD 2012; PRIMMER & FURMAN 2012). Diese Bewertungen gelten nur für das hier vorgestellte Beispiel im regionalen Kontext und beziehen die hier vorliegenden regionalen Bedingungen und Spielräume zwischen den relevanten Akteuren mit ein.

Durch den Einbezug der Akteure für die Bestimmung der Ausgangslage sowie der Zustände, Zusammenhänge und Wechselwirkungen der Ökosystemdienstleistungen vor dem Hintergrund

regionaler Gegebenheiten kann über den methodischen Ansatz erreicht werden, dass eine Bewertung der Konfliktlagen möglich ist.

Die Abbildung 8 zeigt für das Anwendungsbeispiel die möglichen Entwicklungen der Ökosystemdienstleistungen auf. So entsteht eine Diskussionsgrundlage, auf deren Basis die regionalen Akteure über mögliche Handlungsansätze in einen Dialog treten können.

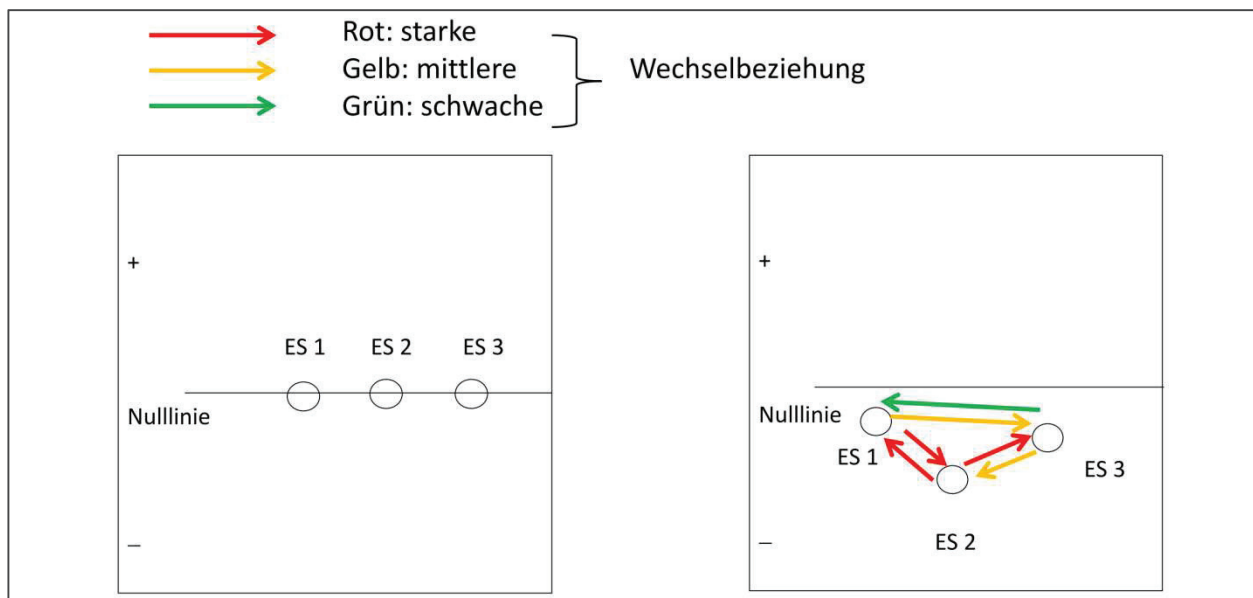


Abbildung 8: Wechselbeziehungen der Ökosystemdienstleistungen: vor und nach Landnutzungsänderung. Die Nulllinie bezeichnet den Status Quo, die kleinen Kreise stehen für die drei Ökosystemdienstleistungen (ES1: Bodenproduktivität, ES2: Wasser, ES3: Landschaft und Erholung), die Linien bezeichnen das Wechselwirkungsgefüge. (eigene Darstellung)

Der linke Teil der Abbildung stellt die verschiedenen Ökosystemdienstleistungen zum gegenwärtigen Zeitpunkt dar. Hier sei noch einmal darauf hingewiesen, dass die Lage auf der Nulllinie keinen „neutralen“ oder „mittleren“ ökologischen Zustand der Ökosystemdienstleistungen darstellt, sondern nur den „Status Quo“ als Ausgangspunkt vor der Landnutzungsänderung angibt. Durch eine geplante Flächennutzungsänderung könnte es zu einer Verschlechterung (Verschiebung unter die Basislinie) oder Verbesserung (Verschiebung über die Basislinie) des Status Quo kommen. In dem Beispiel des Landkreises Cloppenburg hat die Flächennutzungsänderung „mehr Maisanbau“ zu einer Verschlechterung der Zustände der ES1 Bodenproduktivität, ES2 Wasser sowie ES3 Landschaft und Erholung geführt. Die ES werden, je nach Verschlechterung, in der Grafik im negativen Bereich angeordnet. Zusätzlich werden die Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Ökosystemdienstleistungen in Pfeilen dargestellt. Die Stärke der Abhängigkeit zwischen den verschiedenen Ökosystemdienstleistungen lässt u. a. Aussagen darüber zu, wie effektiv bestimmte Maßnahmen zur Verbesserung der jeweiligen Ökosystemdienstleistung sind und ob sie negative Rückwirkungen auf die anderen Systemfunktionen zu kompensieren in der Lage sind. Führt also die geplante Flächennutzung zu einer Verschlechterung der Ökosystemdienstleistung ES3 und gibt es zu dieser geplanten Flächennutzung aber keine Alternative, sind andere Optionen zu prüfen, mit denen diesen negativen Entwicklungen entgegengewirkt werden kann, d. h. Maßnahmen mit denen die negativen Effekte kompensiert und die Ökosystemdienstleistungen zumindest wieder auf die Ausgangsbasis zurückgebracht werden können.

Am Beispiel des Landkreises Cloppenburg bedeuten diese Überlegungen für eine Entscheidungsunterstützung Folgendes:

- **Ausgangssituation:** Durch die Landnutzungsänderung „mehr Maisanbau“ wird sich unter anderem der ES 3 Landschaft und Erholung unter den Bedingungen des Klimawandels verschlechtern (siehe auch Abb. 8); diesem negativen Trend stehen die Aktivitäten neuer Akteure (Bürgerinitiativen) oder andere Initiativen entgegen, die sich auf unterschiedliche Weise für den Erhalt der Kulturlandschaft einsetzen.
- **Einflussfaktoren:** der Klimawandel verstärkt den Druck auf Kultur- und Naturlandschaft zusätzlich; die Folge könnten sein: eine Verstärkung der bisherigen Trends, wie Fragmentierung der Habitats, Überschreiten von ökologischen Belastungsgrenzen durch starre Monokultur/Intensivierung der Landwirtschaft (ökologisch/sozio-ökonomisch), Erholungswertverlust der Landschaft; der Nutzungsdruck in den ländlichen Räumen nimmt zu.
- **Entscheidungsunterstützung:** Aufgrund der guten Akteurslage sind regionale Ansprechpartner vorhanden, die mit ihren Handlungen dazu beitragen können, die negativen Auswirkungen auf die Landschaft zu vermindern. Losgelöst zunächst von der Frage, ob eine Ausweitung des Energiepflanzenanbaus unter gesamtwirtschaftlichen Gesichtspunkten sinnvoll ist, werden Maßnahmen entwickelt und umgesetzt, die zu einer Verbesserung des ES 3 beitragen. Hier sind alle Maßnahmen sinnvoll, die zur landschaftlichen Attraktivitätssteigerung beitragen und somit die Lebensqualität, den Freizeit- und Erholungswerte und die Qualität von Schutzgebiete erhöhen.

Zu beachten ist hierbei, dass auch die Wechselwirkungen mit den anderen Ökosystemdienstleistungen im Auge behalten werden müssen. Wenn intakte Ökosysteme die zentrale Grundlage für die regionale Resilienz darstellen, dann sind bei den Ansätzen zur Stärkung bestimmter Ökosystemdienstleistungen die Rückwirkungen auf alle anderen Funktionen des Ökosystems (hier bspw. ES1 oder ES2) mit zu betrachten.

Dieses Verfahren lässt sich nicht nur auf die Ökosystemdienstleistung „Landschaft und Erholung“, sondern auch auf die Ökosystemdienstleistung „Wasser“ und „Bodenproduktivität“ anwenden. Bei allen Ökosystemdienstleistungen sind die jeweiligen Akteure Schlüsselemente. Dieser methodische Ansatz zur Visualisierung und Entscheidungsunterstützung kann ein innovativer Weg sein, Steuerungsoptionen zu identifizieren und zu nutzen.

