



Klimabedingte Biodiversitätsrisiken. Ein neues Forschungsgebiet für BiK-F

Engelbert Schramm^{1, 2}, Alexandra Lux^{1, 2}

¹ BiK^F Projektbereich F Wissenstransfer und sozial-ökologische Dimensionen

² ISOE – Institut für sozial-ökologische Forschung

Abstract: Climate and biodiversity change can have negative or unexpected social, economic or ecological effects. The Knowledge Flow Paper at hand is dealing with the question what potentials concepts of risk might have for climate related biodiversity research with respect to the synthesis of the results as well as regarding their communication within society. The term “climate induced biodiversity risks” will be introduced in detail and then looked at more closely with respect to its potentials for the research within BiK-F. In the first part, general risk perspectives and their scientific interpretation will be presented and significant components of the risk concept will be introduced. On this basis they will then be applied to the subject areas of biodiversity and climate. A distinction is made between risks for biodiversity, risks for ecosystem services and risks due to climate induced changes of biodiversity for further ecological assets. Thus, this Knowledge Flow Paper initially serves as basis for decisions concerning the possibilities and ways to link risk related areas of research. Furthermore, we would like to offer suggestions to the readers on how to correlate existing discourses on risks and biodiversity.

1. Einleitung

Das *LOEWE Biodiversität und Klima Forschungszentrum (BiK-F)* in Frankfurt am Main untersucht die Interaktionen zwischen organischer Biodiversität und Klima. Es werden vergangene wie gegenwärtige Ereignisse und Prozesse dokumentiert und analysiert, um darauf basierend verlässliche Projektionen und Entscheidungsgrundlagen für die Zukunft zu erarbeiten. Dabei werden auch Veränderungen untersucht, die negative oder unerwartete gesellschaftliche, wirtschaftliche oder ökologische Folgen haben können. Um dabei Forschungen bündeln zu können, die sich auf Risiken im weitesten Sinne beziehen, hat sich der BiK-F Projektbereich *Wissenstransfer und sozial-ökologische Dimensionen* mit Risikokonzepten beschäftigt. Es wurde untersucht, welche Potenziale der Risikobegriff für eine klimabezogene Biodiversitätsforschung hat – sowohl für die Synthese ihrer Ergebnisse als auch für deren Kommunikation in die Gesellschaft.

Anleitend für die weitere Auseinandersetzung mit Risikokonzepten war dabei, dass der Begriff „klimabedingte Biodiversitätsrisiken“ geeignet sein kann, die Risikoforschung von BiK-F, die sehr unterschiedliche Gebiete betrifft, zu bündeln. Daher wird dieser Begriff im Folgenden zu entfalten versucht, um ihn dann für die Forschungen des Zentrums genauer hinsichtlich

seiner Leistungsfähigkeit zu betrachten. Damit dies angemessen geschehen kann, werden im ersten Teil allgemeine Perspektiven auf Risiken und ihre wissenschaftliche Interpretation dargelegt und wesentliche Bestandteile des Risikokonzepts vorgestellt. Darauf aufbauend werden diese auf den Gegenstandsbereich Biodiversität und Klima angewendet. Dabei werden Risiken betrachtet, die direkt oder indirekt durch das Klima bedingt sind. Sie werden unterschieden in Risiken für Biodiversität, Risiken für Ökosystemleistungen und Risiken durch klimabedingte Biodiversitätsveränderungen für weitere Schutzgüter sowie unspezifizierte Risiken. Damit dient das vorliegende Knowledge Flow Paper zunächst im Zentrum als Entscheidungsgrundlage über die Möglichkeiten und Wege, risikobezogene Forschungen miteinander in Beziehung zu bringen. Weiterhin wollen wir Leserinnen und Lesern Anregung für die Verbindung der Diskurse um Risiko und Biodiversität geben.

Die vorliegende Arbeit wurde im Forschungsförderungsprogramm „LOEWE – Landes-Offensive zur Entwicklung Wissenschaftlich-ökonomischer Exzellenz“ des Hessischen Ministeriums für Wissenschaft und Kunst von der Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung finanziell unterstützt.

