



Klimabedingte Biodiversitätsveränderungen in limnischen Systemen – eine Diskursfeldanalyse

Stefan Liehr^{1,2}, Katharina Selbmann^{1,2}

¹ Projektbereich F Ergebnis-Transfer und sozial-ökologische Aspekte klimabedingter Biodiversitätsveränderungen

² Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE)

Abstract: The Knowledge Flow Paper on hand is linking a problem-oriented discourse field analysis to the broader subject of climatically caused changes of freshwater systems and their biodiversity. This synthesis is a first step towards a better understanding of the impacts of climate change on biodiversity in freshwater systems, which are too little investigated and understood compared to terrestrial ecosystems. Following a brief introduction of the method, the main arenas are being presented and in a second step strands of discourse will be identified. The aim of the analysis is to identify priority issues, key actors and their positions, to distinguish undisputed knowledge of contested knowledge as well as to point out possible future research questions – as formulated by the actors or deduced from analysing contested knowledge. Finally, we will draw conclusions within this field of climatically caused changes of freshwater ecosystems to provide an orientation for a further involvement of the research centre in cross-cutting issues and aims of intervention into the discourse.

Einleitung

Klimawandel und Biodiversitätsverlust sind zentrale Zukunftsprobleme der Menschheit. Das LOEWE Biodiversität und Klima Forschungszentrum (BiK^F) hat das Ziel, Wechselwirkungen zwischen Klimawandel und Biodiversität zu entschlüsseln und wissenschaftliche Grundlagen für Entscheidungsprozesse zum angepassten und nachhaltigen Management der natürlichen Ressourcen zu liefern. Um gezielte Interventionen in den öffentlichen Diskurs vorzubereiten, muss der allgemeine Diskurs in dem betrachteten Problemfeld aufgearbeitet werden. Voraussetzung dafür ist ein fundiertes Wissen über die Auswirkungen des Klimawandels auf die Biodiversität.

Im Vergleich zu terrestrischen Ökosystemen ist die Biodiversität limnischer Ökosysteme relativ wenig untersucht und die mit ihr verbundenen Wechselwirkungen und Prozesse somit noch nicht ausreichend verstanden. Jedoch ist die Biodiversität limnischer Systeme aufgrund einer Vielzahl von (belastenden) Einflussfaktoren besonders gefährdet (Chantepie *et al.* 2011; Dudgeon *et al.* 2006). Laut dem Living Planet Index, einem zusammengesetzten Indikator von Entwicklungen in Artenpopulationen, sind alle Entwicklungen rückläufig, wobei die Süßwasserhabitats die höchsten Rückgangsraten verzeichnen (MEA 2005a).

Untersuchungen im südlichen Australien haben gezeigt (Bardsley 2006), dass die Biodiversität limnischer Systeme sensibler auf Klimaveränderungen reagiert und sich schlechter an die veränderten klimatischen Gegebenheiten anpassen kann als die Biodiversität terrestrischer Systeme. Auch weisen die Untersuchungen darauf hin, dass der aquatische Biodiversitätsverlust den Verlust in terrestrischen Systemen deutlich übersteigt (Sala *et al.* 2000). Die Vulnerabilität der menschlichen Gesellschaft hängt letztlich stark von ihrer Fähigkeit zur Anpassung an die Veränderungen wie auch von ihrer Art der Abhängigkeit von den natürlichen Ressourcen ab (Bradsley 2006; Vörösmarty *et al.* 2010).

Der gegenwärtig beobachtete Verlust von limnischen Systemen und ihren Arten ist in starkem Maße auf das Eingreifen des Menschen durch Infrastrukturmaßnahmen, Landumformung, Wasserentzug, Verschmutzung, Überfischung und die Einführung invasiver Arten zurückzuführen. In den nächsten 50 Jahren wird nach gegenwärtigen Abschätzungen der Klimawandel neben steigenden Nährstoffeinträgen durch die Landwirtschaft der entscheidende Treiber für den globalen Biodiversitätsverlust sein (MEA 2005a). Im Ver-

Die vorliegende Arbeit wurde durch das Forschungsförderungsprogramm „LOEWE – Landes-Offensive zur Entwicklung Wissenschaftlich-ökonomischer Exzellenz“ des Hessischen Ministeriums für Wissenschaft und Kunst finanziell unterstützt.

gleich zu terrestrischen Ökosystemen sind marine und limnische Systeme noch immer deutlich schlechter geschützt und es besteht diesbezüglich ein dringender Handlungsbedarf. Die Ziele des Biodiversitätserhalts sind hierbei mit den Zielen des Klimaschutzes und der Klimaanpassung sowie mit den Zielen der Gewässerbewirtschaftung möglichst synergetisch zu verbinden. Unsicherheiten über die regionalen Ausprägungen des Klimawandels, seine Auswirkungen auf die aquatische Biodiversität und letztlich die Folgen für Dienstleistungen der betroffenen Ökosysteme für die Gesellschaft müssen in zukünftigen Managementkonzepten berücksichtigt werden.

Mit dem Ziel, den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern im LOEWE Biodiversität und Klima Forschungszentrum (BiK^F) einen breiteren Einblick in den Diskurs zu den Auswirkungen des Klimawandels auf die Biodiversität limnischer Systeme zu geben und damit auch Ansatzpunkte für potenzielle Forschungsthemen aufzuzeigen, wurde eine problemorientierte Diskursfeldanalyse (DFA) durchgeführt. Dabei wurden prioritäre Themen identifiziert, relevante Akteure und ihre Positionen typisiert und umstrittenes Wissen und Wissenskonflikte bestimmt. Die Analyse zielt somit darauf, Hinweise für zukünftige Arbeiten in BiK^F zu liefern und dabei auch eine strukturierte Wissensgrundlage für das weitere Vorgehen im Bereich klimabedingter Biodiversitätsveränderungen in limnischen Systemen zu bieten. Durch die Ergebnisse der Analyse soll die thematische Anschlussfähigkeit des Forschungszentrums an die internationale Debatte verbessert und abgesichert werden.

Vorgehensweise

Klimabedingte Biodiversitätsveränderungen in limnischen Systemen sind durch verschiedenste und zum Teil auch komplexe Wirkungsbeziehungen auf unterschiedlichen räumlichen und zeitlichen Skalen geprägt. Zudem steht dieses Wirkungsgeflecht in einer wachsenden Abhängigkeit von gesellschaftlichem Handeln und Entscheiden. Ziel einer problemorientierten Diskursfeldanalyse ist es, prioritäre Themen, zentrale Akteure und ihre Positionen in einem abgegrenzten Diskursfeld systematisch zu identifizieren und dabei sicheres von unsicherem Wissen zu unterscheiden bzw. umstrittenes Wissen innerhalb der Gesellschaft und zwischen Gesellschaft und Wissenschaft zu bestimmen. Ferner ist sie geeignet, Hinweise zu liefern, wo der gesellschaftliche und wissenschaftliche Handlungsbedarf gesehen wird. Insgesamt sind die Ergebnisse der Diskursfeldanalyse auch ein Instrument zum Erkennen der gesellschaftlichen Relevanz einzelner Projekte und

bearbeiteter Themen (Jahn/Lux 2009). Konkret bedeutet dies:

- Identifizieren der prioritären Themen & zentralen Akteure und ihre Positionen im Diskursfeld,
- Unterscheiden von sicherem/unsicherem Wissen bzw. Bestimmung der innerhalb und zwischen Gesellschaft und Wissenschaft umstrittenen Wissensbestände,
- Erkennen aufkeimender Themen und Identifizieren von Handlungs- und Forschungsbedarf.

Für die Analyse des Diskursfelds „Klimabedingte Biodiversitätsveränderungen in limnischen Systemen“ wurden nach Rücksprache mit Experten aus BiK^F zunächst Artikel und Berichte der Zeitschriften *Biodiversity and Conservation* (Jan. 2008 bis Feb. 2011), *Nature* (Jan. 2008 bis Dez. 2010), *Hydrobiologia* (Apr. 2009 bis Okt. 2009), *PNAS* (Jan. 2005 bis Dez. 2010), und *Science* (Jan. 2008 bis Dez. 2010) als wissenschaftliche Diskursarenen gewählt. Letztlich wurden wegbereitende wissenschaftliche Arbeiten aus den Natur- und Sozialwissenschaften erfasst, die sich dem Thema der biologischen Vielfalt, aber auch dem praktischen Naturschutz und ökonomischen, sozialen und politischen Fragen widmen. Die Angaben nach den Journals in Klammern geben die systematisch ausgewerteten Zeiträume an.

In der Analyse wurden zunächst alle Artikel in den angegebenen Zeiträumen auf ihren unmittelbaren Bezug zu den Schlagworten „*biodiversity*“, „*climate*“ und „*water*“ hin untersucht. Waren alle drei Begriffe vorhanden, wurde überprüft, ob sich die Begriffe inhaltlich aufeinander beziehen, limnische Systeme und damit Süßwasser-Ökosysteme adressieren und der Text für die Analyse brauchbar ist. Der Inhalt der Artikel wurde unter Betrachtung der Akteure auf relevante Schlagwörter und Themenfelder hin ausgewertet. Ergänzend wurden Einzelartikel aus wissenschaftlichen Fachzeitschriften über die Suchmaschine der elektronischen Zeitschriftenbibliothek der Goethe-Universität Frankfurt am Main mittels der gleichen Methode gesucht. Eine Internetrecherche diente zur Erfassung nicht-wissenschaftlicher Akteursgruppen. Dabei handelt es sich um Veröffentlichungen von Einrichtungen in unmittelbarer Nähe zur Politik oder Politikberatungsgruppen sowie um weitere gesellschaftliche Akteure wie Nichtregierungsorganisationen (NGOs) oder wirtschaftsnahe Akteure mit themenbezogenen Berichten, Workshopdokumentationen, Fachbeiträgen und Positionspapieren. Daraus resultieren die drei Akteursgruppen mit ihren spezifischen Veröffentlichungsmedien als Diskursarenen (siehe Abb. 1). Es wurden 47 wissenschaftliche, 12 politiknahe und 5 Texte weiterer gesellschaftlicher Akteure, also insgesamt 64 Texte analysiert.

Als Akteursgruppen werden Akteure aus dem Wissenschaftsbereich, dem Policy-Bereich und dem weiteren gesellschaftlichen Bereich unterschieden. Analyisierte Beiträge aus dem Wissenschaftsbereich umfassen Publikationen in wissenschaftlichen Journals und ein

ansprechen. Alle vier Gruppen von Diskurssträngen sind durch Überlappungen gekennzeichnet. So wirken sich zum Beispiel die Effekte von Managemententscheidungen auf die Biotope und deren Arten aus. Auch Erkenntnisse zu ökosystem- und artspezifischen

Akteursgruppen und Diskursarenen:

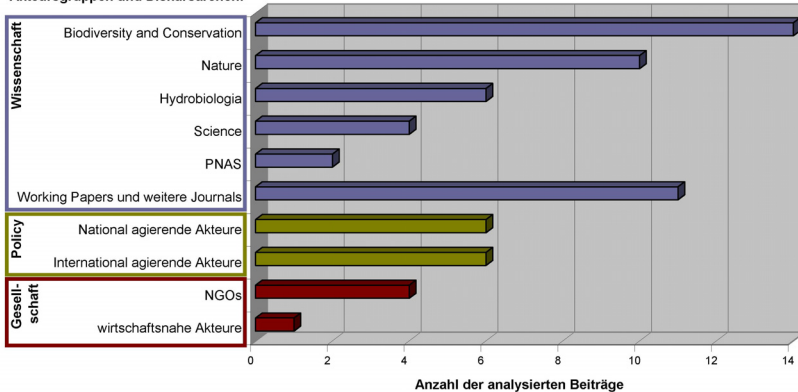


Abb. 1: Übersicht zu Akteursgruppen, Diskursarenen und dem Umfang der jeweils analysierten Beiträge.

Working Paper. Dabei richten sich die Texte primär an die wissenschaftliche Community, wobei mehr Publikationen von naturwissenschaftlich arbeitenden Autoren als von Forschern mit interdisziplinärem Hintergrund untersucht wurden. Akteure aus dem Policy-Bereich sind der Politikberatung oder anderen politiknahen Zusammenhängen zuzuordnen, die jeweils auf nationaler oder internationaler Ebene agieren. Ihren Ursprung haben die Akteure meist auch im Bereich der Wissenschaft, jedoch sind die Publikationen aufgrund von Auftragslage, Zielstellung und Zielgruppe deutlich von wissenschaftlichen Fachveröffentlichungen abzugrenzen. Die Beiträge aus dem Policy-Bereich richten sich als Handlungsempfehlung insbesondere an politische Akteure und Ressourcenmanager. Akteure aus dem weiteren gesellschaftlichen Bereich stammen von Nichtregierungsorganisationen (NGO) und aus dem wirtschaftsnahen Bereich. Sie stellen am stärksten eine Vertretung unterschiedlicher Interessen aus der Gesellschaft dar.