Ob und wie die erzielten Ergebnisse auch Eingang finden können in neue und flexiblere ordnungspolitische Ansätze (etwa zur klimaangepassten Raumplanung oder Zurechnung von negativen Umweltfolgen durch Wirtschafts- und andere Akteure (vgl. Verbringungsverordnung für Wirtschaftsdünger)), muss sich zeigen.

3.6 Akteureinbindung

Über den Indikator „Akteurssituation“ kann untersucht werden, welche Schritte notwendig sind, um eine positive Entwicklung der miteinander vernetzten Ökosystemdienstleistungen zu erreichen.

Lokale und regionale Entscheidungsträger spielen bei der Bewertung von Wechselwirkungen, des Zustands sowie Entwicklungstendenzen von den betroffenen Ökosystemdienstleistungen eine entscheidende Rolle. Durch deren flächenbezogenes Wissen lassen sich tendenzielle Aussagen machen, die für die situative Einschätzung sowie daraus die abgeleitete Entscheidungsunterstützung von wichtiger Bedeutung sind. Des Weiteren tragen die Akteure mit ihrem

flächenbezogenen Verhalten dazu bei, dass sich die Ökosystemdienstleistungen unter der geplanten Flächennutzungsänderung entweder in eine positive, gleichbleibende oder negative Richtung entwickeln.

Die Einbindung von Akteuren kann dabei auf unterschiedliche Weise erfolgen. Ziel ist es, die entsprechenden Akteure in einen Austauschprozess zusammenzubringen und gemeinsam die jeweiligen aktuellen und zukünftigen Flächenbedürfnisse herauszuarbeiten. Zum anderen dient die Akteursarbeit dem Aufzeigen von regional spezifischen Besonderheiten wie der Flächennutzung sowie potenziellen Handlungsoptionen und -akteuren bezüglich der Umsetzung von Maßnahmen sowie Handlungsalternativen.

Hierfür bieten sich themenorientierte Workshops an. Im Folgenden wird eine mögliche Vorgehensweise aufgeführt:

1. Identifikation von **Schlüsselakteuren** (Betroffene, Multiplikatoren, Experten, Kompetenz- oder Clustermanagement-Netzwerke). Wegen Breite des Themas sind gezielte Stichbohrungen vorzunehmen.
2. **Feedbackschleifen**, mithilfe derer die Relevanz der ausgewählten Schlüsselakteure und regionalen Schlüsselschnittstellen nachjustiert wird.
3. Identifikation von **Interessengruppen** (hier z. B.: Land- und Ernährungswirtschaft, Siedlung und Verkehr, Tourismus, Wirtschaft (insb. Energiewirtschaft), Politik, Natur und Umwelt) → **Analyse der Interessenlagen** → Identifikation von Gemeinsamkeiten und Unterschieden, Konflikten und Synergien im räumlichen Bezug und regionalen Bezug zu Schnittstellen/Schlüsselakteuren.
4. Auswahl direkt von Landnutzungskonflikten betroffener Landnutzer (hier vornehmlich Landwirte verschiedener Sektoren) → Erarbeitung der **Kopplung zwischen unternehmerischen Prozessen/Betroffenheit durch Landnutzungskonflikte** (aktuell und unter zunehmendem Klimawandel (→ Bezug zu Indikator „Klimawandel“) und **Ökosystemdienstleistungen** → Daraus und aus zusätzlicher Literaturrecherche ergibt sich die Auswahl der wichtigsten Ökosystemdienstleistungen in Bezug auf eine bestimmte Problemlage. Über die Ökosystemdienstleistungen kann der Bezug zu bio-physikalischen Daten und ökologischen Schwellenwerten hergestellt werden. Die Zuordnung der unternehmerischen Prozesse erlaubt die Verknüpfung mit sozio-ökonomischen Daten (bspw. Betriebstypen und ökonomische Strukturen in der Region).

Aufbauend auf diesen gesammelten Informationen können die zentralen regionalen Themenfelder identifiziert werden und eine weitere Detailanalyse erfolgen:

- a. Welches Akteursgefüge liegt vor? Wie konfliktiv ist es?
 - b. Welche Ökosystemdienstleistungen sind zentral, wie ist deren Zustand und wie hängen diese zusammen?
 - c. Welche Kernthemen ergeben sich daraus in kurz-/mittel-/langfristiger Perspektive?
 - d. Welche Transformationsprozesse müssen bewältigt werden und wo liegen die größten Hemmnisse?
- Auf Basis dieser Erhebung kann **die Anpassungskapazität für regionale Erfordernisse** bewertet werden.
- Aus der Verknüpfung der Themenfelder mit den zukünftigen Herausforderungen lassen sich **spezifische Problemlagen** bestimmen, die gekoppelt an die tatsächlich vorhandene Akteursstruktur (deren Ist-Zustand und die zu entwickelnden Potenziale hinsichtlich der Anpassungskapazität) regional und unmittelbar (jetzt) angegangen werden können.

Für die im Fallbeispiel Landkreis Cloppenburg betrachtete Flächennutzungsänderung „mehr Maisanbau“ ist z. B. wesentlich, dass inzwischen professionalisierte Bürgerinitiativen vorhanden sind. Der Ausbau der Energieproduktion und des Anbaus von Energiepflanzen beginnt die traditionellen Kulturlandschaften dramatisch zu verändern. Der sich in der Region formierende Widerstand gegen diese Entwicklung wirkt auf jeden Fall auf die regionale Identität verstärkend. Regionale Akteure bringen sich zunehmend aktiv in die Diskussionsprozesse vor Ort ein und versuchen auf vielfältige Art und Weise Entwicklungsprozesse mit zu gestalten und negativen Auswirkungen entgegenzusteuern. Dieses Engagement kann zunächst nicht verhindern, dass eine Verschlechterung der ES3 stattfindet. Gleichwohl können sonstige Maßnahmen zur Stärkung der traditionellen Kulturlandschaft dazu beitragen, dass die Verschlechterung des ES3 abgeschwächt und längerfristig eine Verbesserung erzielt wird.

3.7 Technische Realisierung

Die weiteren Forschungen⁹ sehen vor, diese konzeptionelle Entwicklung in einer Modellierung für Experten zu konkretisieren, und mit einer GIS-basierten Visualisierung zu verknüpfen.

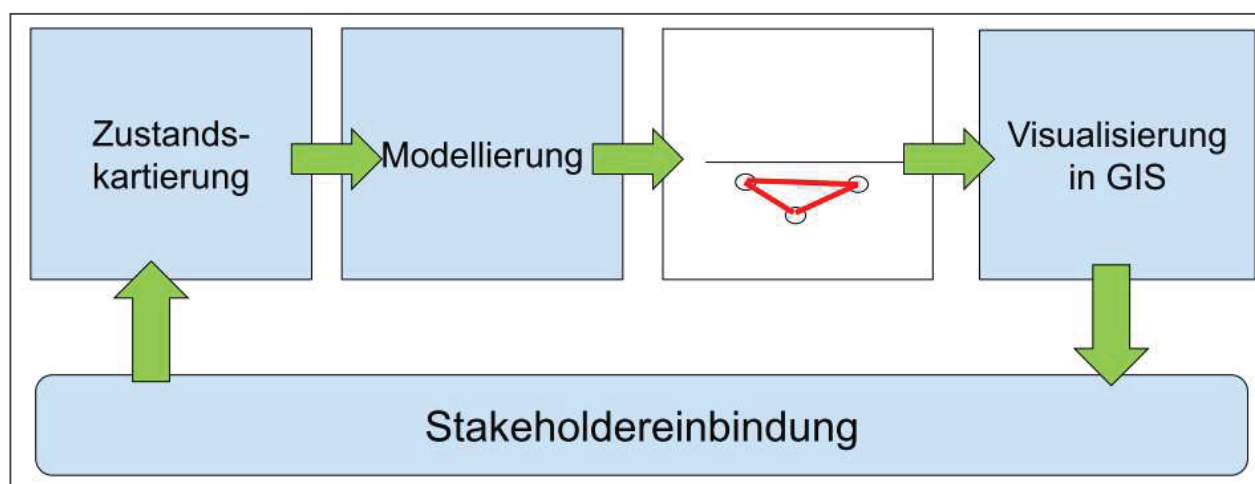


Abbildung 9 Schematische Darstellung der technischen Realisierung (eigene Darstellung)