2. Besonderheiten und Bestandteile des Risikobegriffs

Grundsätzlich können alle menschlichen Aktivitäten mit unbeabsichtigten Nebenwirkungen verbunden sein. Doch lassen sich die meisten gesellschaftlichen Bedürfnisse nicht erfüllen, ohne derartige folgenreiche Aktivitäten durchzuführen. Risiken einzugehen ist folglich eine Voraussetzung für die gesellschaftliche und die wirtschaftliche Entwicklung.

Als gesellschaftliche Problemlage sind Risiken heute anerkannt; der Soziologe Ulrich Beck sprach schon vor Jahrzehnten von der „Risikogesellschaft“ (Beck 1986), weil die Produktion und gesellschaftliche Verteilung von Reichtum systematisch mit der Produktion wissenschaftlich-technisch produzierter Risiken einhergeht. Folglich entstehen aus der Produktion, Definition und Verteilung dieser Risiken neue gesellschaftliche Probleme und Konflikte.

Aufgrund der verbesserten Prognosefähigkeit zu den Folgen einer Handlung und der neuen technischen Möglichkeiten, in Risikozusammenhänge minimierend einzugreifen, konnte es (zunehmend) zu einer Selbstverpflichtung moderner Gesellschaften kommen, Risiken zu begrenzen oder zu reduzieren. Entsprechend wachsen die gesellschaftlichen Ansprüche: Politische und wirtschaftliche Entscheidungsträger sollen bei der proaktiven Gestaltung der Zukunft durch ein vorausschauendes Risikomanagement frühzeitig auf mögliche Gefährdungen reagieren. Katastrophenschutz, Hochwasserschutz, Technische Überwachung, Bauprüfungen, Umweltverträglichkeitsprüfungen sind nur ein kleiner Ausschnitt an Maßnahmen, die ergriffen wurden, um Gefährdungen und Risiken in den Griff zu bekommen (Kluge/Schramm 1990).

Damit wissenschaftlich belastbare Vorhersagen möglicher Risiken getroffen werden können, sollten die Kausalursachen bekannt sein, die Risikoereignisse verursachen (vgl. WBGU 1998: 35). Grundsätzlich ist jedoch ein bewusster Umgang mit Risiken auch dann möglich, wenn die entsprechenden Kausalzusammenhänge noch nicht ausreichend geklärt sind. Letztlich markieren Risiken immer den Übergang vom Nicht-Wissen zum Wissen. Häufig fehlt nicht nur Wissen darüber, warum ein unerwünschter Effekt eintritt, manchmal ist auch die Eintrittswahrscheinlichkeit nicht objektiv bestimmbar (vgl. Schramm/Kieb 2012).

Neben System- oder Sachwissen zur Bestimmung des Risikos wird daher zunehmend Orientierungswissen zur Bestimmung der Akzeptabilität von Risiken benötigt.¹ Teilweise bewerten jedoch diverse gesell-

schaftliche und wirtschaftliche Akteure die Risikowirkung extrem unterschiedlich (Kluge/Schramm 1990, Renn et al. 2007). Auch verhalten sie sich recht unterschiedlich zu Risiken; sie sind mehr oder weniger risikofreudig bzw. risikoavers. Dies hängt nur teilweise mit ihrem Risikobewusstsein zusammen (Renn et al. 2007).

Risiken sind demnach durch eine besondere Problemstruktur gekennzeichnet. Sowohl der Umgang mit Nicht-Wissen als auch der Umgang mit vielfältigen Bewertungen stellen letztlich entscheidende Variablen im angemessenen Umgang mit Risiken dar.

2.1 Definitionen

In der Risikoforschung wird häufig der Begriff des Risikos von dem der Unsicherheit und dem der Gefahr oder Gefährdung abgegrenzt. Dies geschieht aber in der Literatur nicht einheitlich, sodass sich daraus eine terminologische Herausforderung ergibt, die insbesondere für die Risikokommunikation besteht (vgl. z.B. Überblick in Scheer et al. 2010: 25ff.).