Einführung in die Diskursstränge

Das Diskursfeld „Klimabedingte Biodiversitätsveränderungen in limnischen Systemen“ wurde im Rahmen der Analyse in mehrere Diskursstränge mit jeweils einheitlichem thematischen Kern gegliedert. Diese Diskursstränge können zu vier Gruppen zusammengefasst werden, die Fragestellungen auf der Ebene

- der Biotope,
- der Arten,
- der Wechselwirkungen mit weiteren Faktoren und
- des gesellschaftlichen Handelns

Wechselwirkungen zwischen limnischen Systemen und dem Klima bieten Potenziale für Synergien in den Planungen von Klima- und Biodiversitätsschutzmaßnahmen.

Die Diskursfeldanalyse soll in erster Linie dazu dienen, einen Überblick über den derzeitigen Stand der Diskussion in Wissenschaft und Gesellschaft zu bekommen. Es sollen prioritäre Themen, zentrale Akteure und deren Positionen dargestellt werden. Deshalb wird in den einzelnen Diskurssträngen nicht genauer auf inhaltliche Fragen eingegangen und Standpunkte werden nicht qualitativ bewertet.

Diskursstränge auf Ebene der Biotope

Die folgend dargestellten Diskursstränge beziehen sich auf die Auswirkungen des Klimawandels in unterschiedlichen Biotoptypen, die von den Akteursgruppen angesprochen werden.

Flüsse und Seen

Flüsse und Seen bilden innerhalb des Diskurses um klimabedingte Biodiversitätsveränderungen in limnischen Systemen das wohl umfangreichste Themengebiet. Nach einer Studie von Vörösmarty *et al.* (2010) sind 65% des Süßwasserabflusses mit seinen angrenzenden Habitaten in ihrer Funktion als sichere Wasserquelle mittel bis stark bedroht. Für die Bedrohungssituation für die Biodiversität gehen die Autoren von einer gegenüber der reinen Betrachtung der Wasserversorgungssicherheit noch verschärften Situation aus.

Zwei Hauptdiskussionspunkte zu diesem Themenkomplex sind die Erwärmung der Gewässer und die Veränderung der Niederschlagsmuster. Als Folgen der Gewässererwärmung werden sehr häufig die geringere Sauerstoffverfügbarkeit bis hin zu anoxischen Verhältnissen in tiefen Gewässerschichten und das daraus resultierende Aerobiersterben genannt (BUND 2009; Fulweiler *et al.* 2009; Gitay *et al.* 2002; Hassan *et al.* 2005; Nagy *et al.* 2006; Steffen *et al.* 2009). Weiter behandelte Auswirkungen sind u.a. veränderte Wachstums- und Reproduktionsraten, die veränderte Verbreitung von temperatursensiblen Arten (Hassan *et al.* 2005; Steffen *et al.* 2009; Vescovi *et al.* 2009) sowie

veränderte Physiologie und Phänologie bei Pflanzen- und Tierarten (Tixier *et al.* 2009). Untersuchungen, die bei terrestrischen Ökosystemen als Folge von schon geringen Temperaturerhöhungen einen deutlichen Anstieg des Metabolismus für tropische und auch gemäßigte Breiten nachgewiesen haben (Dillon *et al.* 2010), lassen ähnliche Auswirkungen auch für limnische Systeme erwarten. Infolgedessen gehen Dillon *et al.* (2010) von Konsequenzen für die Physiologie und das ökologische Gefüge durch einen erhöhten Bedarf an Nahrung und einer erhöhten Anfälligkeit gegen Nährstoffmangel aus.

Als Auswirkungen von Veränderungen in den Niederschlagsmustern auf die Hydrologie werden folgende Effekte diskutiert (u.a. Forslund *et al.* 2009; Heino *et al.* 2009): veränderte Abflussregime, die eine Ökosystemfragmentierung bewirken können; höhere Trübungsgrade und Sauerstoffmangel, bedingt durch organisches Material; veränderte Überschwemmungsergebnisse mit nachfolgendem Biodiversitätsverlust; Austrocknung von Flussbetten, die als Lebensraum für aquatische Arten verloren gehen.

Neben der Quantität spielt auch die Qualität des Wassers eine wichtige Rolle. Eine deutliche Verschlechterung der Wasserqualität wird neben der Klimaerwärmung vor allem durch die anthropogene Verschmutzung und durch Sauerstoffmangel verursacht (Gitay *et al.* 2002). Ein weiterer wichtiger Aspekt, der als Bedrohung für die Biodiversität von Seen und Flüssen angesehen wird, ist die Versauerung (Klaphake *et al.* 2001; Sommer *et al.* 2009; Steffen *et al.* 2009).

Unterschiede bestehen nach Sala *et al.* (2000) auch zwischen lotischen und lentischen Systemen – also Fließgewässern und stehenden Gewässern – sowie entlang von Längengraden und Klimagradienten. Für Fließgewässer weisen Studien auf eine dominante Wirkung der Landnutzung auf die Biodiversität unter tropischen Bedingungen und eine zusätzlich ebenfalls starke Wirkung biotischer Interaktionen unter temperaten Bedingungen hin, während bei hohen Breiten von einem dominanten Einfluss des Klimas auf die Biodiversität ausgegangen wird. Eine generell höhere Klimasensitivität bei Fließgewässern im Gegensatz zu stehenden Gewässern wird auf deren Abhängigkeit vom Oberflächenabfluss zurückgeführt. Dagegen zeigen sich Fließgewässer aufgrund ihrer höheren zeitlichen Grunddynamik weniger sensitiv bezüglich biotischer Interaktionen. Für Kohlendioxid und Stickstoff wird insgesamt ein geringerer Einfluss auf limnische als auf terrestrische Systeme angenommen (Sala *et al.* 2000).

Als besonders anfällig werden außerdem limnische Systeme angesehen, die in hohen Breiten (Gitay *et al.* 2002) und Höhen (Hassan *et al.* 2005) liegen und die isoliert oder tiefliegend und benachbart zu küstenna-

hen Feuchtgebieten sind (ebd.). In alpinen Seen konnten Einflüsse von mehrjährig ausgeprägten Schwankungen in Temperatur, Winterschneefall und Sommer-trockenheit auf die physikalischen, chemischen und biologischen Charakteristika nachgewiesen werden. Zukünftig erwartete, verstärkte Klimavariabilitäten werden demnach mit erheblichen Auswirkungen auf Biodiversität und Ökosystemfunktionen alpiner Seen verbunden sein (Parker *et al.* 2008).

Auch temporäre mediterrane Flachgewässer (*mediterranean temporary ponds*) stellen nach der FFH-Richtlinie von 1992 einen prioritären Lebensraumtyp im Natura 2000-Netzwerk dar. Sie treten in Europa, Nordamerika sowie Nord- und Südafrika auf und beheimaten in ihren Verbreitungsregionen einen signifikanten Anteil der aquatischen Biodiversität. Gleichzeitig sind sie durch Klimawandel, Urbanisierung, Landwirtschaft und Feuer erheblich gefährdet. Die direkten Einflüsse des Klimawandels folgen aus verringertem Niederschlag, Absenkungen des Grundwasserspiegels und damit kürzeren Feuchtperioden der Gewässer (Zacharias/Zamparas 2010). Auch wegen ihrer geringen Größe ist davon auszugehen, dass sie ähnlich kleinen Fließgewässern stärker als ausgedehnte Gewässer von Temperaturänderungen beeinflusst sein werden (Heino *et al.* 2009).

Zentraler Faktor in der Nutzung von Süßwasserressourcen ist die Landwirtschaft, deren Anteil am weltweiten Wasserkonsum etwa 70% beträgt. Im Bericht des Millennium Ecosystem Assessment (MEA) über Feuchtgebiete (MEA 2005b) wird daher besonders der Wasserentzug aus Feuchtgebieten zur landwirtschaftlichen Nutzung als Ursache für die Degradierung und den Verlust von Feuchtgebieten und ihren Arten hervorgehoben. Hinzu kommen die Wassernutzungen durch Industrie und Haushalte. Der nutzungsbedingte Wasserentzug aus Feuchtgebieten durch den Bau von Versorgungsinfrastrukturen, aber auch den Bau von Dämmen, hat weltweit zu einer Veränderung der Flussregime geführt. Damit einhergehend ändern sich Sediment- und Nährstofftransport und es kommt zu einer Habitatfragmentierung. Werden Flüsse umgeleitet, gelangen ökologisch wichtige Nährstoffe nicht mehr zu den Konsumenten im Flussmündungsgebiet, wodurch auch marine Nahrungsnetze und Fischbestände beeinträchtigt werden. Zukünftige Einflüsse des Klimawandels auf die Wassernutzungsmuster von Landwirtschaft, Industrie und Haushalte sind daher für limnische Systeme von entscheidender Bedeutung (MEA 2005a).

Ökotope

Bei Ökotonen handelt es sich um Übergangsbereiche zwischen zwei Ökosystemen, die meist durch eine hohe

Artenvielfalt gekennzeichnet sind. In den untersuchten Texten wird in erster Linie die Ökologie von Ästuaren und Ufern behandelt.

In Ästuaren wird der Übergang von Süß- zu Salzwasser durch ein Frontalsystem beschrieben, das aus mehreren Frontlinien bestehen kann (Nagy *et al.* 2006). Dabei wird das Eindringen von Salzwasser in die Flussmündung durch das Frontalsystem begrenzt. Verschieben sich die Frontlinien, hat dies Auswirkungen auf die Biodiversität. Dauert beispielsweise ein El Niño drei Monate oder länger an und bringt dementsprechend starke Regenfälle mit sich, kann dies regional zu einer Zunahme an Süßwasser im Mündungsbereich von Flüssen führen. Dies ist Ausdruck für eine Verschiebung des Frontalsystems im Ästuarbereich, was eine Veränderung der Verbreitung von Fischarten und eine Beeinflussung von deren Nachwuchs nach sich zieht. Des Weiteren gibt es Hinweise auf Veränderungen des Windklimas, der Wassertemperatur und der Vertikalstruktur der Frontalsysteme sowie Anzeichen von Eutrophierung, was die Wasserqualität und die Verfügbarkeit von Ressourcen von Ästuaren maßgeblich beeinflusst (Nagy *et al.* 2006). Daneben gehören Ästuar zu den Ökosystemen, die am stärksten von biologischer Invasion betroffen sind (MEA 2005b).

Die Veränderung von Ufervegetationen wird in den analysierten Texten im Zusammenhang mit Schilfbeständen und Dammbauten sowie in ihrer Interaktion mit terrestrischen Ökosystemen diskutiert. Der Schilfbewuchs und sein möglicher Rückgang im Uferbereich von Oberflächengewässern haben einen signifikanten Einfluss auf die Biodiversität und Wasserqualität von Feuchtgebieten. Die Schilfvegetation dient als Rückzugsgebiet für Wildtiere und ist von enormer Bedeutung für die Stabilität von Seen und Flüssen. Sie fungiert als Pufferökosystem zwischen terrestrischen und aquatischen Ökosystemen. Die Schilfvegetation ist allerdings auch eine Quelle von Treibhausgasen (Brix 1999).

Terrestrische Ökosysteme, die an limnische Systeme angrenzen, haben auf diese einen erheblichen Einfluss (Heino *et al.* 2009; MEA 2005a; Vescovi *et al.* 2009). So können Änderungen der terrestrischen Vegetation auf Nährstoffzufuhr zu den Gewässern, Wasserhaushalt und Abschattung mit Einfluss auf Einstrahlung und Temperatur wirken. Dabei können Vegetationsänderungen direkte oder indirekte – durch Landnutzungsänderungen – Folge des Klimawandels sein (Heino *et al.* 2009). Eine veränderte anthropogene Landnutzung birgt bei intensiverer landwirtschaftlicher Nutzung zudem das Risiko zusätzlicher Belastungen der limnischen Systeme durch Agrarchemikalien wie Pestizide (Macneale *et al.* 2010, Müller *et al.* 2010; Vescovi *et al.* 2009).

Quellen und Grundwasser

Mit den Auswirkungen des Klimawandels auf die Biodiversität von Quellen und Grundwasser beschäftigten sich nur zwei Texte, trotz ihrer zentralen Rolle für Feuchtgebiete und im Wasserkreislauf. Obwohl oft von einer relativen Artenarmut im Grundwasser ausgegangen wird, beherbergt es trotzdem eine Vielzahl noch weitgehend unerforschter Organismengemeinschaften (BMU 2008).

Quellen und oberflächennahes Grundwasser stellen eine Grenzfläche zwischen Grundwasser und Oberflächenwasser dar und spielen somit eine Schlüsselrolle in limnischen Systemen. Im Zusammenhang mit dem Klimawandel wird von Tixier *et al.* (2009) in diesen Biotopen der Einfluss der Wassererwärmung auf Veränderung des Artenreichtums und der Abundanz, Lebenszyklen, Phänologie und zwischenartliche Mechanismen wie Konkurrenz, Prädation und Parasitismus diskutiert.