Eine Anwendungsmöglichkeit besteht darin, die Indikatorenentwicklung an die regionalen und überregionalen Wertschöpfungskettenstrukturen anzubinden. Damit könnte eine integrierte Berichterstattung und die Entwicklung von Kennzahlen für Unternehmen mit Flächenbezug ermöglicht werden, die sich u. U. auch in Beziehung zum ökologischen oder CO₂-Fußabdruck setzen lassen könnten. Insbesondere beinhaltet der vorliegende Ansatz die Möglichkeit, für das Management von Transformationsprozessen die operativen Entscheidungsstrukturen und damit die transformativen Fähigkeiten mit in die Indikatorenbildung einzubeziehen. Bspw. werden die unternehmensbezogene Analyse und das Berichtswesen von Wassermengen und –gütern im Wirtschaftskreislauf von einer Vielzahl Standards und Methoden betrachtet. In diesen Standards werden allerdings keine genaueren Spezifikationen für Wasserqualitäten vorgegeben. Des Weiteren werden die betrachteten Größen lediglich für den Kontext einer Unternehmung aggregiert erhoben. Eine unternehmensübergreifende Betrachtung, die die Lieferkette oder lokale Umweltegebenheiten einbezieht, findet nicht statt. Auch die Verlässlichkeit dieser Informationen ist wegen nicht vorhandener Vorgaben zur automatischen Messung fraglich. Wesentlicher Schwach-

⁹ Die tatsächliche Realisierung der IT-basierten Lösung als Prototyp soll Gegenstand eines Folgeprojekts zu nordwest2050 sein.

punkt ist dabei die unzureichende Verfügbarkeit harmonisierter Daten. Der Zugriff auf wasserbezogene Datenbanken ist in Unternehmen i. d. R. nicht vorhanden oder nicht praktikabel. Existierende Datenbanken enthalten nur aggregierte oder abgeleitete Größen und spiegeln lokale Gegebenheiten nicht hinreichend wider. Des Weiteren sind die Daten hinsichtlich Wassermerkmalen und Erhebungsfrequenz ungeeignet, um unternehmerische Entscheidungen im Kontext anderer Stakeholder zu unterstützen (MORRISON & SCHULTE 2010). In der landwirtschaftlichen Urproduktion ebenso wie den nachgelagerten Bereichen der Veredelungswirtschaft findet sich im Oldenburger Münsterland und Umgebung ein dicht vernetztes Wirtschaftscluster. In beiden Sektoren handelt es sich um Betriebe mit wachsendem Wasser- bzw. großflächigem Beregnungsbedarf. Die Niederschlagsmengen im laufenden Jahr waren laut Rücksprache mit regionalen Experten bisher extrem niedrig. Hinsichtlich der laufenden akkumulierten und strategischen Wasserentnahme (etwa für den Betrieb neuer Standorte) wie der Belastungssituation (z. B. durch Nitrat und andere Stoffe aus organischen Düngern, Biogasgärresten und Bioabfallstoffen) kommt es zu Konkurrenzen, für die kaum direktes regionales Monitoring möglich ist. Anzunehmen ist, dass die hohen Entnahmemengen in trockenen Zeiten zu einer zusätzlichen Belastungskonzentration im Grundwasser führen. Ein laufendes Monitoring mit Realdaten zur Nutzungssituation und Szenarien, die klimatisch bedingte Änderungen in den Niederschlagsmengen einbeziehen, sind zurzeit nicht möglich. Für Clustermanagement und Wirtschaftsförderung wäre es von großem Vorteil, dass für Akteure (i) der laufende Gesamtverbrauch (auch vor dem Hintergrund längerfristiger Klimaprognosen) und (ii) die aktuelle Belastungssituation clusterweit einsehbar ist. Hieran schließt sich die Betrachtung der Wertschöpfungsketten auf detaillierter Ebene an: Ziel weiterer Forschungen ist, ein produkt- oder clusterbezogenes Wasserfootprinting zu ermöglichen, das nicht nur den Verbrauch, sondern die tatsächliche Wasserbelastung räumlich zuordnet und bewertet (inner-/außerhalb der Region, z. B. bei Futtermittelimporten relevant).

4. Ausblick

Da Flächennutzungskonkurrenzen durch zunehmende klimatische Veränderungen verschärft werden, bedarf es neuer Zugänge, mit den daraus resultierenden Problemlagen umzugehen. Im vorliegenden Bericht wurde eine Methodik entwickelt, die es für geografisch explizit umrissene Flächenkonfliktsituationen erlaubt, die betroffenen Akteure direkt in die Entscheidungsfindung einzubeziehen. Somit werden Akteure als zentrale Repräsentanten der regionalen Klimaanpassungskapazität ernst genommen: Als Träger der Anpassungsmöglichkeiten, die regionale Entwicklungen prägen und gestalten, entscheiden sie über die Nutzung der Flächen. Die Akteure der Region sind damit auch diejenigen, die die Art der Nutzung kennen und denen es mithilfe des vorgestellten Ansatzes erleichtert wird, trotz Komplexität und Dynamik der Situation über diese zu reflektieren. Zudem wird die Naturschutzkomponente durch den Fokus auf Ökosystemdienstleistungen stärker gewichtet und ins Zentrum der Bewertung von Nutzungsentscheidungen gerückt. Mit der oben beschriebenen Zugangsweise bietet sich damit eine Möglichkeit, Klimaanpassungsfähigkeit – und damit die Resilienz der Region – gezielt zu stärken, und zwar sowohl auf Ebene der sozio-ökonomischen Interaktionen als auch was die ökologische Basis angeht.

Die methodische Entwicklung unterstützt dabei das Finden von konkreten Handlungsoptionen, weil von vornherein von real gegebenen, durch Daten konkret bestimmten Problemlagen ausgegangen wird und diese über die gesamte Bearbeitung hinweg eingebettet in das Gewebe der Akteure und den ökologischen Zusammenhang aufbereitet werden. Dabei werden die zu Grunde gelegten Daten immer mit Bezug auf den aktuellen Problemkontext bezogen verwendet. Auf dieser Basis erlaubt es der Zugang auch längerfristige Entscheidungshorizonte zu betrachten, eben weil Auswirkungen auf Ökosystemdienstleistungen kurz- oder langfristig diskutiert werden können. Indem die Akteursseite auch für das Auffangen von Konflikten und negativen ökologischen Auswirkungen betrachtet wird, eignet sich die Methode vor allem dazu, konfliktäre Zusammenhänge anzugehen. So können sich neue Möglichkeiten ergeben, um Situationen flexibel zu gestalten und Maßnahmen im Rahmen des Möglichen umzusetzen bzw. Wege zu öffnen, die eine Umsetzung erlauben. Das heißt, dass so Gestaltungsspielräume auf ihre Machbarkeit abgeklopft und erweitert werden können, weil diese Spielräume immer in Bezug auf die Akteure und deren Interaktionen gesehen werden. Gleichwohl kann die Bearbeitung aber vor dem Hintergrund klimatischer und anderer Herausforderungen stattfinden. Es kann angenommen werden, dass so eine effektive Entscheidungsunterstützung trotz Unsicherheit gewährleistet werden kann.

Wie die Vulnerabilitätsanalysen zu Raumplanung, Naturschutz und Ernährungswirtschaft gezeigt haben (SCHUCHARDT & WITTIG 2012) fehlt den vorhandenen Instrumenten gerade diese konkrete Anpassbarkeit an spezifische regionale Bedingungen und oft auch die tatsächliche Verbindung zu den regionalen Akteuren, die das Land nutzen. Der hier vorgestellte Ansatz kann deshalb – vor allem in Verbindung zu Räumen, in denen aktiver Dialog ermöglicht wird (AURICHER ERKLÄRUNG 2013) – als Lösungsansatz gesehen werden, der konkret und unmittelbar in der Region greift. Es kann entsprechend nicht nur die ökologische Resilienz, sondern auch die gesellschaftliche Resilienz gestärkt werden. Für die im Projekt 'nordwest2050' entwickelte Roadmap of Change leisten die hier vorgestellten Arbeiten einen wichtigen Beitrag, indem sie es ermöglichen viele sich überschneidende Themen zusammen zu führen und lösungsorientiert zu integrieren. Gegenstand weiterer Forschung kann – neben der technischen Realisierung einer Modellierung zur Indikatorenstruktur – die Übertragung auf Bedarfe anderer Regionen sein.