Risiken bezeichnen nicht nur mögliche Folgen von Handlungen, die im Urteil der überwiegenden Zahl der Menschen eindeutige Schäden sind. Teilweise gelten bereits Folgen von Handlungen, die als unerwünscht gelten, als Risiken. (Unbeabsichtigte) Veränderungen werden als derartige adverse Effekte definiert, wenn sie mit einer Beeinträchtigung der Funktionsfähigkeit oder der Kompensationsfähigkeit gegenüber zusätzlichen Belastungen einhergehen bzw. zu einer solchen führen oder aber die Empfindlichkeit gegenüber schädlichen Wirkungen anderer Risiken erhöhen. Bei Biodiversitätsrisiken können sich diese beispielsweise auf Veränderungen von Aussehen, Stoffwechsel, Entwicklung oder Lebenserwartung eines Organismus beziehen, etwa gravierende Körpergewichtsreduktionen, Veränderungen im Enzymhaushalt oder im Verhalten sowie neurophysiologisch erfassbare Abweichungen. In der Regel führen die adversen Effekte zu einem Schaden. Die neuere Risikoforschung macht aber deutlich, dass es ausreichend sein kann, wenn ein unerwünschter Zustand erreicht wird (z.B. eine Verringerung der Biodiversität), ohne dass es unbedingt zu einem Schaden, also der Schädigung eines Schutzgutes, kommt (Renn et al. 2007).

Ein weiterer Grund für das heterogene Verständnis von Risiko in der Risikoforschung liegt in den disziplinären Traditionen; Risikokonzepte in den verschiedenen Disziplinen unterscheiden sich nach der Art der Analyse der unerwünschten Handlungsfolgen, ihrer Voraussage, aber auch der Bewertung dieser Risiken und ihrer Klassifizierung nach Risikoklassen (vgl. WBGU 1998: 35f., Renn 2008). Je nach eingenomme-

¹ Zur Unterscheidung verschiedener Wissenstypen in der Nachhaltigkeitsforschung vgl. Becker 2006.

ner Perspektive ergeben sich unterschiedliche Möglichkeiten zur Definition (Renn 2008). Die in Tabelle 1 zusammengestellten Risikoperspektiven weisen fach- oder sektorspezifische Definitionen von Risiko auf, die weiter differenziert werden. Grundlage hierfür sind die

unterschiedlichen Zielstellungen der verschiedenen Disziplinen bzw. die unterschiedlichen Schutzgüter, die in der Aufmerksamkeit und Verantwortung einzelner Sektoren liegen.

Tabelle 1: Disziplinäre und transdisziplinäre Risikoperspektiven (nach SRU 1999 sowie Markau 2003 und Birkmann 2011)