Moore

Die Zuteilung der Moore zu einem Biotoptyp ist nicht einheitlich. Whitehouse *et al.* (2008) teilen die Hochmoore den terrestrischen Ökosystemen zu. Nach den Biotoptypen von Nowotny/Hinterstoisser (1994) hingegen zählen Moore innerhalb der semi-terrestrischen Lebensräume zu den Gewässern, nehmen aber als ökologischer Standort eine Sonderstellung ein. Aufgrund ihrer großen Bedeutung für den Biodiversitäts- und Klimaschutz besitzen sie aber in jedem Fall ein starkes Gewicht im Diskurs um Klimawandel und Biodiversitätsveränderungen. Hierbei wird stärker auf den Verlust der Klimaschutzwirkung durch die anthropogene Zerstörung von Mooren eingegangen als auf die Auswirkungen des Klimawandels auf den Lebensraum Moor.

In den untersuchten Texten betonen alle Akteursgruppen die ökologischen Klimaschutzfunktionen von Mooren, wie die Kohlenstoffspeicherung oder die Regulierung von Wasserregimen und Lokalklima (BfN *et al.* 2007; Bragg 2002; Dawson *et al.* 2003; Korn *et al.* 2009; Yule 2010). Da Moore sehr empfindlich auf Veränderungen im Wasserhaushalt reagieren, ist die Habitatfunktion für ihre stark spezialisierte Flora und Fauna durch Klimaveränderungen besonders gefährdet. Bereits erkennbare Einflüsse des Klimawandels auf Moore werden durch steigende Temperaturen, höhere Evapotranspiration, steigende Gefährdung durch Feuer und veränderte Niederschlagsmengen und -muster verursacht. Im Bezug auf den Moorschutz ist zu beachten, dass die Wiederherstellung oft nicht möglich ist, nachdem ein Schwellenwert der Überformung über-

schritten wurde (Bragg 2002; Harrison *et al.* 2008; Lamentowicz *et al.* 2009; Yule 2010).

Diskursstränge auf Ebene der Arten

Im Folgenden werden innerhalb der Diskursstränge auf Ebene der Arten die im Diskurs sehr häufig erwähnten invasiven Arten als Gewinner des Klimawandels, aber auch als Verlierer sowie mögliche Anpassungen der Arten an den Klimawandel besprochen.

Invasive Arten als Gewinner des Klimawandels

Nach der Habitatzerstörung ist nach MEA (2005b) die Einführung nichteinheimischer Arten der zweitwichtigste Grund für das Aussterben von Süßwasserarten. Neben menschlichen Aktivitäten wie Aquakultur, Schifffahrt und bewusster Einfuhr gebietsfremder Arten aus kommerziellen Gründen wird der Klimawandel als begünstigender Faktor für die Einwanderung invasiver Arten hervorgehoben. Folgende Gründe begünstigen dabei die Ausbreitung und Etablierung invasiver Arten:

- bessere Anpassung an höhere Temperaturen, längere Trockenperioden sowie verringerte Wasserspeisung in Moorgebieten (BUND 2009; Heino *et al.* 2009),
- höhere Toleranz gegenüber Störereignissen (z.B. Überflutung) als einheimische Arten (Steffen *et al.* 2009),
- geringerer Druck durch Feinde (Engelkes *et al.* 2008),
- ähnliche klimatische Gegebenheiten zweier Regionen (Khuroo *et al.* 2008) bzw. bessere Invasionsmöglichkeiten von Ökosystemen bei veränderten klimatischen Bedingungen (Heino *et al.* 2009),
- geringe Spezialisierung der invasiven Arten (Korn *et al.* 2009),
- Ökosystemfragmentierung aufgrund veränderter Abflussregime und veränderter anthropogener Nutzung (Forslund *et al.* 2009),
- Schaffung neuer Habitate und Nischen durch Sedimentationsprozesse und Erosion in Staudammgebieten (New *et al.* 2008).

Es wird angenommen, dass sich invasive aquatische Arten aufgrund des effektiven Vektors Wasser und der gegenüber terrestrischen Systemen geringeren Verbreitungs- und Etablierungsbarrieren besonders weit verbreiten können (Khuroo *et al.* 2008; New *et al.* 2008). Zusätzlich können Verhaltensänderungen, Artenverlust und Abundanzabnahme zu Veränderungen im Ökosystem führen, die es für gebietsfremde Arten leicht zugänglich machen (Gitay *et al.* 2002). So können durch klima-induzierten Stress bei einheimischen Populationen freie Nischen für bisher „schlafende“ invasive Arten geschaffen werden (Steffen *et al.* 2009). Ökolo-

gische Folgen der Einwanderung invasiver Arten sind unter anderem Habitatverlust, Veränderung der Nahrungsnetze, Kreuzung mit einheimischen Arten, Ungleichgewichte in Räuber-Beute-Beziehungen und die Einführung von Pathogenen und Krankheiten (MEA 2005a). Doch gleichzeitig wird gewarnt, negative Effekte zu verallgemeinern, da diese stark kontextabhängig sind und bisher nur beschränktes Wissen über die relevanten Wechselwirkungen vorliegt (Heino *et al.* 2009).

Verlierer des Klimawandels

Alle Akteursgruppen, jedoch verstärkt die Gruppe der Politikberatung und politiknahen Akteure, heben bestimmte aquatische Taxa hervor, die besonders vom Klimawandel betroffen sind. Zunächst sind auf Binnengewässern angewiesene Arten generell aufgrund ihrer nur begrenzten Migrationsmöglichkeiten besonders vom Klimawandel betroffen (Klaphake *et al.* 2001; Steffen *et al.* 2009). Für die Feuchtgebietsflora gilt im Besonderen, dass ihre Physiologie auf einem empfindlichen Gleichgewicht zwischen Niederschlag, Temperatur und Evapotranspiration basiert. Dies macht sie gegenüber klimatischen Verschiebungen sehr sensibel (Dawson *et al.*). Hinsichtlich der Feuchtgebietsfauna werden folgende Taxa als besonders durch den Klimawandel gefährdet hervorgehoben:

- Amphibien¹ durch hohe Empfindlichkeit gegenüber Trockenheit und UV-Strahlung, geringere Fitness am oberen Ende der Temperaturtoleranz, erhöhte Entwicklungsgeschwindigkeit und mangelnde Fitness im postmetamorphosen Stadium, geringeren Brut- und Paarungserfolg, Abhängigkeit der Geschlechterverhältnisse von der Bruttemperatur, höhere Konkurrenz zwischen Arten, Populationsrückgang durch Habitatverlust (Bickford *et al.* 2010; Frias-Alvarez *et al.* 2010; Romansic *et al.* 2009)
- Reptilien durch geringere Fitness am oberen Ende der Temperaturtoleranz, Abhängigkeit der Geschlechterverhältnisse von der Bruttemperatur, geringeren Bruterfolg, Populationsrückgang durch Veränderungen des Nahrungsnetzes und Habitatverlust, verschlechterte Tarnung und geringere visuelle Empfindlichkeit (Bickford *et al.* 2010)

¹ Nach MEA (2005a) sind 32% der Amphibien vom Aussterben bedroht, wobei dies aufgrund des limitierten Datenmaterials möglicherweise eine Unterschätzung darstellt. Hoffmann *et al.* (2009) schätzen demgegenüber 41% der Amphibienarten als gefährdet ein und merken an, dass der Klimawandel in der Roten Liste der IUCN noch nicht angemessen berücksichtigt sei. Auch Frias-Alvarez *et al.* (2010) führen an, dass Amphibien stärker gefährdet sind als Vögel und Säugetiere.

- Kaltwasserfische bzw. allgemeiner Kaltwasserarten durch Einengung des Lebensraums und Verdrängung durch Warmwasserarten (BUND 2009; Heino *et al.* 2009)
- Süßwasserfische durch Anfälligkeit für sinkende Wasserqualität und geringeren Wasserfluss (Steffen *et al.* 2009)
- Wasservogel durch Anfälligkeit für Rückgang der Süßwasserzufuhr und Eindringen von Salzwasser in Feuchtgebiete² (Butchart *et al.* 2009; Steffen *et al.* 2009)
- Zugvögel durch Verluste im Netzwerk von Feuchtgebiethabitaten (Hassan *et al.* 2005)
- Steinfliegen (als Zeigerart für Gewässergüte) durch Austrocknung und Erwärmung von Gewässern (BUND 2009; Gitay *et al.* 2002)

Anpassung der Arten an den Klimawandel

Besitzt eine Art die Fähigkeit zu wandern, besonders über fragmentierte Landschaften hinweg, wird sie aus für sie ungünstigen Standorten abwandern (BUND 2009; Steffen *et al.* 2009). Eine solche Flexibilität ist jedoch für die Arten innerhalb einer Biozönose sehr unterschiedlich ausgeprägt: So ist die Wanderung kompletter Artgemeinschaften – wie der Phytozönose – mit ihren komplexen Funktionsbeziehungen kaum wahrscheinlich (BUND 2009). Auch auf Inseln isoliert vorkommende Arten sind in ihrem Wanderverhalten eingeschränkt. Ist es einer Art nicht möglich abzuwandern, wird neben der genetischen auch die phänologische Plastizität als Anpassungsmöglichkeit an die veränderten Umweltbedingungen diskutiert. Beispiele hierfür sind Verhaltensänderungen wie frühere Brut, mehrere Generationen pro Jahr und früheres Knospen (BUND 2009; Fulweiler *et al.* 2009; Gitay *et al.* 2002). Außerdem sind biologische Reaktionen denkbar, wie die Erweiterung der Standortamplitude, die es den Arten ermöglicht, am gleichen Standort zu bleiben (BUND 2009).

Die zur Anpassung bestimmter Arten notwendige Zeitdauer kann jedoch die Zeitskala der erwarteten Klimaänderungen deutlich überschreiten. Für Amphibien und Reptilien als am stärksten bedrohte Tierklassen wurden von Bickford *et al.* (2010) auf südostasiatischen Inselgruppen deutliche Hinweise auf eine derartige Situation gefunden und weitreichende Folgen für Ökosystemdienstleistungen diskutiert.

Diskursstränge auf Ebene der Wechselwirkungen mit weiteren Faktoren

Innerhalb dieses Diskursstrangs werden die anthropogene Gefährdung der Biodiversität abseits des Klimawandels sowie anfänglich positive Auswirkungen des Klimawandels näher analysiert.

Multiple Stressoren: Anthropogene Gefährdungspotenziale abseits des Klimawandels

Die Veränderungen limnischer Systeme aufgrund des Klimawandels stehen in Wechselwirkung mit anderen Faktoren und sind daher nicht isoliert von diesen zu betrachten. Aus diesem Grund heben alle Akteursgruppen weitere anthropogen bedingte Belastungen der Biodiversität abseits des Klimawandels hervor. Die Belastungen für die limnischen Systeme erwachsen aus Landnutzungsänderungen (insbesondere durch Landwirtschaft und Urbanisierung), Übernutzung der Wasserressourcen, Ausbau von Wasserinfrastrukturen, Verschmutzung, invasiven Arten, Ausbreitung von Krankheiten infolge globalisierter Interaktionen sowie den Veränderungen in Stickstoff- und Phosphorkreisläufen (Frias-Alvarez *et al.* 2010; Heino *et al.* 2009; Hermoso *et al.* 2009; MEA 2005a/b; Müller *et al.* 2010; Rockström *et al.* 2009; Vörösmarty *et al.* 2010; Vescovi *et al.* 2009; Woodruff 2010). Zentrale Ursachen hierfür sind meist Bevölkerungswachstum und der Entwicklungsdruck in Entwicklungsländern.

Nach dem MEA (2005a) waren im letzten Jahrhundert global die wichtigsten direkten Treiber des Biodiversitätsverlusts in Binnengewässern die Habitatveränderung und die Verschmutzung (sehr hoher Einfluss), gefolgt von invasiven Arten³ (hoher Einfluss), Übernutzung der Arten (moderater Einfluss) und dem Klimawandel (geringer Einfluss). Der Einfluss der Übernutzung auf die Biodiversität wird in Zukunft gleich bleiben, für alle anderen Einflüsse wird ein rapides Ansteigen erwartet (MEA 2005a). Als weiteren Treiber weisen Taylor/Townsend (2010) zusätzlich auf den Einfluss von reaktivem Stickstoff hin, der sich als Nitrat in Süßgewässern und Ozeanen akkumuliert und damit vor allem in diesen Ökosystemen auf den Metabolismus von Organismen wirkt. Die Rolle des reaktiven Stickstoffs in Wechselwirkung mit weiteren Faktoren wird auch von Rockström *et al.* (2009) aufgegriffen. In ihrer vielbeachteten Studie „A safe operating space for humanity“ schlussfolgern die Autoren, dass

² Butchart *et al.* (2009) geben für einen Index des Status der Wasservogelpopulation hier einen Rückgang um 33% seit 1985 an.

³ In diesem Zusammenhang zeigen Butchart *et al.* (2009), dass es im aquatischen, terrestrischen und marinen Bereich in Europa seit 1970 zu einer Zunahme invasiver Arten um 76% gekommen ist.

in Bezug auf Klimawandel, Biodiversitätsverlust und Stickstoffzyklus kritische planetare Grenzen bereits überschritten seien.