5. Anhang

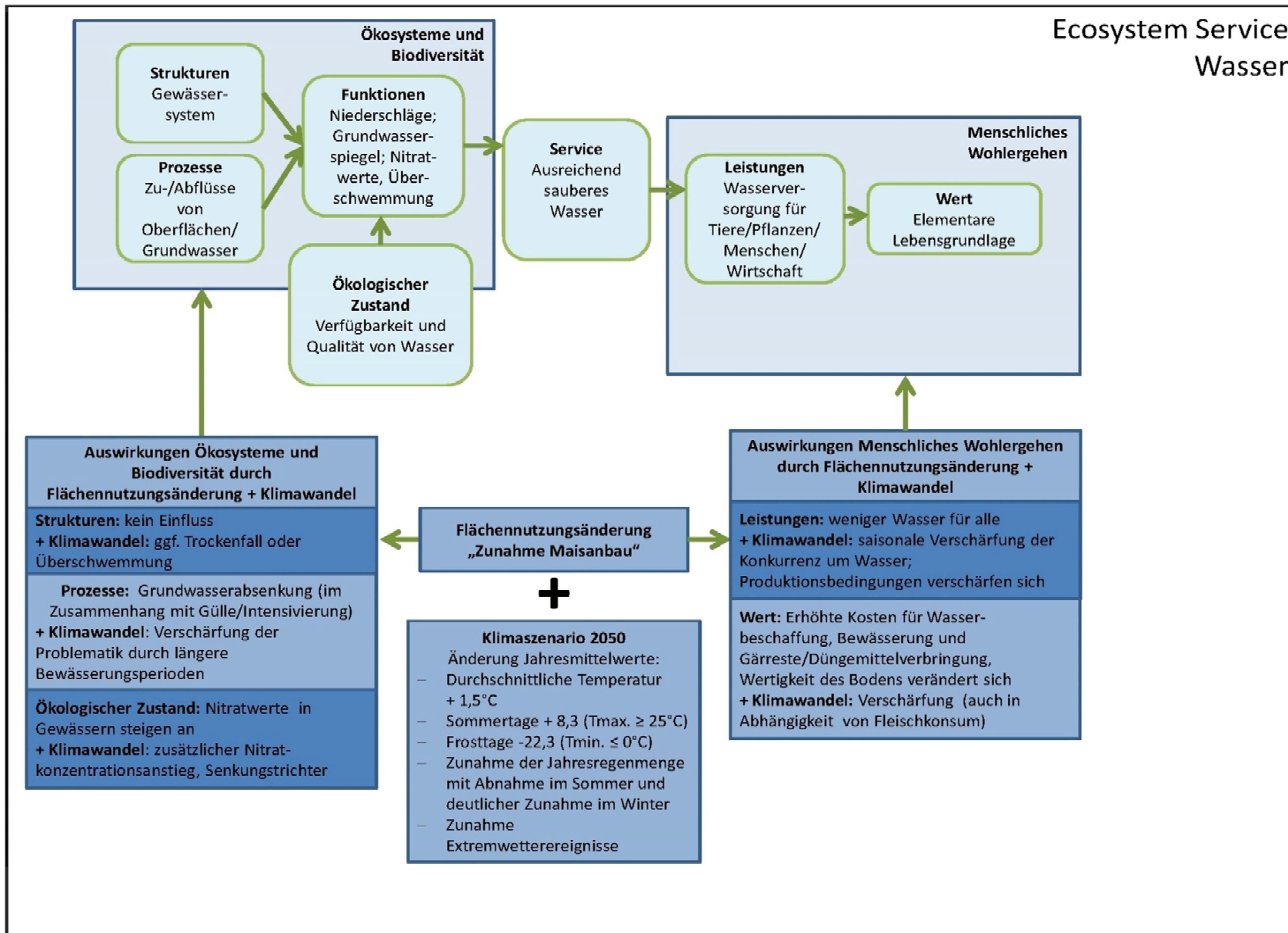


Abbildung 10: Ökosystemdienstleistung Bodenproduktivität (eigene Darstellung)

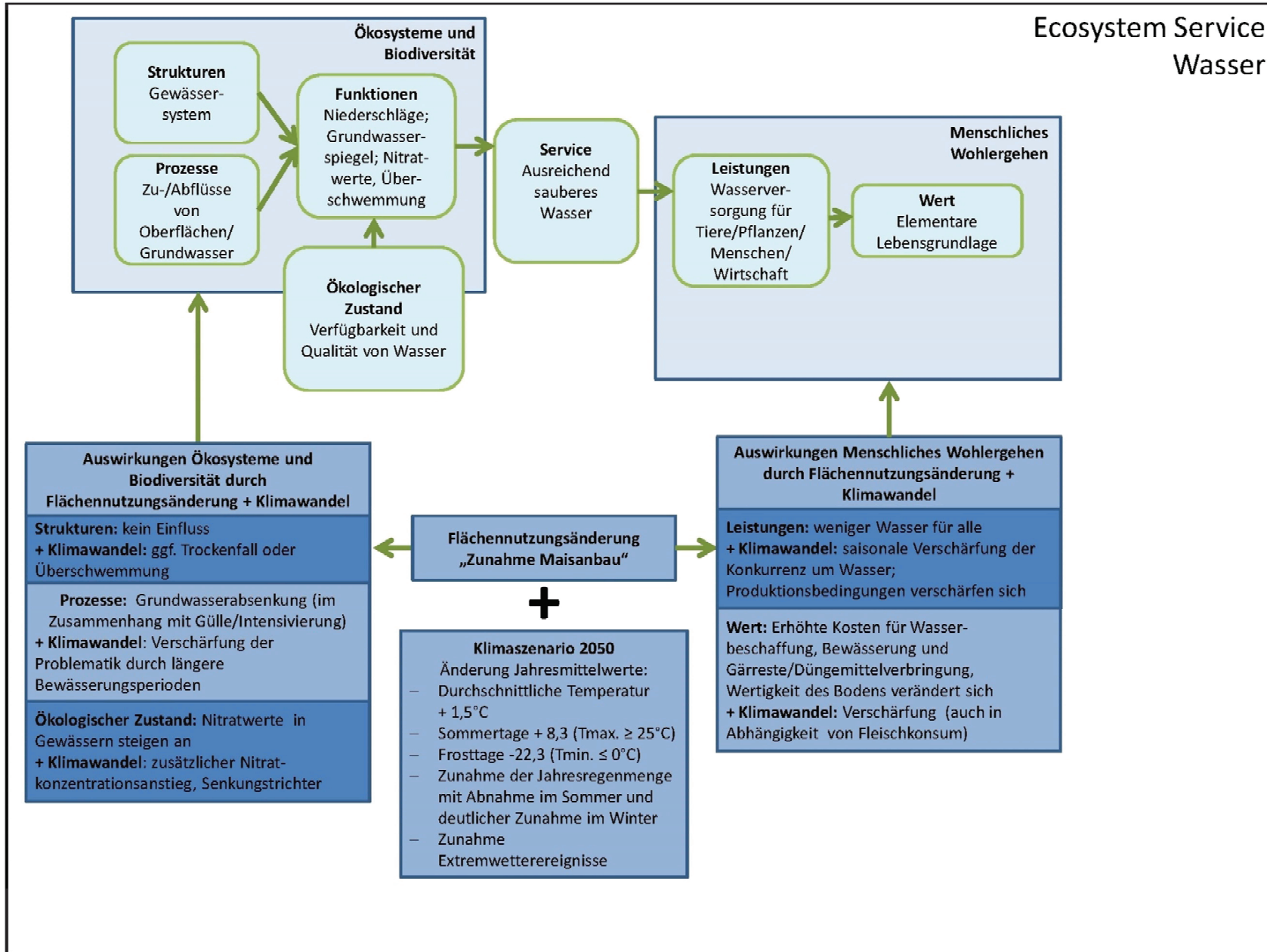


Abbildung 11: Ökosystemdienstleistung Wasser (eigene Darstellung)