Perspektive	Definitionen
Juristisch	Im Rechtswesen wird die Risikodimension mit drei Begriffen präzisiert: Risiko, Gefahr, Restrisiko. <i>Risiko</i> ist dabei die Möglichkeit eines Schadenseintritts. <i>Gefahr</i> : Es besteht eine hinreichend große Wahrscheinlichkeit zum Eintritt eines Schadens. <i>Restrisiko</i> bezeichnet ein gesellschaftlich hinzunehmendes, rechtlich erlaubtes Risiko, egal ob es bekannt oder unbekannt ist.
Ökonomisch	Für die Einschätzung von Handlungsentscheidungen wird eine Differenzierung zwischen den Begriffen Risiko, Unsicherheit, Unwissenheit und Unkenntnis vorgenommen. <i>Risiko</i> : Zur Kalkulation von Handlungsentscheidungen sind alle Ergebnisse und deren Eintrittswahrscheinlichkeiten bekannt. <i>Unsicherheit</i> : Alle Ergebnisse einer Handlungsentscheidung sind bekannt, sofern sich Informationsmängel beseitigen lassen. <i>Unwissenheit</i> : Nicht alle Ergebnisse einer Handlungsentscheidung sind bekannt. <i>Unkenntnis</i> : Sie herrscht vor, wenn sich Informationsmängel nicht beseitigen lassen.
Versicherungswissenschaftlich	Risiko als Kombination aus Verletzlichkeit (Vulnerabilität) der Risikoelemente in einem spezifischen Raum und der Gefährdung durch die Gefahrenerelemente (Intensität und Auftretenswahrscheinlichkeit) als Basis für Entscheidungen bei Unsicherheit. Das Risiko beschreibt dann eine Schadenswahrscheinlichkeit (vgl. nächste Zeile).
Naturwissenschaftlich-technisch	Risikoerfassung durch Kalkulation (Modellierung) der Schadenswahrscheinlichkeit aus eintretendem Schaden und Wahrscheinlichkeit des Ereignisses. Dadurch kann Risiko als <i>Produkt von Schaden und einem Mindestmaß an Eintrittswahrscheinlichkeit</i> angesehen werden.
Medizinisch	Risiken sind Sachverhalte, die in sich die Möglichkeit bergen, Ursachen (Gründe) für Krankheiten bzw. Gesundheitsprobleme zu werden. Auch die Gründe für deren unterschiedliche Verteilung oder deren Zunahme werden dabei betrachtet.
Toxikologisch	Risiko wird als berechenbares <i>Produkt aus Toxizität (Gefahr) und Exposition</i> erfasst. Dabei umfasst <i>Gefahr</i> die quantitative Beschreibung einer schädlichen Wirkung. Dient zur Dosis-Wirkungsabschätzung für bestimmte, unerwünschte Wirkungen einer Substanz.
Psychologisch	Die psychologische Betrachtung von Risiken zielt auf die Ermittlung des individuell wahrgenommenen Risikos und des Entscheidungsverhaltens in Risikosituationen. Im Zentrum steht ein subjektives Risiko als Ergebnis der individuellen Risikobewertung auf der Basis einer unmittelbaren Risikoerfahrung.
Soziologisch	In der sozialwissenschaftlichen Betrachtung von Risiken geht es um die (inter)subjektive Risikowahrnehmung und -bewertung und um deren soziale Verstärkung. Ziel ist es, den gesellschaftlichen Umgang mit Risiken und Unsicherheiten zu <i>verstehen</i> .
Sozial-ökologisch	Die sozial-ökologische Betrachtung von Risiken zielt auf die Untersuchung der Wechselwirkungen zwischen Gesellschaft und Natur. Es geht darum, sowohl den gesellschaftlichen Umgang mit Risiken und Unsicherheiten zu verstehen als auch deren materielle Basis.

Risiken betreffen unterschiedliche Schutzgüter, die mit (politischen oder institutionellen) Schutzziele verbunden werden (vgl. Cansier 1995, Renn et al. 2007). Schutzgüter legen fest, wer oder was geschützt werden soll. Bei klimabedingten Biodiversitätsrisiken besonders wichtige Schutzgüter sind die Gesundheit, aber auch die Umwelt der Menschen (z.B. die Biodiversität selbst oder von ihr beeinflusste Ökosystemleistungen, die wiederum sozio-ökonomisch oder sozio-kulturell relevant sein können). Beim Formulieren von Schutz-

zielen wird über die Bedingungen entschieden, welche in der Praxis erfüllt werden müssen, damit die unerwünschten Ereignisse als individuelle oder kollektive Risiken nicht eintreten. Im Idealfall repräsentieren Schutzziele oder Schutzideen das Maß des tolerierten bzw. als akzeptabel angesehenen Risikos und die Verteilung des Restrisikos in der Gesellschaft. Sie legen den Umfang der Risikovermeidung oder -abwehr fest: Wird ein vollständiger oder teilweiser Schutz angestrebt? Geht es um eine Gefahrenabwehr oder um eine

weitergehende Vorsorgemaßnahme? Werden dabei bestimmte Personengruppen privilegiert (z.B. Arbeitnehmer am Arbeitsplatz, Schwangere, Patienten mit besonderen Erkrankungen)? Werden Risiken von verschiedenen Akteuren (z.B. entlang eines Gewässers) geteilt? Wieweit werden dabei gemeinsame Anstrengungen zur Vermeidung oder Minderung der Risiken verfolgt? Geht es nur um die Begrenzung des individuellen Risikos oder auch um die (zusätzliche?) Begrenzung des Kollektivrisikos?