Auch Wassermanagement und Wasserinfrastruktur haben signifikante Auswirkungen auf die Biodiversität, die durch den Klimawandel zusätzlich verschlimmert werden können: Beispiele im Zusammenhang mit nicht angepasstem Wassermanagement sind die Veränderung von Flutereignissen zu Ungunsten von Ökosystemen in Überschwemmungsebenen (New *et al.* 2008; Steffen *et al.* 2009), Flussbegradigungen – von Hermoso *et al.* (2009) als Schlüsselfaktor für die Bedrohung der Süßwasserbiodiversität identifiziert – und die Minderung der Wasserqualität und Übernutzung (ebd.). Zwischen 1960 und 2000 wurde die Wasserspeicherkapazität vervierfacht, was dazu führte, dass sechsmal mehr Wasser in großen Staudämmen gespeichert ist, als in den Flüssen fließt (MEA 2005b). So sollte auch auf Verbindungen zwischen dem Wassersektor und anderen Sektoren geachtet werden, die die limnische Biodiversität beeinflussen, wie zum Beispiel die Bewässerung und der Düngemittel- und Pestizideinsatz in der Landwirtschaft (MEA 2005a; Harrison *et al.* 2010; Hitz/Smith 2004).

Von einer Vielzahl von Stressoren durch direkte und indirekte menschliche Nutzungen kann auch in den von Myers *et al.* (2000) identifizierten *Hotspots* ausgegangen werden. In diesen *Hotspots* steht eine außergewöhnliche Konzentration endemischer Arten einem ebenfalls außergewöhnlichen Artenverlust gegenüber. Gerade in dicht besiedelten *Hotspots* sind nach Naidoo *et al.* (2009) die Bereitstellung von Süßwasser und die Produktion von Grasland im Vergleich zu anderen Regionen am höchsten. Diese Ergebnisse weisen damit gerade für jene *Hotspots* der Biodiversität auf ein deutliches Risiko für die Gesellschaft hin. Grund hierfür ist die Produktivität dieser Regionen und die damit einhergehende Abhängigkeit von Konsequenzen aus Klimaänderungen und Auswirkungen menschlicher Eingriffe bei der Inanspruchnahme entsprechender Ökosystemdienstleistungen.

Jenseits der üblicherweise betrachteten Biodiversität auf Ebene der Ökosysteme, Arten und Gene spielt für die Aufrechterhaltung ökosystemarer Funktionen und Dienstleistungen auch die Diversität von Populationen und Lebensaltern innerhalb einer Spezies eine entscheidende Rolle. Schindler *et al.* (2010) zeigen destabilisierende Effekte von zunehmender Homogenisierung in Populationen von Süßwasserfischen. Die Autoren führen derartige Entwicklungen auf ein Zusammentreffen von Übernutzung, Habitatverlust, Klimawandel und artspezifische Verhaltensmuster zurück.

Selektive positive Auswirkungen des Klimawandels

Von einigen Wissenschaftlern und Politikberatungsgruppen werden auch anfänglich positive Folgen verschiedener Auswirkungen des Klimawandels angesprochen. So wird der vorausgesagte Temperaturanstieg bis 2100 die Wachstumsperiode in der gemäßigten und borealen Zone verlängern, wovon das Schilfwachstum profitieren wird (Brix 1999). In den wärmeren Klimazonen ist der Effekt jedoch aufgrund der noch nicht abschließend verstandenen Wechselwirkungen zwischen Niederschlag und Evaporation unklar (ebd.). Über die Hälfte der Erdoberfläche wird voraussichtlich einen Niederschlagsanstieg im Zuge des Klimawandels erfahren, was zu einer höheren Wasserverfügbarkeit für Menschen und Ökosysteme führen wird (MEA 2005b). Jenseits weiterreichender Konsequenzen einer veränderten hydrologischen Dynamik (mit Risiken von Überflutung, Erosion und Verschmutzung) kann in diesem Fall generell mehr verfügbares Wasser genutzt werden, auch um die Wanderung der Flussfauna durch zusätzliche Verbindungsflüsse zu erhöhen (Forslund *et al.* 2009). Weltweit wird in 70% der Flüsse die Wasserverfügbarkeit steigen. Es wird mit geringer Sicherheit angenommen, dass dadurch die Vermehrung von Fischen, die an höhere Strömungen angepasst sind, steigen wird, welche jedoch wahrscheinlich nicht einheimische Arten sein werden (MEA 2005b).

Diskursstränge über gesellschaftliches Handeln

Die im Folgenden vorgestellten Diskursstränge beziehen sich auf die Evaluation von Management- und Forschungsstrategien sowie auf Zielkonflikte (*trade-off*) und auf mögliche Synergien zwischen dem Biodiversitäts- und Klimaschutz.

Zielkonflikte

Ein oft erwähnter Aspekt aller Akteursgruppen sind für die Biodiversität teilweise nachteilige Auswirkungen bestimmter Klimaschutzmaßnahmen. So spricht man in diesem Zusammenhang von einem Zielkonflikt, wenn die Verlangsamung des Klimawandels nur auf Kosten der Biodiversität erreicht werden kann. Es werden aber auch andere Zielkonflikte angesprochen, bei denen weitere konkurrierende Ansprüche auszubalancieren sind.

Weltweit ziehen Managemententscheidungen Zielkonflikte meist nicht in Betracht, die zwischen unterschiedlichen Dienstleistungen von limnischen Systemen bestehen. Diese Entscheidungen werden dann zu Gunsten einer kleineren Anzahl von Dienstleistungen getroffen. Beispiele sind die oft als prioritär angese-

hene Trinkwasserversorgung (Hassan *et al.* 2005) oder in anderem Zusammenhang der Schutz einzelner Arten wie dem Kormoran zu Lasten wirtschaftlich relevanter Fischpopulationen (Young *et al.* 2010). Auch die Aufrechterhaltung hoher Wasserstände in Feuchtgebieten zur Erreichung von Schutzziele für die Biodiversität steht zunächst niedrigen Wasserständen für eine Maximierung der Speicherkapazität im Falle von Überflutung und für eine Minimierung der Treibhausgasemissionen entgegen (Grüne Liga 2006; Fisher *et al.* 2011). Young *et al.* (2010) unterscheidet in diesem Zusammenhang zwischen *biodiversity impacts*, die auf einer Analyse der faktischen Rahmenbedingungen und Wechselwirkungen beruhen, und *biodiversity conflicts*, mit denen gesellschaftliche Wertvorstellungen und Interessen adressiert werden.

In allen vier Szenarien des MEA (2005b) führt die Erhöhung der Inanspruchnahme von bereitstellenden Ökosystemdienstleistungen wie Nahrungsmittel- und Wasserversorgung zu einer Minderung der regulierenden, unterstützenden und kulturellen Ökosystemdienstleistungen. Diese Zielkonflikte müssen aufgrund ihrer weitreichenden Konsequenzen für den langfristigen Erhalt von Ökosystemfunktionen in den Szenarien berücksichtigt werden. Klaphake *et al.* (2001) kritisieren, dass im Verhandlungsprozess der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (UNFCCC) der Schutz von Feuchtgebieten eine nur untergeordnete Rolle spielt und nicht die Biodiversität von Feuchtgebieten, sondern nur ihr Nettoklimaeffekt diskutiert wird. Dabei können die Maximierung des Klimaeffekts und der Biodiversitätserhalt konfligierende Ziele darstellen. In der Entwicklungszusammenarbeit werden zudem negative Auswirkungen von Klimaschutzmaßnahmen auf die biologische Vielfalt thematisiert, insbesondere von Maßnahmen zur Energienutzung aus Biomasse und deren nicht-nachhaltige Produktion⁴ (BfN *et al.* 2007). Aber auch die Anpassung des Menschen an den Klimawandel kann diesen wiederum verstärken. Kundzewicz *et al.* (2008) kritisieren die Energieintensität einiger Anpassungsstrategien im Wassermanagement. Auch durch die Umsetzung von Adaptionsmaßnahmen wie Entsalzung, Förderung von Grundwasser durch Pumpen oder die Wasserbehandlung werden die Treibhausgasemissionen massiv erhöht.

Als Strategien, um Zielkonflikte zu vermeiden, werden verbindliche Verträglichkeitsprüfungen von Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel empfohlen, wie das *Environmental Impact Assessment* (EIA), das *Strategic Environmental Assessment* (SEA), das *Technology Impact Assessment* und das *Scenario*

Planning (BfN *et al.* 2007; AHTEG 2009). Gitay *et al.* (2002) betrachten integratives (Wasser-)Management als Möglichkeit, Politiken abzubauen, die zu einer nicht-nachhaltigen Nutzung der Biodiversität führen. Weiterhin ließen sich durch ein integriertes Management Methoden zur Untersuchung von Zielkonflikten etablieren.

Synergien zwischen Biodiversitätsschutz und Klimaschutz

Es muss aber nicht zwingend so sein, dass eine Schutzmaßnahme zu Lasten einer anderen führt. So besteht die Möglichkeit, dass der Biodiversitätsschutz das Ausmaß des Klimawandels mindert und umgekehrt – Anstrengungen in beiden Bereichen also synergetisch wirken.

An die regionalen Bedingungen angepasste Managementansätze bieten eine Reihe von Potenzialen, um biodiversitätsbezogene Schutzziele zusammen mit Verbesserungen zu Treibhausgasemissionen, Wasserqualität und -regulation sowie kulturellen Dienstleistungen zu erreichen (Fisher *et al.* 2011). Erfolgversprechende Ansätze für Feuchtgebiete werden von Fisher *et al.* (2011) in temporären Überflutungsflächen, verbunden mit Weidewirtschaft (*grazed washlands*), oder einer Landschaftsgestaltung mit vielfältigen Habitaten gesehen.

Als Synergiepotenzial besonders herausgestellt werden in diesem Zusammenhang wichtige ökologische Funktionen von Feuchtgebieten wie die Regulierung von Wasserregimen, der Wasserqualität und des Lokalklimas sowie die Kohlenstoffspeicherung von Mooren (BfN *et al.* 2007; Bragg 2002; BUND 2009; Dawson *et al.* 2003; Grüne Liga 2011; Harrison *et al.* 2008/2010; Klaphake *et al.* 2001; Korn *et al.* 2009). Die Umsetzung von *Win-win*-Maßnahmen könnte in diesen Bereichen die Anfälligkeit der Ökosysteme gegenüber dem Klimawandel reduzieren. Daher sollte zukünftig die Öffentlichkeit stärker für das Thema „Naturschutz ist gleich Klimaschutz“ sensibilisiert werden und Schutzgebiete sollten eine noch zentralere Rolle im Klimaschutz spielen. Seitens der Entwicklungszusammenarbeit kommt zudem der frühzeitigen Identifizierung von scheinbaren Zielkonflikten zwischen Biodiversitätserhalt, Klimaschutz und Armutsbekämpfung eine zentrale Bedeutung zu (BfN *et al.* 2007).

Angepasste Strategien für eine nachhaltige Nutzung von limnischen Systemen

Generell wird deutlich, dass ökologische Ziele des Wassermanagements nicht länger ohne die Beachtung des Klimawandels erreicht werden können (BUND

⁴ Mit Biosprit aus Ölpalmenanbau auf Moorstandorten wird so bis zu 10-mal mehr CO₂ freigesetzt als eingespart (Korn *et al.* 2009).

2009; Heino *et al.* 2009; MEA 2005a; Kundzewicz *et al.* 2008; Klaphake *et al.* 2001). Für die Anpassung von limnischen Systemen an die erwarteten veränderten Klimabedingungen sind nach Heino *et al.* (2009) zwei Fälle zu unterscheiden: die autonome Anpassung, mit der das Ökosystem aus sich heraus auf eintretende Klimaänderungen reagiert und die geplante Anpassung im Rahmen gesellschaftlichen Handelns mit reaktiven und proaktiven Anteilen. Für den Fall der geplanten Anpassung verweisen die Autoren auf die Einrichtung von Schutzgebietsnetzwerken und das Management der Matrix zwischen Schutzgebieten, auf Schutzmaßnahmen für großskalige und heterogene Gebiete, auf die Schaffung von Verbreitungskorridoren, Renaturierung und hybride Managementstrategien und schließlich die Wiedereinführung von Ursprungsarten.