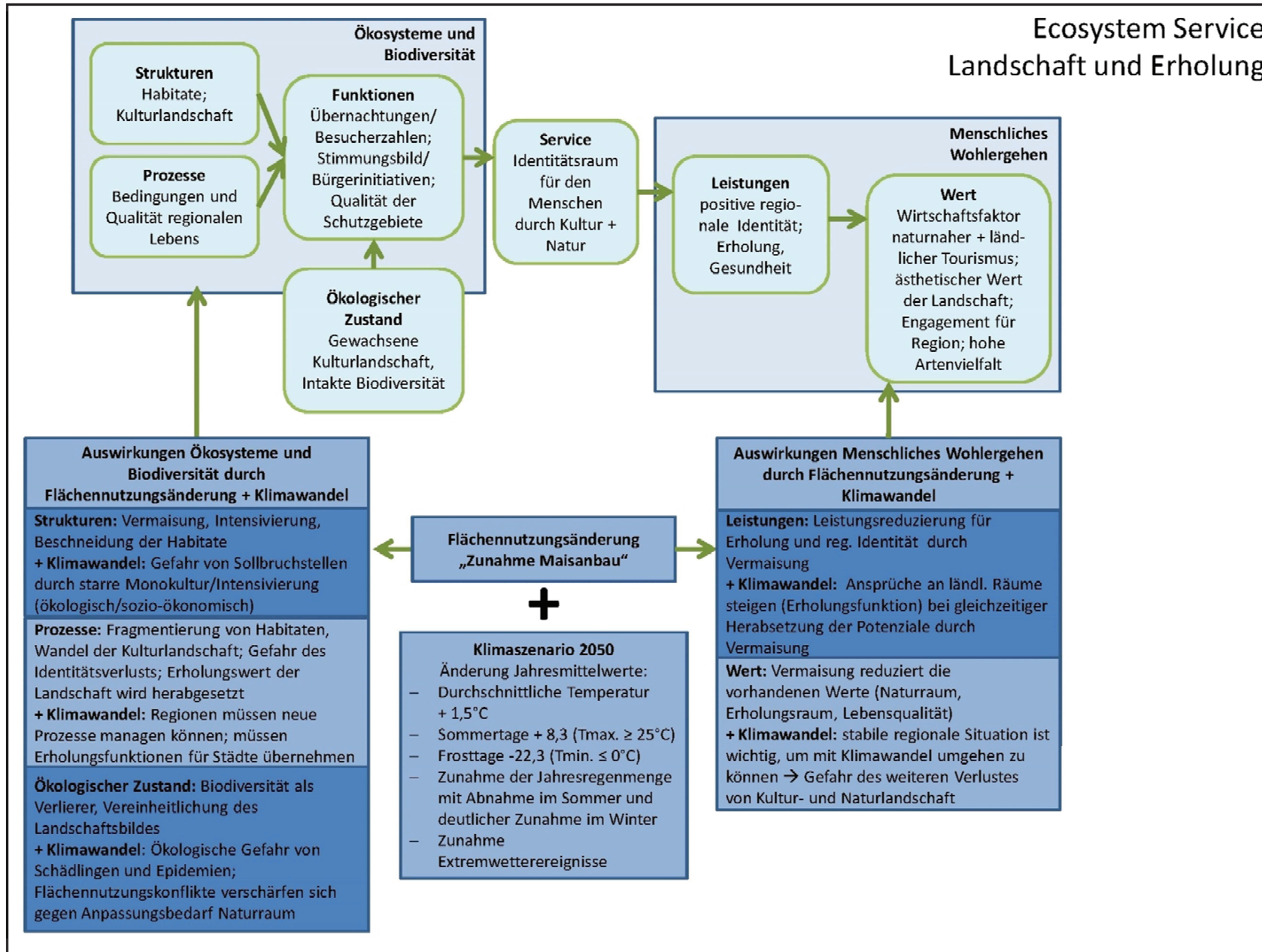


Abbildung 12:
Ökosystemdienst-
leistung
Landschaft und
Erholung (eigene
Darstellung)

Tabelle 1: Überblick möglicher Indikatoren für das Anwendungsbeispiel sowie Datenquellen für Ökosystemdienstleistungen (eigene Darstellung)

Ökosystemdienstleistung	Mögliche Indikatoren	Datenquelle
Bodenproduktivität	Ertragsmesszahl	Agrarstatistisches Kompendium 2011
	Ha Erträge; kWh pro ha	Agrarstatistisches Kompendium 2011
	Anzahl der Betriebe	Agrarstatistisches Kompendium 2011
	Größe der Betriebe	Agrarstatistisches Kompendium 2011
	Art der Betriebe; Produktionszweig	Agrarstatistisches Kompendium 2011
	Anzahl Biogasanlagen	http://www.energymap.info/energieregionen/DE/105/116/178/589.html (zuletzt abgerufen am 02.04.2013)
	Installierte MW Biogasanlagen	http://www.energymap.info/energieregionen/DE/105/116/178/589.html (zuletzt abgerufen am 02.04.2013)
	Anfallende Güllemengen	Landwirtschaftskammer /OOWV
Wasser	Grundwasserqualität	Fließgewässergemeinschaft Ems; Internationaler Bewirtschaftungsplan nach Artikel 13 Wasserrahmenrichtlinie für die Flussgebietseinheit Ems (Bewirtschaftungszeitraum 2010-2015) Interviews, Workshops
	Fließgewässerqualität	
	Maßnahmenkulisse Nitratreduktion	
	Entnahmemengen von Wasser für die Produktion	
	Engpässe in der Wasserverfügbarkeit gewerblich/privat	
Landschaft und Erholung	Tagestouristen	Mündliche Aussagen LK Cloppenburg
	Übernachtungszahlen	Mündliche Aussagen LK Cloppenburg
	Touristische Schwerpunktgebiete	Internetseite LK Cloppenburg; mündliche Aussagen LK Cloppenburg
	Lage und Qualität von Schutzgebieten für Biodiversität	Shapes Schutzgebiete http://www.umwelt.niedersachsen.de/service/umweltkarten/natur_landschaft/natura_2000/natura-2000-europaeische-vogelschutzgebiete-und-gemeldete-ffh-gebiete-in-niedersachsen-9124.html (zuletzt abgerufen am 02.04.2013)
	Initiativen und Maßnahmen zum Schutz der Kulturlandschaft	Medienanalyse (Zeitungsartikel, Workshops, Interviews)