2.2 Berechenbarkeit von Risiken

Um Risiken besser einschätzen zu können, wird häufig versucht, aufbauend auf vorhandenen Beobachtungen oder anderen Daten zu Schadenshöhen und Schadenseintritten Risikoaussagen mathematisch zu fassen und zu analysieren. Dabei werden in statistischen Verfahren mit komplexen Rechnungen die Schadenshöhe und die Wahrscheinlichkeit der betrachteten Schadensereignisse kalkuliert. Dabei kommt es auch darauf an, die „Abschätzungssicherheit“ zu ermitteln, also den Grad der Verlässlichkeit über die Aussage zur Wahrscheinlichkeit eines Schadensereignisses zu verstehen, der bei gegebener Datengrundlage statistisch ermittelt werden kann (WBGU 1998).

Auch bezogen auf klimabedingte Risiken gewinnt die Frage nach künftigen Risikoentwicklungen weiter an Bedeutung. Generell unterliegen die prospektive Einschätzung von Klimaveränderungen und die daran gekoppelten Risiken jedoch erheblichen Unsicherheiten. In der Klimaforschung liegen vielfältige Modellierungen und Szenarien vor, wie sich das Klima in Zukunft entwickeln und verändern kann. Diese Betrachtungen erlaubten zunächst nur weltweite Aussagen, sind aber mittlerweile regionalisiert. Mit ihnen lassen sich auch spezifische klimabedingte Risiken verknüpfen. Um die Risikoaussage abzusichern, ist zu fragen, welches Szenario und somit welche klimabedingten Risiken zukünftig am wahrscheinlichsten sind. Allerdings fehlen zur Einschätzung eines auf Klimaveränderung zurückgehenden Risikos empirische Beobachtungsdaten. Hierzu wird eine Einschätzung nach subjektiven Expertenurteilen vorgenommen. Diese werden verglichen und ihre Angaben ggf. miteinander verrechnet (WBGU 1998: 53ff.). Abschätzungssicherheit lässt sich hier folglich nur im Rückgriff auf subjektive Wahrscheinlichkeiten erhalten. Dazu werden mit Hilfe der Bayes'schen Regel berechnete posteriore Wahrscheinlichkeiten² aller betrachteten Zukunftsszenarien verglichen (Min/Hense 2005).

² Wahrscheinlichkeit, dass eine Beobachtung (z.B. Schadenshöhe) bei einem bestimmten Szenario eintritt. Einbezogen wird, wie

2.3 Avancierte Risikokonzepte

Vielfach werden natürliche Risiken von anthropogenen Risiken unterschieden – etwa Naturkatastrophen oder Meteoriten von technischem Versagen oder Kriegsereignissen. Diese Unterscheidung macht aber im Anthropozän (Crutzen 2002), wo die Menschen die physisch geprägte Umwelt zunehmend überformen, immer weniger Sinn. Das zeigt auch die Betrachtung der „klimabedingten Risiken“. Mit diesem Begriff bezeichnen wir Risiken, die entweder direkt durch das Klima bedingt sind, oder aber indirekt, z.B. durch das verstärkte Auftreten von invasiven Arten infolge einer klimatisch bedingten Verschiebung ihrer Lebensräume. Das Klimasystem wird dabei anthropogen stark verändert; daher sind natürliche Prozesse und gesellschaftliche Prozesse in Wechselwirkung. Zu ihrer Analyse wird eine sozial-ökologische Perspektive erforderlich.

Klimabedingte Risiken können, wenn die Klimaveränderung in sie hineinwirkt, nur noch bedingt als klassische Risiken behandelt werden. Im Gegensatz zu klassischen lassen sich bei nicht-klassischen Risiken zunächst keine objektiven und durch reale Risikoerfahrungen abgesicherten Aussagen mehr gewinnen. Bestenfalls gelingt hier mit subjektiven Methoden eine Absicherung der Aussagen zur Wahrscheinlichkeit eines adversen Effektes bzw. Schadensereignisses. Möglichkeiten zur Konzeptualisierung dieser nicht-klassischen Risiken ergeben sich aus der Diskussion über ökologische (Breckling/Müller 2000, Bredemeier/Schulte-Bisping 2000, Eser 2000, Jaeger 2000) bzw. systemische Risiken (vgl. Keil et al. 2008, Neitzke 2007, Renn/Keil 2008).