Die Ziele von Managementstrategien für limnische Systeme sind jedoch in einigen Fällen ungeeignet, da sie auf Basis von Modellen und Planungsinstrumenten für flächenhafte terrestrische Systeme arbeiten und die lineare Natur der Fließgewässer vernachlässigen (MEA 2005b). Auch liegen nach MEA (2005b) für eine Reihe von Fragestellungen, wie beispielsweise den zusätzlichen Einfluss eines erhöhten Oberflächenabflusses auf die Biodiversität, noch keine Modelle vor. Ein vielversprechender, auf Flussökosysteme speziell angepasster Ansatz auf Basis eines „neutralen Meta-Community-Modells“ wurde von Muneeppeerakul *et al.* (2008) vorgestellt. Am Beispiel der Fischdiversität des Mississippi-Missouri-Flusssystemes zeigt der Ansatz die Möglichkeit der Vorhersage großskaliger, räumlicher Biodiversitätsmuster und damit die Untersuchung von Einflüssen (klimabedingt) veränderlicher Niederschlagsmuster oder anderer Umweltfaktoren. Auch paläoökologische Analysen, verbunden mit entsprechenden (statistischen) Modellen (Whitehouse *et al.* 2008), wie auch historische biogeographische Untersuchungen (Woodruff 2010) können für das Management, den Schutz und die Renaturierung von Feuchtgebieten wichtige Hinweise geben, indem sie zum Verständnis der komplexen (biotischen) Interaktionen innerhalb von Ökosystemen unter veränderlichen Umweltbedingungen beitragen.

Generell wurde der Biodiversität limnischer Systeme im Vergleich zur marinen oder terrestrischen Biodiversität bisher viel weniger Beachtung geschenkt (Heino *et al.* 2009). Dies steht im Gegensatz zur Erkenntnis, wonach limnische Ökosysteme eine deutlich höhere Verlustrate der Biodiversität aufweisen als terrestrische oder marine Systeme (Dudgeon *et al.* 2006; Heino *et al.* 2009; Sala *et al.* 2000). Im MEA (2005a) und bei Klaphake *et al.* (2001) werden daher Kontroversen über die Umsetzung von Ökosystemansätzen in konkrete Managementvorgaben aufgezeigt. Während

der letzten 20 Jahre fand eine erhebliche Ausweitung internationaler Abkommen, Programme und Institutionen statt, die sich mit der Erhaltung von limnischen Systemen auseinandersetzen, wie die *Convention on Biological Diversity* (CBD), die *Ramsar Convention on Wetlands* und die *International Convention on the Control and Management of Ship's Ballast Water and Sediment*. Diese tragen zwar zu einem breiteren Bewusstsein für die Treiber der Biodiversitätsveränderungen bei, es besteht jedoch nach MEA (2005b) eine große Lücke zwischen den politischen Konzepten und deren Implementierung.

Des Weiteren stellen insbesondere die Akteure aus dem Policy-Bereich fest, dass die Einbeziehung von Stakeholdern und insbesondere Kommunen oft nicht stattgefunden hat oder ineffektiv war. Die Konfliktlösung zwischen Nutzern und Managern wird dadurch erschwert. Die Notwendigkeit von Partizipation wird bei Klaphake *et al.* (2001) für den Fall von Kommunen und bei Vescovi *et al.* (2009) ganz allgemein für das Flussgebietsmanagement betont. Die Autoren weisen jedoch auf viele *Good-Practice*-Beispiele von lokaler Partizipation an Ökosystemmanagementstrategien hin. Sie sprechen sich aber auch dafür aus, lokale Ansätze nicht zu idealisieren, da auf der lokalen Ebene eher Einzelthemen bearbeitet werden. Außerdem hat sich in der Praxis gezeigt, dass effektives Ökosystemmanagement auch von (rechtlichen und ökonomischen) Entscheidungen auf höherer Regierungsebene abhängig ist. Deshalb wird auch von anderen Autoren eine Zusammenarbeit von überstaatlichen Organisationen, nationalen Regierungen, NGOs und betroffenen Einzelpersonen vertreten, die zu multisektoral basierten Entscheidungen führen (BfN *et al.* 2007; Hassan *et al.* 2005). Darüber hinaus würde eine Zusammenarbeit zwischen den Abkommen verschiedener Bereiche wie Klimawandel, Energie, Biodiversität, Landwirtschaft, Tourismus und Wirtschaft deren Implementierung erheblich verbessern (MEA 2005a). Hassan *et al.* (2005) sehen die mangelnde Bereitschaft zur Ergreifung von Maßnahmen gegen den Biodiversitätsverlust als entscheidende Hürde an, da mittlerweile genügend Wissen vorhanden ist, um die entsprechenden Schritte einzuleiten. Positiv wird von Akteuren aus dem Wissenschaftsbereich angemerkt, dass in der Erarbeitung von integrierten und kollaborativen Managementstrukturen, auch für limnische Systeme, die sich über Staatsgrenzen hinweg erstrecken, gute Fortschritte erzielt wurden.

Als wichtige Komponente im Biodiversitätsschutz wird häufig die Vernetzung limnischer Systeme durch Biokorridore genannt (BfN *et al.* 2007; Forslund *et al.* 2009; Gitay *et al.* 2002; Hermoso *et al.* 2009). Hermoso *et al.* (2009) empfehlen jedoch eine Evaluierung des

Natura 2000-Netzwerks bezüglich seiner Funktion für den Biodiversitätsschutz. Derzeit bestehe eher eine Ansammlung von Naturschutzgebieten, die von verschiedenen regional Verantwortlichen verwaltet werden, als ein ganzheitlich geplantes Projekt mit Netzwerkcharakter. Derartige Maßnahmen zur Vermeidung der Degradierung, Zerstörung und Fragmentierung von Habitaten würden nicht nur der Biodiversität von Gewässern, sondern gleichermaßen auch terrestrischen Ökosystemen zugute kommen (Hoffmann *et al.* 2009). Am Beispiel von Australien zeigen Schneider *et al.* (2009), dass in semi-ariden und ariden Gebieten künstliche Wasserkörper wertvolle Habitate für eine höhere Diversität lokaler Pflanzen- und Tierarten darstellen und negative Effekte des Klimawandels kompensieren können.

In den Berichten des MEA zu Biodiversität und Feuchtgebieten (MEA 2005a/b) wird stark auf die Schädigung von Ökosystemdienstleistungen durch verzerrende Subventionen und Informationsmängel eingegangen. In einigen Fällen könne es zwar sein, dass der Nutzen durch die Umformung eines Feuchtgebiets den Nutzen durch dessen Erhaltung übersteigt, oft würde dieser Vorteil jedoch durch verzerrende Subventionen generiert. Außerdem steige im Zuge der zunehmenden Feuchtgebietszerstörung der Wert, der aus deren Erhaltung gezogen werden kann. In der Bevölkerung müsse demnach ein Bewusstsein für die Verbindung zwischen Ökosystemdienstleistungen und dem menschlichen Wohlergehen geschaffen werden. Zum Zeitpunkt der Erstellung beider Studien existierten nur wenige Studien, die Biodiversitätsänderungen über Ökosystemfunktionen mit den Veränderungen des menschlichen Wohlergehens verbinden.

Konkrete Vorschläge von Managementstrategien kommen vorwiegend aus dem Policy-Bereich, wobei sehr häufig das adaptive Management unter Einbeziehung von zentralen Anspruchsgruppen (*key stakeholder*), aktiven Lernmechanismen und gerechter Abwägung von Interessen thematisiert wird. Dabei wird die Generierung und Nutzung von Wissen von vielen Autoren als entscheidender Erfolgsfaktor gesehen. Ein Beispiel seitens der Wissenschaft stellt die Veröffentlichung von Haslett *et al.* (2010) dar, auch wenn limnische Systeme nur am Rande gestreift werden. Unter Verwendung des Konzepts der „sozial-ökologischen Systeme“ sprechen die Autoren von der Notwendigkeit einer Integration traditioneller Strategien zum Schutz von Arten und Habitaten mit den Anforderungen einer langfristigen und nachhaltigen Sicherung von Ökosystemdienstleistungen.

Die *Ad hoc Technical Expert Group* (AHTEG 2009) zu Biodiversität und Klimawandel diskutiert die ökosystembasierte Anpassung, die kosteneffektiver und

besser zugänglich für ländliche oder arme Kommunen sein kann als Maßnahmen, die auf harter Infrastruktur und Technik basieren. Ein Mittel, um die ökosystembasierte Anpassung umzusetzen, sei der Ökosystemansatz der Biodiversitäts-Konvention. Als Mittel zur Umsetzung von Adaptionstrategien werden ökonomische und nicht-ökonomische Instrumente diskutiert. Als Beispiel für nicht-ökonomische Instrumente werden Gesetze und Verordnungen, Bildung, Zugangsrechte und Verbote genannt (Kundzewicz *et al.* 2008; AHTEG 2009). Obwohl die Notwendigkeit von Kommunikation und Bildung anerkannt ist, scheitert deren Umsetzung meist an fehlenden finanziellen Ressourcen und Arbeitskräften (MEA 2005b). Für ökonomische Mittel stehen Beispiele wie die Bezahlung für Ökosystemdienstleistungen, die Besteuerung von Aktivitäten, die Ökosystemdienstleistungen schädigen (AHTEG 2009; Forslund *et al.* 2009; MEA 2005b), die finanzielle Honorierung biodiversitätsrelevanter Schutzleistungen der Menschen vor Ort und die Kompensation von Nutzungsverzicht (BfN *et al.* 2007). Allerdings wurde der Wert der limnischen Systeme und des Wassers immer unterschätzt und folglich unter Preis gewertet (MEA 2005b). Auf diese Situation wird ursächlich ein ineffizientes und ineffektives Management von Ökosystemen zurückgeführt. Da momentan keine Anreize bestehen, um für den Erhalt von Ökosystemdienstleistungen zu zahlen, werden nach den Autoren mehr „öffentliche Güter“ degradiert, als es im Interesse der Gesellschaft ist. Im Falle eines anschließenden Verlusts von Ökosystemdienstleistungen mangelt es dann an Marktmechanismen zur Entschädigung der Betroffenen. Viele Ökosystemdienstleistungen von Feuchtgebieten sind zudem nicht vermarktet, wie zum Beispiel Flutmilderung, Klimaregulation und Grundwasserbildung. Die Entwicklung von Marktinstrumenten, wie zum Beispiel CO₂- und Biodiversitätszertifikate oder künstlich hochgehaltene Preise für nachhaltig gefangenen Fisch (*premium pricing*), wird als entscheidender Schritt in Richtung einer nachhaltigen Entwicklung angesehen (MEA 2005b). Die ökonomische Bewertung von Ökosystemen könnte somit ein machtvolleres Instrument darstellen, um den Erhalt von limnischen Systemen auf die Agenda von Entscheidungsträgern zu setzen. Ökonomische Bewertung versucht den Nutzen (sowohl vermarktet als auch nicht vermarktet) zu quantifizieren, den die Menschen durch Ökosystemdienstleistungen limnischer Systeme erlangen. Das Konzept des *total economic value* ist hierbei der meist genutzte Ansatz und erfasst *direct* und *indirect values*, *option values* und *non-use values* (MEA 2005a). Trotz der vorhandenen Instrumente werden in der Praxis jedoch üblicherweise nur die bereitstellenden Ökosystemdienstleistungen bewertet (MEA 2005a).

Aus der Reihe der wirtschaftsnahen gesellschaftlichen Akteure wird von Bayon/Jenkins (2010) für die Sicherung zukünftig nachhaltiger Nutzungen der Ökosysteme für eine dem CO₂-Markt analoge Etablierung eines Mitigationssystems argumentiert. Vorbild hierzu könnte eine entsprechende Umsetzung in den USA sein, bei der nach den Autoren die Nutzung von aquatischen Systemen wie Feuchtgebieten und Flüssen nur über den Kauf sogenannter Mitigationskredite zur Kompensation der Schädigungen bspw. über geeignete Renaturierungsmaßnahmen möglich ist.

In der Studie von Mitgliedern des *Global Environmental Flows Network* (Forslund *et al.* 2009) wird das Integrierte Wasserressourcen-Management (IWRM) als Ansatz besprochen, bei dem das Management von Wasser, Land und zugehörigen Ressourcen die Maximierung des ökonomischen und sozialen Wohlergehens anstrebt, ohne dabei die Nachhaltigkeit der wichtigen Ökosysteme zu gefährden. Als Nachteil dieser Strategie wird die Tatsache angesehen, dass sehr viele Daten benötigt werden, die vor allem in Entwicklungsländern nicht vorhanden sind. Als Alternative schlagen die Autoren deshalb das *Ecological Limits of Hydrologic Alteration* (ELOHA) Modell vor, welches billiger und weniger zeitaufwändig ist. Das Modell bietet einen flexiblen, wissenschaftlich vertretbaren Rahmen für eine weitgefaste Bewertung, wenn tiefgreifende Studien und detaillierte Bewertungen nicht möglich sind. Es besteht aus einem wissenschaftlichen und einem sozialen Prozess und basiert auf Monitoring und Evaluation.

Allgemein wird die Nützlichkeit von Monitoringssystemen bei der Planung von adaptivem Management von zahlreichen Akteuren, vor allem aus dem Policy-Bereich, thematisiert (Gitay *et al.* 2002; Heino *et al.* 2009; MEA 2005a; Vescovi *et al.* 2009). Im Hinblick auf die Entwicklung von Handlungsstrategien betonen auch Moss *et al.* (2010) die große Bedeutung von integrierten Bewertungsmodellen. Zusammen mit Szenarien können derartige Modelle auch die Unsicherheiten bezüglich möglicher anthropogener Reaktionen auf den Klimawandel erfassen und letztlich die Wechselbeziehungen unterschiedlicher Politikbereiche wie Klimaanpassung und -mitigation, Biodiversität und Gewässerschutz beleuchten.