6. Literaturverzeichnis

- ADAPTATION AND RESILIENCE TO A CHANGING CLIMATE (ARCC) & COORDINATION NETWORK (ACN) (Adaptation and Resilience to a Changing Climate) (2010): Adaptation and Resilience to a Changing Climate Recommendations for future research priorities in the UK Energy Sector and its Infrastructure July.
- AKAMP, M. & H. SCHATTKE (2011): Regionale Vulnerabilitätsanalyse der Ernährungswirtschaft im Kontext des Klimawandels - eine Wertschöpfungskettenbetrachtung der Fleischwirtschaft in der Metropolregion Bremen-Oldenburg. nordwest2050-Werkstattbericht, Oldenburg.
- ANDERSON, M., M. APPLEBY, M. LEFORT, P. LUTMAN & J. STONE (2009): Summary for Decision Makers of the North America and Europe (NAE) Report. Washington DC.
- AURICHER ERKLÄRUNG (Carl von Ossietzky Universität Oldenburg) (2013): Auricher Erklärung. Erarbeitet auf der Fachtagung "Klimaangepasste Landnutzung im Nordwesten - Lösungsansätze rund um die Ernährungswirtschaft" 5. Februar 2013. Oldenburg.
http://www.nordwest2050.de/index_nw2050.php?obj=file&aid=8&id=362&unid=73a16b8f7c11bc5044600a4b29006c08.
- BAJRACHARYA, B., I. CHILDS & P. HASTINGS (2011): Climate change adaptation through land use planning and disaster management: Local government perspectives from Queensland. 17th Pacific Rim Real Estate Society Conference Climate change and property: Its impact now and later 16-19 January 2011, Gold Coast.
- BEDDINGTON, J., M. ASADUZZAMAN, M. CLARK, A. FERNÁNDEZ, M. GUILLOU, M. JAHN, L. ERDA, T. MAMO, N. VAN BO, C. A. NOBRE, R. SCHOLLES, R. SHARMA & J. WAKHUNGU (2012): Achieving food security in the face of climate change: Final report from the Commission on Sustainable Agriculture and Climate Change. GIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS), Copenhagen, Denmark.
- BENNETT, A. T. D., R. BEILIN, M. BUXTON & ET.AL. (2012): Integrated landscape management for a changing climate Climate Adaptation for Decision-Makers. Policy Brief, Victorian Centre for Climate Change Adaptation Research - University of Melbourne, Carlton, March.
- BINO, G., K. JENKINS & R. KINGSFORD (2013): Adaptive management of Ramsar wetlands: Final Report. National Climate Change Adaptation Research Facility, Gold Coast.
- BMU (Bundesministerium für Umwelt Naturschutz und Reaktorsicherheit,) (2010): Indikatorenbericht 2010 zur Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt. Berlin.
- BMVBS (Bundesministerium für Verkehr Bau und Stadtentwicklung,) (2011): 30-ha-Ziel realisiert Konsequenzen des Szenarios Flächenverbrauchsreduktion auf 30 ha im Jahr 2020 für die Siedlungsentwicklung. Forschungen, Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR), Bonn.
- BOMMERT, W. (2009): Kein Brot für die Welt, Riemann, München.
- BOMMERT, W. (2012): Bodenrausch. Die globale Jagd nach den Äckern der Welt, Köln.
- BUNDESREGIERUNG (2012): Nationale Nachhaltigkeitsstrategie Fortschrittsbericht 2012. Berlin.
- BUNDESVERBAND DER GEMEINNÜTZIGEN LANDGESELLSCHAFTEN (2012): Energiewende – Chancen und Risiken für Landwirtschaft und Agrarstruktur. LANDENTWICKLUNG AKTUELL, Ausgabe 2012, Berlin
- BURKHARD, B., F. KROLL, S. NEDKOV & F. MÜLLER (2012): Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. Ecological Indicators 21 (2012): 17-29.
- CAMPBELL, A. (2008): Managing Australian Landscapes in a Changing Climate: A climate change primer for regional Natural Resource Management bodies: Report to the Department of Climate Change. Canberra.
- CASH, D., W. N. ADGER, B. FIKRET, P. GARDEN, L. LEBEL, P. OLSSON, L. PRITCHARA & O. YOUNG (2006): Scale and Cross-Scale Dynamics: Governance and Information in a Multilevel World. Ecology and Society 11 (2).
- CHESHIRE, P. (2010): Urban Land Market and Policy Failures. LSE School of Economics, London.
- CHESHIRE, P. & W. VERMEULEN (2009): Land Markets and their Regulation: The Economic Impacts of Planning International handbook of urban policy, vol. II: issues in the developed world., GEYER, H. S. Edward Elgar, Cheltenham, UK. 151-192.
- COMMONWEALTH OF AUSTRALIA (2010): Ahead of the Game: Blueprint for the Reform of Australian Government Administration.
- COMMONWEALTH OF AUSTRALIA (2013): Climate Adaptation Outlook: A Proposed National Adaptation

- Assessment Framework. Department of Industry, Innovation, Climate Change, Science, Research and Tertiary Education.
- COUMOU, D. & S. RAHMSTORF (2012): A decade of weather extremes. *Nature Climate Change* 2012 (2): 491-496.
- COWAN, C., C. EPPLE, H. KORN, R. SCHLIEP & J. STADLER (2009): Working with nature to Tackle Climate Change. BfN-Skripten 264, Bonn.
- DALE, V. H., R. A. EFROYMSON & K. L. KLINE (2011): The land use-climate change-energy nexus. *Landscape Ecol* 26: 755-773.
- DE GROOT, R., L. BRANDER, S. VAN DER PLOEG, R. COSTANZA, F. BERNARD, L. BRAAT, M. CHRISTIE, N. CROSSMAN, A. GHERMANDI, L. HEIN, S. HUSSAIN, P. KUMAR, A. MCVITTIE, R. PORTELA, L. C. RODRIGUEZ, P. TEN BRINK & P. VAN BEUKERING (2012): Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. *Ecosystem Services* 1 (1): 50-61.
- DIAZ, S., S. LAVOREL, F. DE BELLO, F. QUETIER, K. GRIGULIS & T. M. ROBSON (2007): Incorporating plant functional diversity effects in ecosystem service assessments. *Proc Natl Acad Sci U S A* 104 (52): 20684-20689.
- DYER, G. (2010): Schlachtfeld Erde - Klimakriege im 21. Jahrhundert, Klett-Cotta Verlag, Stuttgart.
- EBINGER, J. & W. VERGARA (2011): Climate Impacts on Energy Systems. Key Issues for Energy Sector Adaptation. The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank, Washington D.C.
- EDENHOFER, O., H. LOTZE-CAMPEN, J. WALLACHER & M. REDER (2010): Global aber gerecht. Klimawandel bekämpfen, Entwicklung ermöglichen ; ein Report des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung und des Instituts für Gesellschaftspolitik München, München.
- ERB, K., H. HABERL & F. KRAUSMANN (2009): Eating the Planet? Feeding and fuelling the world sustainably, fairly and humanely. A scoping study. Wien.
- ERIKSEN, S., P. ALDUNCE, C. S. BAHINIPATI, M. D'ALMEIDA & ET AL. (2011): When not every response to climate change is a good one: Identifying principles for sustainable adaptation. *Climate and Development* 3: 7-20.
- ERIKSEN, S. & K. BROWN (2011): Sustainable adaptation to climate change. *Climate and Development* 3: 3-6.
- FISHER, B. & M. CHRISTIE (2010): Integrating the ecological and economic dimensions in biodiversity and ecosystem service evaluation. In: KUMAR, P.: The Economics of Ecosystems and Biodiversity: The Ecological and Economic Foundations, TEEB.
- FISHER, B., R. K. TURNER & P. MORLING (2009): Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecological Economics* 68 (3): 643-653.
- FLESKENS, L. & K. HUBACEK (2013): Modelling land management for ecosystem services. *Regional Environmental Change* 13 (3): 563-566.
- FOOD WATCH (2011): Die Hungermacher. Wie Deutsche Bank, Goldman Sachs & Co. auf Kosten der Ärmsten mit Lebensmitteln spekulieren.
- FORSTNER, B., A. TIETZ, K. KLARE, W. KLEINHANSS & P. WEINGARTEN (2011): Aktivitäten von nichtlandwirtschaftlichen und überregional ausgerichteten Investoren auf dem landwirtschaftlichen Bodenmarkt in Deutschland. Endbericht. Johann Heinrich von Thünen-Institut 352.
- GRIN, J., J. ROTMANS & J. W. SCHOT (2010): Transitions to sustainable development: New directions in the study of long term transformative change, Routledge, New York.
- HARVEY, M. & S. PILGRIM (2010): The new competition for land: Food, energy, and climate change. *Food Policy* doi:10.1016/j.foodpol.2010.11.009.
- HEKKERT, M. P., S. R. A. A & E. AL. (2007): Functions of innovation systems. *Technological Forecasting and Social Change* 74 (4): 413-432.
- HISAS, L. (2011): The Food Gap. The Impacts of Climate Change on Food Production: A 2020 Perspective. Alexandria, USA.
- HOOPER, D., I. CHAPIN, J. EWEL, A. HECTOR, P. INCHAUSTI, S. LAVOREL, J. LAWTON, D. LODGE, M. LOREAU, S. NAEEM, B. SCHMID, H. SETAELAE, A. SYMSTAD, J. VANDERMEER & D. WARDLE (2005): Effects of Biodiversity on Ecosystem Functioning: A Consensus of Current Knowledge. *Ecological Monographs* 2005 (75): 3-35.
- HORAN, R. D., E. P. FENICHEL, K. L. DRURY & D. M. LODGE (2011): Managing ecological thresholds in coupled environmental-human systems. *Proc Natl Acad Sci U S A* 108 (18): 7333-7338.
- IDEL, A. (2010): Die Kuh ist kein Klima-Killer! Wie die Agrarindustrie die Erde verwüstet und was wir dagegen tun können, Metropolis-Verlag, Marburg.
- KARLSTETTER, N. (2011): Co-evolution and co-management of economic and ecological sustainability