Das Konzept der ökologischen Risiken wurde entwickelt, als erkannt wurde, dass im ökologischen Bereich häufig schwer kalkulierbare Risiken auftreten, beispielsweise Umweltgefahren, deren Eintritt nicht vorhersagbar ist (Eser 2000: 181). Denn ökologische Risiken entstehen in großen und komplexen Wirkungsgefügen, beispielsweise aufgrund von Wechselwirkungen zwischen gesellschaftlichem Handeln und ökosystemaren Prozessen, die in ihrer Interaktion bisher nicht gut analysiert und verstanden werden. Die entstehende Komplexität lässt Richtung und Ausmaß der ökologischen Risiken kaum beeinflussen, sodass sie ebenso wie ihre Folgen tendenziell unvorhersehbar sind (Breckling/Müller 2000). Dabei besteht die „Möglichkeit der negativen Veränderung (bis hin zum Ver-

hoch überhaupt die Wahrscheinlichkeit ist, dass das jeweilige Szenario eintritt (priorische Wahrscheinlichkeit). Diese priorische Wahrscheinlichkeit kann jedoch nur über eine subjektive Einschätzung von Experten definiert werden. Das Szenario mit der höchsten posterioren Wahrscheinlichkeit kann schließlich als gültig angesehen werden.

lust) von biotischen oder abiotischen Ressourcen in einem gegebenen Naturraum“ (Bredemeier/Schulte-Bisping 2000: 153).

Auch komplexere klimabedingte Risiken lassen sich als ökologische Risiken analysieren: Beispielsweise werden sich die Naturschutzgebiete in Deutschland in den kommenden Jahrzehnten bedingt durch den Klimawandel nicht nur hinsichtlich ihres naturräumlichen Potenzials erheblich verändern. Auch bei der Erfüllung ihrer jeweiligen Schutzzwecke werden sich hier Risiken ergeben. Daher wurde eine Risikoabschätzung mit verschiedenen Methoden der statistischen und prozessbasierten Simulation von Klimawirkungen durchgeführt. Diese ökologische Risikoabschätzung zeigt Optionen für eine dynamisierte Naturschutzpolitik auf (vgl. Geyer et al. 2011, Ibisch et al. 2009, Vohland et al. 2011).

Doch kann nicht mehr wie in der Vergangenheit erst einmal abgewartet werden, ob und welche Schäden eintreten, um dann die Risiken zu bewerten und Schlussfolgerungen für das Risikomanagement zu ziehen. Denn ökologische Risiken bleiben keinesfalls mehr auf einzelne Sektoren und Regionen begrenzt, sondern können sich rasant ausweiten (WBGU 1998: 3). Sie können dann als systemische Risiken beschrieben werden.

Der Begriff systemische Risiken bezeichnet nicht nur Risiken, die ein System in seinem Fortbestand gefährden³, sondern auch solche, die durch das normale Funktionieren eines Systems verursacht werden, aber auf ein anderes System ausstrahlen und dieses stark beeinträchtigen (Keil et al. 2008). So etwa, wenn anthropogene Spurenstoffe (z.B. aus den im Agrarsystem zur Sicherung der Ernte eingesetzten Pflanzenschutz- und Düngemitteln) in aquatischen Ökosystemen wiederzufinden sind und dort schädigende Wirkung entfalten. Es handelt sich um hochkomplexe und zugleich dynamische Wechselwirkungen zwischen einzelnen Elementen unterschiedlicher Systeme oder aber zwischen verschiedenen Systemen. Derartige Risiken, die überhaupt erst aufgrund der Komplexität soziotechnischer oder sozial-ökologischer Systeme entstehen bzw. die sich aufgrund der Wechselwirkungen in komplexen Systemen „aufschaukeln“, lassen sich unterscheiden von Risiken, die enorm groß sind, weil der Schaden im Fall seines Eintretens ein Ausmaß an menschlichen Opfern, ökologischen Zerstörungen oder