Unsicheres Wissen und Kontroversen

Um wissenschaftlichen Forschungsbedarf, gesellschaftlichen Handlungsbedarf und zukünftig wichtige Themen zu identifizieren, wird im Folgenden auf unsicheres Wissen und kontrovers diskutierte Aspekte von klimabedingten Biodiversitätsveränderungen in limnischen Systemen eingegangen.

Hassan *et al.* (2005) stellen in diesem Kontext fest, dass es noch Gegenstand der Debatte ist, ob und in welchem Maße der Klimawandel bereits Auswirkungen auf limnische Systeme besitzt. Doch dabei zitieren sie auch das *IPCC Technical Paper V* (Gitay *et al.* 2002), das auf eine Reihe von Studien hinweist, die messbare Auswirkungen regionaler Klimaänderungen in besonders sensiblen Ökosystemen feststellen. Die erwarteten Klimaänderungen werden dabei nach Ansicht der Autoren insgesamt den Druck auf die Habitate erhöhen und direkt oder indirekt die Lebewesen und Dienstleistungen der limnischen Systeme beeinflussen. Eine wesentliche Ursache für die gegenwärtige Unsicherheit zu den Auswirkungen des Klimawandels sind prognostische Unsicherheiten über den Klimawandel selbst sowie fehlendes Wissen zu seiner Wirkung auf die Biodiversität (BfN 2007). Wesentlich hierbei ist nach Heino *et al.* (2009) das Fehlen detaillierter bioklimatischer Modelle zu Ausbreitungsgrenzen der meisten Süßwasserarten. Ebenso mangelt es nach den Autoren an Studien zur Wirkung des Wechselspiels aus Klimawandel und invasiven Arten auf limnische Systeme. Auch im Rahmen der Biodiversitäts-Konvention wird anerkannt, dass Unsicherheiten über präzise Details der regionalen Einflüsse des Klimawandels auf die Wasserressourcen bestehen bleiben. Es sei jedoch zunehmend offensichtlich, dass die Biodiversität gefährdet sein wird. Dabei wird erwartet, dass der Klimawandel schneller voranschreiten wird, als sich die aquatischen Lebewesen anpassen können. Dies impliziert, dass der Klimawandel sich nicht nur auf die Artenausbreitung auswirken, sondern auch durch Artensterben zu einem Biodiversitätsverlust führen wird (Klaphake *et al.* 2001). Unsicherheiten verbleiben trotz erheblicher Forschungsanstrengungen auch hinsichtlich der Beziehungen zwischen Biodiversität und Dienstleistungen der Ökosysteme wie der Regulation des Wasserkreislaufs und der Bereitstellung von sauberem Süßwasser (Naidoo *et al.* 2008).

Eine weitere Herausforderung liegt in der Erfassung des Biodiversitätsverlusts. Die Ursache liegt darin, dass keine der einzelnen Biodiversitätskomponenten – weder Gene, Arten noch Ökosysteme – einen durchweg guten Indikator der gesamten Biodiversität darstellen und die einzelnen Komponenten unabhängig voneinander in Häufigkeit und Ausprägung variieren können (MEA 2005a). Zudem kommen in ihrer globalen Klimafolgenabschätzung Hitz/Smith (2004) zu dem Ergebnis, dass die Beziehung zwischen Wasserressourcen und dem Klimawandel uneindeutig erscheint. Dies könnte unter anderem daran liegen, dass die Einflüsse auf Wasserressourcen sehr komplex sind und auch von weichen gesellschaftlichen Faktoren wie der Nutzung des Wassers und gesetzlichen Beschränkungen abhängen.

Unklarheiten über Wirkungszusammenhänge erschweren das Ableiten von Handlungsbedarf und stellen eine Herausforderung für die Forschung dar. Bei vielen beobachteten Veränderungen in Ökosystemen ist es schwierig, eine genaue Ursache zu ermitteln und zwischen klimatischen Effekten und anderen anthropogenen Einwirkungen zu unterscheiden (Lamentowicz *et al.* 2009; Steffen *et al.* 2009). Auch sind die Möglichkeiten der Vorhersage ökosystemarer Veränderungen durch die bereits angesprochene Komplexität beschränkt. Wie im MEA (2005a) aufgezeigt wird, fehlen für die meisten Ökosysteme und potenziell nichtlinearen Veränderungen wissenschaftlich gesicherte Schwellenwerte, um das Auftreten von Modifikationen zu erkennen. In jüngster Zeit zeichnen sich hier jedoch erhebliche Fortschritte ab (Rockström *et al.* 2009).

Über diese generellen Unsicherheiten hinaus lassen sich Kontroversen in einzelnen Themengebieten erkennen: Bei der Diskussion über die Renaturierung von Mooren kann man die Akteure in zwei Lager unterteilen: die Akteure, welche für Renaturierung plädieren und jene, die sich im Zuge der Anpassung an den Klimawandel gegen Renaturierung aussprechen. Der Nettoklimaeffekt, den die Degradierung bzw. die Wiederherstellung von Mooren mit sich bringt, ist wissenschaftlich und politisch umstritten, da intakte Moore auch als Quellen von Treibhausgasen (Methan, Lachgas) gelten (Klaphake *et al.* 2001). Kritiker der Wiedervernässung von Mooren halten dieser Maßnahme entgegen, dass durch die Wiedervernässung zwar die CO₂-Emissionen weitgehend gebremst werden, dafür aber die Emissionen des viel wirksameren Treibhausgases Methan angekurbelt werden. Untersuchungen einer Forschungsgruppe der Universität Greifswald ergaben jedoch, dass das Treibhauspotenzial der Methanemissionen durch die Wiedervernässung in der Regel kleiner ist als das Treibhauspotenzial der CO₂-Emissionen entwässerter Moore (Korn *et al.* 2009).

Ein weiterer wichtiger Aspekt im Zusammenhang von Klimawandel, aquatischer Biodiversität und Gesellschaft sind Gesundheitsaspekte. Neueste Erkenntnisse weisen auf einen in vielen Fällen positiven Zusammenhang zwischen hoher Biodiversität und dem Schutz von Organismen und damit auch Menschen vor der Übertragung von Krankheiten hin (Keesing *et al.* 2010). Gleichzeitig rücken mit Blick auf die Folgen des Klimawandels regional neue Krankheiten ins Feld der Aufmerksamkeit. Für diese stehen die Übertragungswege oft in Verbindung mit Wasser und den damit verbundenen Ökosystemen (z.B. Malaria, Schistosomiasis, Amphibian limb malformation). Trotz dieser jüngsten Hinweise auf Wechselwirkungen zwischen Klimawandel, Biodiversität und Ausbreitung von Krankheiten bleiben bislang viele Fragen zu einer differenzier-

ten Analyse der ursächlichen Zusammenhänge ungeklärt. Hierbei wird in Keesing *et al.* (2010) die Notwendigkeit einer differenzierten wissenschaftlichen Analyse des komplexen Wirkungsgeflechts globaler anthropogener Trends wie Klimawandel, biotischer Austausch, Verschmutzung von Nahrungsquellen, bewaffnete Konflikte und ökonomische Krisen mit dem Biodiversitätsverlust und dem Einfluss auf die Dynamiken von Krankheiten angesprochen.

Ausblick

Die vorliegende Diskursfeldanalyse verdeutlicht thematische Schwerpunkte, deren weitere Erforschung beziehungsweise Umsetzung in die Praxis für den Schutz und das Management limnischer Systeme eine hohe Bedeutung beigemessen werden kann. Dass alle angesprochenen Diskursstränge von allen Akteursgruppen aufgegriffen werden, spricht für die Priorität dieser Themen, aber auch für vielfach enge Querbezüge. Einige Themen wie multiple Stressoren, invasive Arten, Synergien/Zielkonflikte und Handlungsstrategien fallen dadurch auf, dass sie besonders häufig erwähnt oder bearbeitet werden. Dabei ist zu beachten, dass die vorliegende Materialsammlung begrenzt ist und die Gewichtung der analysierten Themen nicht zwangsläufig der realen Gewichtung entspricht, wie sie von Wissenschaft und Gesellschaft diskutiert werden.

Eine hohe Einigkeit zwischen den Akteursgruppen besteht in der zentralen Rolle eines klimabedingten Temperaturanstiegs der Gewässer und veränderter Abflussregime für die Biodiversität. Ebenfalls von allen Akteursgruppen angesprochen ist das Zusammenspiel von Klimawandel mit weiteren Einflussfaktoren wie veränderter Landnutzung, invasiven Arten und hohem Nutzungsdruck auf die Wasserressourcen. Die von der Wissenschaft identifizierten Arten, die besonders vom Klimawandel betroffen sind, sollten verstärkte Aufmerksamkeit erfahren, vor allem auch vor dem Hintergrund des oftmals noch begrenzten Wissens über ihr Aussterberisiko. Auf die in fragmentierten Landschaften durch den Klimawandel deutlich stärkere Betroffenheit aquatischer Arten im Vergleich zu den terrestrischen Arten wurde an vielen Stellen hingewiesen.

Die Wanderung der Arten aufgrund veränderter klimatischer Bedingungen zieht sich durch die gesamte Diskussion. Diesbezügliche Prozesse werden in der Wissenschaft durch Modellierungsansätze beschrieben, die jedoch in ihrer Verallgemeinerbarkeit und Aussagekraft noch ein deutliches Entwicklungspotenzial aufweisen. Unter der Perspektive des Managements wird von Akteuren aller Akteursgruppen für die Schaffung eines zusammenhängenden Biotopverbundes plädiert. Da es unwahrscheinlich ist, dass ganze Artengemein-

schaften gemeinsam wandern werden, herrscht jedoch Unsicherheit darüber, wie sich Ökosysteme entwickeln werden und welche Gestaltungsmaßnahmen beispielsweise eine naturnahe Entwicklung unterstützen können. Mit Blick auf die starke Abhängigkeit des menschlichen Wohlergehens von den Dienstleistungen der Ökosysteme wird hier seitens der Akteure des Policy-Bereichs mehrfach das Vorsorgeprinzip angesprochen (BfN *et al.* 2007; MEA 2005a).

Des Weiteren wird die Einwanderung invasiver Arten sehr häufig diskutiert und sollte als eine wesentliche Folge des Klimawandels und eine der Ursachen des weltweiten Biodiversitätsverlusts weiter erforscht werden. Eine wichtige Fragestellung ist hierbei die Identifizierung potenzieller invasiver Arten, um die Entwicklung von Frühwarnsystemen und effizienterer Reaktionsmöglichkeiten zu eröffnen.

Ein aufgrund der geringen Zahl gefundener Texte möglicherweise weitgehend unerforschtes Gebiet ist die Biodiversität im Grundwasser und in Quellen. Hier kann für die Zukunft auf weiteren Forschungsbedarf geschlossen werden.

Von allen Akteursgruppen, jedoch insbesondere den Akteuren des Policy-Bereichs, wird zwar auf Managementstrategien eingegangen, es bestehen jedoch erhebliche Unsicherheiten und Kontroversen hinsichtlich ihrer Implementierung. Deutliche Hemmnisse bei der Umsetzung sind unter anderem die Interessenkonflikte unterschiedlicher Stakeholdergruppen, eine mangelnde Partizipation lokaler Akteure und eine teilweise geringe Bereitschaft zur Umsetzung der Strategien. Auch Zielkonflikte zwischen Biodiversitäts- und Klimaschutz sowie den Maßgaben der Gewässerbewirtschaftung spielen eine entscheidende Rolle und sind dabei zu berücksichtigen. Gleichzeitig sprechen sich alle Akteursgruppen für eine Integration von Klima- und Biodiversitätsschutz aus. Synergien sollen identifiziert und genutzt und gegenläufige Effekte vermieden werden. Dies kann zum Beispiel bei Maßnahmen der Renaturierung von Feuchtgebieten und Auenwäldern geschehen, die damit sowohl Biodiversität erhalten als auch einen Beitrag zur Klimaregulierung leisten. Nach Benayas *et al.* (2009) kann hier die systematische Auswertung von Renaturierungsmaßnahmen in aquatischen und terrestrischen Ökosystemen tiefere Einblicke in die Dynamik von Wechselwirkungen liefern und in Zukunft helfen, bestehende Unsicherheiten zu verringern. Stark kontrovers wird dagegen der Klimaschutzeffekt einer Moorregenerierung diskutiert.