- In: GOLINSKA, P., M. FERTSCH & J. MARX-GÓMEZ: Information Technologies in Environmental Engineering. Environmental Science and Engineering, Springer, Berlin Heidelberg, 3, 213–228.
- KARLSTETTER, N. (2012): Unternehmen in Koevolution - Ein Regulierungsansatz für regionale Flächennutzungskonflikte. Theorie der Unternehmung.
- KARLSTETTER, N. & R. GASPER (2012): Methodische Herausforderungen in der Entwicklung von Klimaanpassungsoptionen für den Agrarsektor in Nordwestdeutschland. Oekologisches Wirtschaften (September).
- KARLSTETTER, N., J. OBERDÖRFFER & U. SCHEELE (2012): Land availability as a limit to climate adaptation in the energy and food sector: new approaches to overcome land use conflicts III International Conference of CABERNET 2012 Managing Urban Land ; VI International Conference Innovative Solutions for Revitalization of Degraded Areas; 2 – 4th of October 2012 Ustroń.
- KARLSTETTER, N., J. OBERDÖRFFER & U. SCHEELE (2013): Indikatorenentwicklung für skalenübergreifende Transformationsprozesse am Beispiel nachhaltige Klimaanpassung in der Landnutzung 5. BUIS-Tage: IT-gestütztes Ressourcen- und Energiemanagement, 15. Tagung der Fachgruppe Betriebliche Umweltinformationssysteme der Gesellschaft für Informatik e.V, Oldenburg.
- KENWARD, R. E., M. J. WHITTINGHAM, S. ARAMPATZIS, B. D. MANOS, T. HAHN, A. TERRY, R. SIMONCINI, J. ALCORN, O. BASTIAN, M. DONLAN, K. ELWE, F. FRANZEN, Z. KARACSONYI, M. LARSSON, D. MANOU, I. NAVODARU, O. PAPADOPOULOU, J. PAPATHANASIOU, A. VON RAGGAMBY, R. J. SHARP, T. SODERQVIST, A. SOUTUKORVA, L. VAVROVA, N. J. AEBISCHER, N. LEADER-WILLIAMS & C. RUTZ (2011): Identifying governance strategies that effectively support ecosystem services, resource sustainability, and biodiversity. Proc Natl Acad Sci U S A 108 (13): 5308-5312.
- KNOCHE, G., B. LÜNENBÜRGER, B. HAIN & K. MÜSCHEN (2009): Konzeption des Umweltbundesamtes zur Klimapolitik: Notwendige Weichenstellungen 2009. Dessau-Roßlau.
- KOSCHKE, L., C. FÜRST, S. FRANK & F. MAKESCHIN (2012): A multi-criteria approach for an integrated land-cover-based assessment of ecosystem services provision to support landscape planning. Ecological Indicators 21 (October 2012): 54-66.
- KREFT, S. (2009): Klimawandel in Norddeutschland. Bonn.
- KRÖCHER, U., U. SCHEELE, A. BRANDT & D. VOßEN (2013): Potenzialstudie Energieregion Nordwest. Studie im Rahmen des Hansa Energy Corridor HEC. Oldenburg.
- LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NIEDERSACHSEN (2011): Agrarstatistisches Kompendium 2011. Struktur und Entwicklung der niedersächsischen Landwirtschaft in Zahlen und Beiträgen.
- LENFERINK, S. & J. P. VAN LOON (2007): Energy Cascading as a Spatial Concept. An Analysis of Essential Conditions for Energy Projects and Spatial Concepts. Faculty of Spatial Sciences University of Groningen, Groningen, May.
- MAES, J., B. EGOH, L. WILLEMEN, C. LIQUETE, P. VIHERRAARA, J. P. SCHÄGNER, B. GRIZZETTI, E. G. DRAKOU, A. LA NOTTE, G. ZULIAN, F. BOURAOU, L. PARACCHINI, L. BRAAT & G. BIDOGLIO (2012): Mapping ecosystem services for policy support and decision making in the European Union. Ecosystem Services 1 (2012): 31-39.
- MALER, K. G., S. ANIYAR & A. JANSSON (2008): Accounting for ecosystem services as a way to understand the requirements for sustainable development. Proc Natl Acad Sci U S A 105 (28): 9501-9506.
- MARON, H., H. KLEMISCH & B. MARON (2011): Marktakteure Erneuerbare – Energien - Anlagen in der Stromerzeugung. Studie im Rahmen des Forschungsprojektes: Genossenschaftliche Unterstützungsstrukturen für eine sozialräumliche Energiewirtschaft. Klaus Novy Institut & trend:research, Köln, August.
- MCBRIDE, A. C., V. H. DALE, L. M. BASKARAN, M. E. DOWNING, L. M. EATON, R. A. EFROYMSON, C. T. GARTEN, K. L. KLINE, H. I. JAGER, P. J. MULHOLLAND, E. S. PARISH, P. E. SCHWEIZER & J. M. STOREY (2011): Indicators to support environmental sustainability of bioenergy systems. Ecological Indicators 11 (5): 1277-1289.
- MCDONALD, R. I., J. FARGIONE, J. KIESECKER, W. M. MILLER & J. POWELL (2009): Energy Sprawl or Energy Efficiency: Climate Policy Impacts on Natural Habitat for the United States of America. PLoS ONE 4(8): e6802. doi:10.1371/journal.pone.0006802.
- MCGINNIS, M. D. (2011): Networks of Adjacent Action Situations in Polycentric Governance. Policy Studies Journal 39 (1): 51-78.
- MCINTYRE, B. (2009): Global Report. Island Press, Washington, DC.
- MCLAUGHLIN, R. B. (2012): Land use regulation: Where have we been, where are we going? Cities 29:

- S50-S55.
- MORRISON, J. & P. SCHULTE (2010): Corporate Water Accounting – An Analysis of Methods and Tools for Measuring Water Use and Its Impacts. Oakland, (USA).
- MU, J. E., A. M. WEIN & B. A. MCCARL (2013): Land use and management change under climate change adaptation and mitigation strategies: a U.S. case study. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*.
- MÜLLER, F. & B. BURKHARD (2012): The indicator side of ecosystem services. *Ecosystem Services* 1 (1): 26-30.
- NITSCH, J. (2008): Weiterentwicklung der Ausbaustrategie Erneuerbare Energien vor dem Hintergrund der aktuellen Klimaschutzziele Deutschlands und Europas. Leitstudie. http://www.bmu.de/erneuerbare_energien/downloads/38787.
- NITSCH, J., W. KREWITT, M. NAST & P. VIEBAHN (2004): Ökologisch optimierter Ausbau der Nutzung Erneuerbarer Energien in Deutschland. Stuttgart, Heidelberg, Wuppertal.
- NIW (Niedersächsisches Institut für Wirtschaftsforschung,) (2010): Regionalbericht Norddeutschland 2010. Aktuelle wirtschaftliche Entwicklungen in den Regionen von Schleswig-Holstein, Niedersachsen und den angrenzenden Hansestädten sowie in den 16 Bundesländern. Hannover.
- NIW (Niedersächsisches Institut für Wirtschaftsforschung) (2012): Regionalmonitoring Niedersachsen Regionalreport 2012. Positionierung und Entwicklungstrends ländlicher und städtischer Räume. Hannover.
- OLESEN, J. E. & M. BINDI (2002): Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy. *European Journal of Agronomy* 16 (4): 239-262.
- OUTKA, U. (2011): The renewable energy footprint. *Stanford Environmental Law Journal* (January).
- OUTKA, U. (2012): The Energy - Land Use Nexus. *Journal of Land Use* 27 (2): 245-257.
- PARACCHINI, L., C. PACINI, M. JONES & M. PEREZ-SOBA (2011): An aggregation framework to link indicators associated with multifunctional land use to the stakeholder evaluation of policy options. *Ecological Indicators* 11 (2011): 71-80.
- PERFECTO, I. & J. VANDERMEER (2010): The agroecological matrix as alternative to the land-sparing/agriculture intensification model. *Proc Natl Acad Sci U S A* 107 (13): 5786-5791.
- PFRIEM, R. & N. KARLSTETTER (2010): Bestandsaufnahme: "Kriterien zur Regulierung von Flächennutzungskonflikten zur Sicherung der Ernährungsversorgung". 4. Werkstattbericht Nordwest2050, Oldenburg.
- PRIMMER, E. & E. FURMAN (2012): Operationalising ecosystem service approaches for governance: Do measuring, mapping and valuing integrate sector-specific knowledge systems? *Ecosystem Services* 1 (1): 85-92.
- RAUDSEPP-HEARNE, C., G. D. PETERSON & E. M. BENNETT (2010): Ecosystem service bundles for analyzing tradeoffs in diverse landscapes. *Proc Natl Acad Sci U S A* 107 (11): 5242-5247.
- RAWORTH, K. (2012): A Safe and Just Space for Humanity Can we live within the doughnut? Oxfam Discussion Papers, Oxfam International, Oxford.
- RIBAUDO, M., C. GREENE, L. HANSEN & D. HELLERSTEIN (2010): Ecosystem services from agriculture: Steps for expanding markets: Special Section - Payments for Ecosystem Services: From Local to Global. *Ecological Economics* 69 (11): 2085–2092.
- ROCKSTRÖM, J., W. STEFFEN, K. NOONE, A. PERSSON, F. CHAPIN, E. LAMBIN, T. LENTON, M. SCHEFFER, C. FOLKE, H.-J. SCHELLNHUBER, B. NYKVIST, C. DE WIT & E. AL. (2009): Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operatin Space for Humanity. *Ecology and Society* 14 (2): 32.
- ROUNSEVELL, M. D. A., F. EWERT, I. REGINSTER, R. LEEMANS & T. R. CARTER (2005): Future scenarios of European agricultural land use: II. Projecting changes in cropland and grassland. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 107 (2-3): 117–113.
- ROWLANDS, D. J., D. J. FRAME, D. ACKERLEY, T. AINA, B. B. B. BOOTH, C. CHRISTENSEN, M. COLLINS, N. FAULL, C. E. FOREST, B. S. GRANDHEY, E. GRYSPEERDT, E. J. HIGHWOOD, W. J. INGRAM, S. KNIGHT, A. LOPEZ, N. MASSEY, F. MCNAMARA, N. MEINSHAUSEN, C. PIANI, S. M. ROSIER, B. M. SANDERSON, L. A. SMITH, D. A. STONE, M. THURSTON, K. YAMAZAKI, Y. HIRO YAMAZAKI & M. R. ALLEN (2012): Broad range of 2050 warming from an observationally constrained large climate model ensemble. *Nature Geoscience* 5 (4): 256-260.
- SAIFI, B. & L. DRAKE (2008): A coevolutionary model for promoting agricultural sustainability. *Ecological Economics* 65 (1): 24-34.
- SCHEELE, U. (2012): Stromnetze als NIMBY-Güter? Kompensationslösungen zur Verbesserung der Akzeptanz von Energieinfrastrukturen. *InfrastrukturRecht* 9 (11): 247-250.
- SCHEELE, U. & J. OBERDÖRFFER (2009): Die Küstenregion zwischen wirtschaftlicher Dynamik und

- Naturbewahrung: eine Bestandsaufnahme. ARSU Positionen "Die Küste boomt".
Ökonomische Perspektiven und ökologische Herausforderungen Heft 12: 6-23.
- SCHEELE, U. & J. OBERDÖRFFER (2011): Transformation der Energiewirtschaft: Zur Raumrelevanz von Klimaschutz und Klimaanpassung. 'nordwest2050' Werkstattbericht September 2011.
- SCHEELE, U. & J. OBERDÖRFFER (2013): Flächenmanagement vor großen Herausforderungen: die Energieregion Bremen-Oldenburg in Zeiten von Klimawandel und Klimaanpassung. 'nordwest2050'-Werkstattbericht (im Erscheinen). Oldenburg.
- SHELLNHUBER, H. (2010): Tragic triumph. *Climatic Change* 100 (1): 229–238.
- SCHUCHARDT, B. & S. WITTIG (2012): Vulnerabilität der Metropolregion Bremen-Oldenburg gegenüber dem Klimawandel (Synthesebericht). Bremen/ Oldenburg.
- SCHUCHARDT, B., S. WITTIG & J. SPIEKERMANN (2010a): Klimaszenarien für "nordwest2050". Teil 1: Grundlagen., Bremen.
- SCHUCHARDT, B., S. WITTIG & J. SPIEKERMANN (2010b): Klimaszenarien für "nordwest2050". Teil 2: Randbedingungen und Beschreibung. Bremen.
- SCHÜTTE, R. (2011): Maisanbau folgt Biogasanlagen.
- SIEFERLE, R. (2013): Im Gespräch: Rolf Peter Sieferle, Energiehistoriker, Uni Sankt Gallen "Naturparks werden verschwinden" Frankfurter Allgemeine, Frankfurt. 30.7.2013: 13.
- SMEETS, M. (2009): The green agricultural revolution. *Change - Climate Adaptation in Europe* 5 (3): 64-66.
- SPARKS, T. H., S. BUTCHART, A. BALMFORD & ET.AL. (2012): Linked indicator sets for addressing biodiversity loss. *Oryx* 45 (3): 411-419
- SYRBE, R. & U. WALZ (2012): Spatial indicators for the assessment of ecosystem services: Providing, benefiting and connecting areas and landscape metrics. *Ecological Indicators* 21: 80-88.
- TEUTEBERG, F. & J. C. MARX GÓMEZ (2010): Green Computing & Sustainability: Status Quo und Herausforderungen für betriebliche Umweltinformationssysteme der nächsten Generation. In: MARX GÓMEZ, J. C.: *Green computing & sustainability*, dpunkt-Verlag, Heidelberg, 6-17.
- THRÄN, D. & M. RODE (2009): Identifizierung strategischer Hemmnisse und Entwicklung von Lösungsansätzen zur Reduzierung der Nutzungskonkurrenzen beim weiteren Ausbau der energetischen Biomassenutzung: Kurztitel: Biomassekonkurrenzen (FKZ: 0327635), 1. Zwischenbericht. Leipzig.
- THUM, R. & F. WÄTZOLD (2007): Artenschutz durch handelbare Zertifikate? Grundgedanken des Konzepts und potenzielle Einsatzmöglichkeiten im deutschen Rechtssystem. *Natur und Recht* 2007 (29): 299-307.
- TRIVERS, A., C. ELRICK, R. KAY & O. VESTERGAARD (2012): *Ecosystems Based Adaptation: Moving from Principles to Practice*. Working Document, UNEP, Nairobi April
- UNDERDAL, A. (2010): Complexity and challenges of long-term environmental governance: Governance, Complexity and Resilience. *Global Environmental Change* 20 (3): 386–393.
- UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE SECRETARIAT (UNFCCC) (2010): An overview from the Nairobi work programme on impacts, vulnerability and adaptation to climate change. Nairobi.
- VERBAND DEUTSCHER PFANDBRIEFBANKEN (2013): Zur Entwicklung und Regionalstruktur der Preise für landwirtschaftliche Flächen in Deutschland. vdp spotlight immobilien, Berlin, März.
- VON GLEICH, A., S. GÖBLING-REISEMANN, B. LUTZ-KUNISCH, S. STÜHRMANN & J. WACHSMUTH (2011): Energiewirtschaft. In: SCHUCHARDT, B., S. WITTIG & J. SPIEKERMANN: *Vulnerabilität der Metropolregion Bremen-Oldenburg gegenüber dem Klimawandel (Synthesebericht)*, Bremen.
- WALKER, W., M. HAASNOOT & J. KWAKKEL (2013): Adapt or Perish: A Review of Planning Approaches for Adaptation under Deep Uncertainty. *Sustainability* 5 (3): 955-979.
- WARNKE, M., E. WITTRICK & P. SCHÜTTE (2013): Was bringt die Bundeskompensationsverordnung? Der Verordnungsentwurf des BMU aus Sicht des Planers. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 2013 (45): 207-212.
- WIEHE, J., E. V. RUSCHKOWSKI, M. RODE, H. KANNING & C. V. HAAREN (2009): Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus auf die Landwirtschaft - Am Beispiel des Maisanbaus für die Biogasproduktion in Niedersachsen. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 4 (4): 107- 113.
- WILKE, C. (2013): Metropolregion Nordwest. Chancen erkennen - Potenziale nutzen. *HWWI INSIGHTS* 2013 (5).
- WILKE, C., J. BACHMANN, G. HAGE & S. HEILAND (2011): Planungs- und Managementstrategien des Naturschutzes im Lichte des Klimawandels. *Naturschutz und Biologische Vielfalt* 109.
- WINTER, M. (2009): Agricultural land use in the era of climate change: The challenge of finding 'Fit for Purpose' data. *Land Use Policy* 26S: S217–S221.

- WOODS, A. (2009): Securing Integrated Land Management. Issues for policy, research and rural communities from the Relu programme. Rural Economy and Land Use Programme, Newcastle Upon Tyne, January. <http://www.relu.ac.uk/>.
- YOUNG, O. R. (2011): Effectiveness of international environmental regimes: existing knowledge, cutting-edge themes, and research strategies. Proc Natl Acad Sci U S A 108 (50): 19853-19860.