Trotz einzelner Kontroversen und der erwähnten Unsicherheiten (z.B. über Wirkungszusammenhänge) besteht grundsätzliche Einigkeit im dringenden Handlungsbedarf. Dies wird durch neue Untersuchungen zu den immens hohen Kosten des Nichthandelns im Bio-

diversitätsschutz nochmals verschärft. So ergibt eine Studie des TEEB-Verbands (*The Economics of Ecosystems and Biodiversity*), dass der kumulierte Verlust bis 2050 im Falle eines Nichthandelns beim Biodiversitätsschutz 14 Billionen Euro betragen würde. Das entspräche 7% des für 2050 prognostizierten globalen Bruttoinlandsprodukts (ten Brink *et al.* 2009). Proaktives und antizipatives Management von Ökosystemen ist also unverzichtbar – besonders unter neuen und sich verändernden Bedingungen. Dazu zählen zum Beispiel ein nachhaltiges Management und der Erhalt der Belastbarkeit von Ökosystemen angesichts einer Vielzahl auf sie einwirkender Stressoren.

Ergebnisse aus der Diskursfeldanalyse für BiK^F

Aus der Diskursfeldanalyse lassen sich zahlreiche Hinweise für die weitere Arbeit des LOEWE Biodiversität und Klima Forschungszentrums (BiK^F) gewinnen. Die Diskursfeldanalyse erlaubt einen bewussten Umgang mit Nichtwissen und möglichen Konfliktbereichen, sie kann aber auch Hinweise zu vielfachen Synergien zwischen unterschiedlichen Akteursgruppen liefern. Darüber hinaus werden Forschungspotenziale deutlich, die in BiK^F verfolgt werden können:

- Die Themen Wassererwärmung, Wasserverfügbarkeit und Wasserqualität besitzen hohe Potenziale für zukünftige Arbeiten. Auswirkungen der Wassererwärmung auf die Verbreitung temperatursensibler Arten, auf Ökosystemfunktionen und -dienstleistungen und auf Temperaturprofile sollten näher untersucht werden. In der Entwicklung quantitativer Modelle zur Abschätzung der Auswirkungen einer sinkenden Wasserverfügbarkeit in Flüssen und Seen auf die Biodiversität liegt ein dringender Forschungsbedarf. Ebenso bestehen erhebliche Wissenslücken über die Auswirkungen klima- und anpassungsbedingt veränderter Stoffeinträge (Nährstoffe und Pestizide) aus angrenzenden terrestrischen Ökosystemen auf die aquatische Biodiversität.

- Da Moore und Feuchtgebiete als Übergangsbereiche zwischen limnischen und terrestrischen Ökosystemen im Diskurs um Klimawandel und Biodiversitätsveränderungen eine wichtige Bedeutung haben, bieten sich diese Lebensräume als Fokus für weitere Arbeiten zu den Einflüssen des Klimawandels auf die Biodiversität an. Fragestellungen der Renaturierung und Realisierung potenzieller Klimaschutzeffekte können hierbei im Vordergrund stehen.

- Der Interaktion zwischen invasiven Arten, Biodiversität und Klimawandel kommt angesichts erheblicher Risiken und einem hohen Grad an noch unzureichendem Wissen eine wichtige Rolle zu. Modellansätze zur Früherkennung potenziell invasiver Arten und zur Unterstützung bei der Entwicklung von frühzeitig ein-

setzbaren Handlungsstrategien besitzen eine hohe wissenschaftliche und gesellschaftliche Relevanz.

■ Modellierung ist als zentrales Instrument zur Abschätzung zukünftiger klimabedingter Biodiversitätsänderungen angesehen. Dies steht im Einklang mit der hohen Bedeutung von Modellen in den Arbeiten von BiK^F. Als Ergebnis der Diskursfeldanalyse besteht die Herausforderung jedoch darin, die begrenzte Datenlage weiter zu verbessern, die vielfache Annahme eines Gleichgewichts als Ausgangszustand in (Nischen-)Modellen zu überwinden, die Interpretation von Korrelationen als Kausalbeziehungen zu hinterfragen, Verbreitungsprozesse und biotische Interaktionen verstärkt zu untersuchen und letztlich die komplexe Wechselwirkung zwischen limnischen und terrestrischen Systemen sowie den nutzungsbedingten Einflüssen anthropogener Überformungen stärker zu berücksichtigen.

■ Der erhebliche Handlungsbedarf mit Blick auf den fortschreitenden Biodiversitätsverlust macht einen

Schulterschluss zwischen Wissensgenerierung durch die Wissenschaft und Wissenstransfer in die Gesellschaft notwendig. Der Frage, wie vorhandenes Wissen zu handelnden Akteuren kommt und wie Handlungsstrategien entwickelt und effektiv umgesetzt werden können, kommt eine zentrale Bedeutung zu. In diesem Zusammenhang spielen klimaadaptive Managementstrategien im Biodiversitätsschutz eine wichtige Rolle. Ebenfalls zentral sind Fragen zu Zielkonflikten und Synergien zwischen Biodiversitäts- und Klimaschutz und dem Gewässermanagement. Hier kann das Konzept der Ökosystemdienstleistungen eine richtungweisende Rolle spielen. Dieser Aspekt wird im Stakeholder-Dialog zu limnischen Systemen aufgenommen.

Danksagung: Wir bedanken uns hiermit ganz herzlich bei Jörg Oehlmann und Ruth Müller für wertvolle Hinweise zu den analysierten Journals und Texte sowie weiteren inhaltlichen Fragen.

Literatur

- AHTEG (2009): Main Messages from the Ad Hoc Technical Expert Group on Biodiversity and Climate Change. Second Ad Hoc Technical Expert Group (AHTEG), Secretariat of the CBD, Montreal.
- Bardsley, D. (2006): There's a change on the way – An initial integrated assessment of projected climate change impacts and adaptation options for Natural Resource Management in the Adelaide and Mt Lofty Ranges Region. DWLBC Report 2006/06, Government of South Australia, Adelaide.
- Bayon, Ricardo/Michael Jenkins (2010): The business of biodiversity. *Nature* 466, 184–185.
- Benayas, José M. Rey/Adrian C. Newton/Anita Diaz/James M. Bullock (2009): Enhancement of Biodiversity and Ecosystem Services by Ecological Restoration: A Meta-Analysis. *Science* 325(5944), 1121–1124.
- BfN/ded/GTZ/KfW (2007): Handlungsempfehlungen für die Entwicklungszusammenarbeit zu Klimawandel, Biodiversität und Entwicklung. Seminar „Naturschutz in Zeiten des Klimawandels: Herausforderungen und Chancen für die Entwicklungszusammenarbeit“ Internationale Naturschutzakademie Insel Vilm, 23.–28.7.2007.
- Bickford, David/Sam D. Howard/Daniel J. J. Ng/Jennifer A. Sheridan (2010): Impacts of climate change on the amphibians and reptiles of Southeast Asia. *Biodiversity and Conservation* 19, 1043–1062.
- BMU (2008): Grundwasser in Deutschland. Bundesministerium für Umwelt. Reihe Umweltpolitik. Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Berlin.
- Bragg, Olivia M. (2002): Hydrology of peat-forming wetlands. *The Science of the Total Environment* 294, 111–129.
- Brix, Hans (1999): The European Research Project on Reed Die-Back and Progression (EUREED). *Limnologica* 29(1), 5–10.
- BUND (2009): Naturschutz in Zeiten des Klimawandels. Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND), Berlin.
- Chantepie, S./E. Lasne/P. Laffaille (2011): Assessing the conservation value of waterbodies: the example of the Loire floodplain (France). *Biodiversity and Conservation*, Online First.
- Dawson, Terry P./Pam M. Berry/E. Kampa (2003): Climate change impacts on freshwater wetland habitats. *Journal for Nature Conservation* 11(1): 25–30.
- Dillon, Michael E./George Wang/Raymond B. Huey (2010): Global metabolic impacts of recent climate warming. *Nature* 467, 704–707.
- Dudgeon, David/Angela H. Arthington/Mark O. Gessner/Zen-Ichiro Kawabata/Duncan J. Knowler/Christian Lévêque/Robert J. Naiman/Anne-Hélène Prieur-Richard/Doris Soto/Melanie L. J. Stiassny/Caroline A. Sullivan (2006): Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society* 81(2), 163–182.
- Engelkes, Tim/Elly Morrien/Koen J. F. Verhoeven/T. Martijn Bezemer/Arjen Biere/Jeffrey A. Harvey/Lauren M. McIntyre/Wil L. M. Tamis/Wim H. van der Putten (2008): Successful range-expanding plants

- experience less above-ground and below-ground enemy impact. *Nature* 456, 946–948.
- Fisher, Brendan/Richard B. Bradbury/Julian E. Andrews/Malcolm Ausden/Stephanie Bentham-Green/Sue M. White/Jennifer A. Gill (2011): Impacts of species-led conservation on ecosystem services of wetlands: understanding co-benefits and tradeoffs. *Biodiversity and Conservation*, Online First.
- Forslund, Anna/Birgitta Malm Renöfält/Stefano Barchiesi/Katharine Cross/Sarah Davidson/Tracy Farrell/Louise Korsgaard/Karin Krchnak/Michael McClain/Karen Meijer/Mark Smith (2009): Securing Water for Ecosystems and Human Well-being: The Importance of Environmental Flows. Swedish Water House Report 24. SIWI.
- Frías-Alvarez, Patricia/J. Jaime Zúniga-Vega/Oscar Flores-Villela (2010): A general assessment of the conservation status and decline trends of Mexican amphibians. *Biodiversity and Conservation* 19, 3699–3742.
- Fulweiler, Robinson W./Scott W. Nixon (2009): Responses of benthic-pelagic coupling to climate change in a temperate estuary. *Hydrobiologia* 629, 147–156.
- Harrison, Paula A./Marie Vandewalle/Martin T. Sykes/Pam M. Berry/Rob Bugter/Francesco de Bello/Christian K. Feld/Ulf Grandin/Richard Harrington/John R. Haslett/Rob H. G. Jongman/Gary W. Luck/Pedro Martins da Silva/Mari Moora/Josef Settele/J. Paulo Sousa/Martin Zobel (2010): Identifying and prioritising services in European terrestrial and freshwater ecosystems. *Biodiversity and Conservation* 19, 2791–2821.
- Haslett, John R./Pam M. Berry/Györgyi Bela/Rob H. G. Jongman/György Pataki/Michael J. Samways/Martin Zobel (2010): Changing conservation strategies in Europe: a framework integrating ecosystem services and dynamics. *Biodiversity and Conservation* 19, 2963–2977.
- Gitay, Habiba/Avelino Suárez/David J. Dokken/Robert T. Watson (2002): Climate Change and Biodiversity. IPCC Technical Paper V.
- Grüne Liga (2006): GRÜNE LIGA-Position zur Gewässerschutzpolitik: Erwartungen an die deutsche EU-Ratspräsidentschaft. Positionspapier, Berlin
- Grüne Liga (2011): Die ökonomischen Instrumente der Wasserrahmenrichtlinie als Chance für den Gewässerschutz – Defizite und Handlungsbedarf im ersten Bewirtschaftungszeitraum. Positionspapier, Berlin.
- Harrison, Paula A./Berry Pam M./C. Henriques/Ian P. Holman (2008): Impacts of socio-economic and climate change scenarios on wetlands: linking water resource and biodiversity meta-models. *Climatic Change* 90, 113–139.
- Hassan, Rashid/Robert Scholes/Neville Ash, editors, (2005): Ecosystems and Human Well-Being: Current State and Trends. Findings of the Condition and Trends Working Group. The Millennium Ecosystem Assessment Series, Volume 1. Island Press. Washington, Covelo, London.
- Heino, Jani/Raimo Virkkala/Heikki Toivonen (2009): Climate change and freshwater biodiversity: detected patterns, future trends and adaptations in northern regions. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society* 84(1), 39–54.
- Hermoso, V./S. Linke/J. Prenda (2009): Identifying priority sites for the conservation of freshwater fish biodiversity in a Mediterranean basin with a high degree of threatened endemics. *Hydrobiologia* 623, 127–140.
- Hitz, Sam/Joel Smith (2004): Estimating global impacts from climate change. *Global Environmental Change* 14, 201–218.
- Hoffmann, Michael/Craig Hilton-Taylor/Ariadne Angulo *et al.* (2010): The Impact of Conservation on the Status of the World's Vertebrates. *Science* 330(6010), 1503–1509.
- Jahn, Thomas/Alexandra Lux (2009): Problemorientierte Diskursfeldanalyse – neue Methode und Anwendungsmöglichkeiten. ISOE-Studentexte, Nr. 15, ISSN 0947–6083.
- Keesing, Felicia /Lisa K. Belden/Peter Daszak/Andrew Dobson/C. Drew Harvell/Robert D. Holt/Peter Hudson/Anna Jolles/Kate E. Jones/Charles E. Mitchell/Samuel S. Myers/Tiffany Bogich/Richard S. Ostfeld (2010): Impacts of biodiversity on the emergence and transmission of infectious diseases. *Nature* 468, 647–652.
- Khuroo, Anzar A./Zafar Reshi/Irfan Rashid/G. H. Dar/Zafar S. Khan (2008): Operational characterization of alien invasive flora and its management implications. *Biodiversity and Conservation* 17, 3181–3194.
- Korn, Horst/Rainer Schliep/Jutta Stadler (2009): Biodiversität und Klima – Vernetzung der Akteure in Deutschland V – Ergebnisse und Dokumentation des 5. Workshops an der Internationalen Naturschutzakademie des Bundesamtes für Naturschutz, Insel Vilm, 7.-10.12.2008. BfN – Skripten 252.
- Klaphake, Alex/Waltina Scheumann/Rainer Schliep (2001): Biodiversity and International Water Policy. International Agreements and Experiences Related to the Protection of Freshwater Ecosystems. Research Report, BMU, Berlin.
- Kundzewicz, Z. W./L. J. Mata/N. W. Arnell/P. Döll/B. Jimenez/K. Miller/T. Oki/Z. Şen/I. Shiklomanov (2008): The implications of projected climate

- change for freshwater resources and their management. *Hydrological Sciences Journal* 53(1), 3–10.
- Lamentowicz, Mariusz/Zofia Balwierz/Jacek Forsysiak/Mateusz Plóciennik/Piotr Kittel/Marek Kloss/Juliusz Twardy/Stawomir Zurek/cek Pawlyta (2009): Multiproxy study of anthropogenic and climatic changes in the last two millennia from a small mire in central Poland. *Hydrobiologia* 631, 213–230.
- Macneale, Kate H./Peter M. Kiffney/Nathaniel L. Scholz (2010): Pesticides, aquatic food webs, and the conservation of Pacific salmon. *Frontiers in Ecology and the Environment* 8(9), 475–482.
- MEA (2005a): Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis. Millennium Ecosystem Assessment. World Resources Institute, Washington, DC.
- MEA (2005b): Ecosystems and Human Well-being: Wetlands and Water – Synthesis. Millennium Ecosystem Assessment. World Resources Institute, Washington, DC.
- Moss, Richard H./Jae A. Edmonds/Kathy A. Hibbard/Martin R. Manning/Steven K. Rose/Detlef P. van Vuuren/Timothy R. Carter/Seita Emori/Mikiko Kainuma/Tom Kram/Gerald A. Meehl/John F. B. Mitchell/Nebojsa Nakicenovic/Keywan Riahi/Steven J. Smith/Ronald J. Stouffer/Allison M. Thomson/John P. Weyant/Thomas J. Wilbanks (2010): The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature* 463, 747–456.
- Müller, Ruth/Cornelia Bandow/Anne Seeland/Dennis Fennel/Anja Coors/Peter K. Ebke/Bernhard Förster/Pedro Martinez-Arbizu/Thomas Moser/Matthias Oetken/Jasmin Renz/Jörg Römbke/Nadine Schulz/Jörg Oehlmann (2010): BiK-F AdaMus: a novel research project studying the response and adaptive potential of single species and communities to climate change in combination with other stressors. *Journal of Soils and Sediments* 10, 718–721.
- Muneepeerakul, Rachata/Enrico Bertuzzo/Heather J. Lynch/William F. Fagan/Andrea Rinaldo/Ignacio Rodriguez-Iturbe (2008). Neutral metacommunity models predict fish diversity patterns in Mississippi–Missouri basin. *Nature* 453, 220–223.
- Myers, Norman/Russell A. Mittermeier/Cristina G. Mittermeier/Gustavo A. B. da Fonseca/Jennifer Kent (2000): Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403, 853–858.
- Nagy, Gustavo J./M. Bidegain/R. M. Caffera/J. J. Lagomarsino/W. Norbis/A. Ponce/G. Sención (2006): Adaptive Capacity for Responding to Climate Variability and Change in Estuarine Fisheries of the Rio de la Plata. AIACC Working Paper No. 36, Washington, DC.
- Naidoo, R./A. Balmford/R. Costanza/B. Fisher/R. E. Green/B. Lehner/T. R. Malcolm/T. H. Ricketts (2008): Global mapping of ecosystem services and conservation priorities. *PNAS* 105(28), 9495–9500.
- New, Thomas/Zongquiang Xie (2008): Impacts of large dams on riparian vegetation: applying global experience to the case of China's Three Gorges Dam. *Biodiversity and Conservation* 17, 3149–3163.
- Nowotny, Günther/Hermann Hinterstoisser (1994): Biotopkartierung Salzburg – Kartierungsanleitung. Mit Beiträgen von Fölsche B., Stadler S., Urban W. Naturschutz-Beiträge 14/94.
- Parker, Brian R./Rolf D. Vinebrooke/David W. Schindler (2008): Recent climate extremes alter alpine lake ecosystems. *PNAS* 105(35), 12927–12931.
- Rockström, Johan/Will Steffen/Kevin Noone *et al.* (2009): A safe operating space for humanity. *Nature* 461, 472–475.
- Romansic, J.M./A. A. Waggener/B. A. Bancroft/A. R. Blaustein (2009): Influence of ultraviolet-B radiation on growth, prevalence of deformities, and susceptibility to predation in Cascades frog (*Rana cascadae*) larvae. *Hydrobiologia* 624, 219–233.
- Sala, Osvaldo E./F. Stuart Chapin/Juan J. Armesto/Eric Berlow/Janine Bloomfield/Rodolfo Dirzo/Elisabeth Huber-Sanwald/Laura F. Huenneke/Robert B. Jackson/Ann Kinzig/Rik Leemans/David M. Lodge/Harold A. Mooney/Martin Oesterheld/N. LeRoy Poff/Martin T. Sykes/Brian H. Walker/Marilyn Walker/Diana H. Wall (2000): Global Biodiversity Scenarios for the Year 2100. *Science* 287(5459), 1770–1774.
- Schindler, Daniel E./Ray Hilborn/Brandon Chasco/Christopher P. Boatright/Thomas P. Quinn/Lauren A. Rogers/Michael S. Webster (2010): Population diversity and the portfolio effect in an exploited species. *Nature* 465, 609–613.
- Schneider, Nicole Anja/Michael Griesser (2009): Influence and value of different water regimes on avian species richness in arid inland Australia. *Biodiversity and Conservation* 18, 457–471.
- Sommer, Bea/Pierre Horwitz (2009): Macroinvertebrate cycles of decline and recovery in Swan Coastal Plain (Western Australia) wetlands affected by drought-induced acidification. *Hydrobiologia* 624, 191–203.
- Steffen, Will/Andrew Burbidge/Lesley Hughes/Roger Kitching/David Lindenmayer/Warren Musgrave/Mark Stafford Smith/Patricia Werner (2009): Australia's biodiversity and climate change: a strategic assessment of the vulnerability of Australia's biodiversity to climate change. A report to the Natural Resource Management Ministerial Council commissioned by the Australian Government. CSIRO Publishing.

- Taylor, Philip G./Alan R. Townsend (2010): Stoichiometric control of organic carbon–nitrate relationships from soils to the sea. *Nature* 464, 1178–1181.
- ten Brink, P./M. Rayment/I. Bräuer/L. Braat/S. Bassi/A. Chiabai/A. Markandya/P. Nunes/B. ten Brink/M. van Oorschot/H. Gerdes/N. Stupak/V. Foo/J. Armstrong/M. Kettunen/S. Gantioler (2009): Further Developing Assumptions on Monetary Valuation of Biodiversity Cost Of Policy Inaction (COPI). European Commission project – final report, Institute for European Environmental Policy (IEEP), London/Brussels.
- Tixier, Guillaume/Kevin P. Willson/Williams Dudley D. (2009): Exploration of the influence of global warming on the chironomid community in a manipulated shallow groundwater system. *Hydrobiologia* 624, 13–27.
- Whitehouse, Nicki J./Peter G. Langdon/Richard Bustin/Sarah Galsworthy (2008): Fossil insects and ecosystem dynamics in wetlands: implications for biodiversity and conservation. *Biodiversity and Conservation* 17, 2055–2078.
- Woodruff, David S. (2010): Biogeography and conservation in Southeast Asia: how 2.7 million years of repeated environmental fluctuations affect today's patterns and the future of the remaining refugial-phase biodiversity. *Biodiversity and Conservation* 19, 919–941.
- Vescovi, Luc/Dominique Berteaux/David Bird/Sylvie de Blois (2009): Freshwater Biodiversity versus Anthropogenic Climate Change. Scientific Paper, United Nations World Water Assessment Programme, Paris.
- Vörösmarty, C. J./P. B. McIntyre/M. O. Gessner/D. Dudgeon/A. Prusevich/P. Green/S. Glidden/S. E. Bunn/C. A. Sullivan/C. Reidy Liermann/P. M. Davies (2010): Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature* 467, 555–561.
- Young, Juliette C./Mariella Marzano/Rehema M. White/David I. McCracken/Steve M. Redpath/David N. Carss/Christopher P. Quine/Allan D. Watt (2010): The emergence of biodiversity conflicts from biodiversity impacts: characteristics and management strategies. *Biodiversity and Conservation* 19, 3973–3990.
- Yule, Catherine M. (2010): Loss of biodiversity and ecosystem functioning in Indo-Malayan peat swamp forests. *Biodiversity and Conservation* 19, 393–409.
- Zacharias, Ierotheos/Miltiadis Zamparas (2010): Mediterranean temporary ponds. A disappearing ecosystem. *Biodiversity and Conservation* 19, 3827–3834.

Impressum:

LOEWE Biodiversität und Klima
 Forschungszentrum (BiK^F)
 Senckenberganlage 25
 60325 Frankfurt am Main
 V.i.S.d.P.: Dr. Thomas Jahn,
 Projektbereichsleiter „Wissenstransfer
 und sozial-ökologische Dimensionen“
 ISSN: 2192-1571

Anhang: Übersicht zu Akteursgruppen, Diskursarenen und der den Akteursgruppen zugeordneten, analysierten Texte

Diskursarena	Anzahl der analysierten Texte
Wissenschaftliche Akteure	47
Biodiversity and Conservation (Vollauswertung: Jan. 2008 – Feb. 2011) Bickford <i>et al.</i> 2010; Chantepie <i>et al.</i> 2011; Fisher <i>et al.</i> 2011; Friás-Alvarez <i>et al.</i> 2010; Harrison <i>et al.</i> 2010; Haslett <i>et al.</i> 2010; Khuroo <i>et al.</i> 2008; New/Xie 2008; Schneider/Griesser 2009; Whitehouse <i>et al.</i> 2008; Woodruff 2010; Young <i>et al.</i> 2010; Yule 2010; Zacharias/Zamparas 2010	14
Nature (Vollauswertung: Jan. 2008 – Dez. 2010) Dillon <i>et al.</i> 2010; Engelkes <i>et al.</i> 2008; Keesing <i>et al.</i> 2010; Moss <i>et al.</i> 2010; Muneeppeerakul <i>et al.</i> 2008; Myers <i>et al.</i> 2000; Rockström <i>et al.</i> 2009; Schindler <i>et al.</i> 2010; Taylor/Townsend 2010; Vörösmarty <i>et al.</i> 2010	10
Hydrobiologia (Vollauswertung: Apr. 2009 – Okt. 2009) Fulweiler/Nixon 2009; Hermoso <i>et al.</i> 2009; Lamentowicz <i>et al.</i> 2009; Romansic <i>et al.</i> 2009; Sommer/Horwitz 2009; Tixier <i>et al.</i> 2009	6
Science (Vollauswertung: Jan. 2008 – Dez. 2010) Sala <i>et al.</i> 2000; Benayas <i>et al.</i> 2009; Hoffmann <i>et al.</i> 2010; Sala <i>et al.</i> 2000	4
PNAS (Vollauswertung: Jan. 2005 – Dez. 2010) Naidoo <i>et al.</i> 2008; Parker <i>et al.</i> 2008	2
Weitere Journals (Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society, Climatic Change, Frontiers in Ecology and the Environment, Global Environmental Change, Hydrological Sciences Journal, Journal for Nature Conservation, Journal of Soils and Sediments, Limnologica, The Science of the Total Environment) und Working Papers Bragg 2002; Brix 1999; Dawson <i>et al.</i> 2003; Dudgeon <i>et al.</i> 2006; Harrison <i>et al.</i> 2008; Heino <i>et al.</i> 2009; Hitz/Smith 2004; Kundzewicz <i>et al.</i> (2008); Macneale <i>et al.</i> 2010; Müller <i>et al.</i> 2010; Nagy <i>et al.</i> 2006	11
Papiere der Politikberatung und von politiknahen Akteursgruppen	12
National agierende Akteure BfN 2007; BMU 2008; Bradsley 2006; Klaphake <i>et al.</i> 2001; Korn <i>et al.</i> 2009; Steffen <i>et al.</i> 2009	6
International agierende Akteure AHTEG 2009 ; Hassan <i>et al.</i> 2005; MEA 2008a/b; Gitay <i>et al.</i> 2002; Vescovi <i>et al.</i> 2009	6
Papiere weiterer gesellschaftlicher Akteure	5
Nicht-Regierungsorganisationen (NGO) BUND 2009; Forslund <i>et al.</i> 2009; Grüne Liga 2006/2011	4
Wirtschaftsnahe Akteure Bayon/Jenkins 2010	1
Gesamtanzahl der analysierten Texte	64