Kosten erreicht, das nur schwer zu bewältigen ist und von der OECD (2003) ebenfalls als systemische Risiken gefasst wurden (vgl. auch Breckling et al. 2012). Anders als bei diesen Risiken, die alleine von ihren Auswirkungen her systemisch sind, sind die zunächst genannten Risiken auch von den die Schäden auslösenden Ereignissen und von der Entwicklung der Auslösdynamik her systemisch. Diese Risiken haben nicht nur in quantitativer Hinsicht eine systemische Dimension, sondern sind auch durch qualitative systemische Merkmale gekennzeichnet (vgl. Neitzke 2007). In analytischer Hinsicht sind die klimabedingten Risiken, insbesondere wenn die Betrachtung des Verursachungszusammenhanges relevant ist, als systemische Risiken dieses Typs zu behandeln. Klimabedingte Risiken werden schließlich durch eine (anthropogene) Veränderung des Klimasystems verursacht, strahlen aber auf andere Systeme (insbesondere Ökosysteme bzw. sozial-ökologische Systeme) aus; sie beeinträchtigen oder schädigen so die Versorgung der Gesellschaft mit Ökosystemleistungen. Häufig sind klimabedingte Risiken nicht nur in qualitativer Hinsicht systemisch, sondern auch bei quantitativer Betrachtung. Dies gilt etwa für aufgrund des Klimawandels zunehmende Hochwasserereignisse, die die Trinkwasserversorgung oder menschliche Siedlungen bedrohen, ebenso wie für zunehmende Schneestürme und Eisregen, die aufgrund des Zusammenbrechens von Strommasten die Energieversorgung kollabieren lassen. Der Schadenseintritt ist dabei eine Folge definierter Ereignisse, bei denen es schwierig ist, den Kausalzusammenhang bis zur anthropogenen Erderwärmung durch Kohlendioxid ausstoß zurückzuverfolgen. Diese Risiken sind aber wenigstens in dem Sinne systemisch, als deren Schäden Versorgungssysteme (vgl. Hummel et al. 2011) betreffen, von denen Gesellschaften abhängen.

In einer vereinfachten Perspektive können die meisten klimabedingten Risiken auch als ökologische Risiken gefasst werden, damit als ein einfacher zu behandelnder Typ von Risiko. Aufbauend auf Schramm/Kieb (2012) ist es denkbar, klimabedingte Risiken auf der Grundlage dieser Betrachtungen zu behandeln und klassische und nicht-klassische Risiken zu unterscheiden. Für die Unterscheidung spielt dabei vor allem die Kalkulierbarkeit eines Risikos eine Rolle. Nach dieser Unterteilung werden Beispiele klimabedingter Risiken in ihren Eigenschaften untersucht und entsprechend der Erfüllung von Abgrenzungskriterien den Risikoklassen zugeordnet.

Anhand der von Schramm/Kieb (2012) getroffenen Zuordnungen wird es möglich, den neuen Ansatz zur Risikosystematisierung auf seine Tauglichkeit zu überprüfen. Darüber hinaus wird abgeschätzt, wieweit sich bisher über diese Risiken sichere Aussagen treffen

³ In der Finanzwissenschaft versteht man unter systemischem Risiko, dass bei Zahlungsunfähigkeit eines Marktteilnehmers (insbesondere einer sog. Systembank) andere Marktteilnehmer nicht mehr in der Lage sind, ihre Verpflichtungen zu erfüllen und es dadurch zu erheblichen, die Finanzstabilität und das Finanzsystem insgesamt gefährdenden Liquiditäts- und/oder Solvenzproblemen kommen kann.

lassen. Insbesondere der Einfluss des Klimawandels auf die Entwicklung des Risikos und seine Einschätzung wird dabei betrachtet.

Wenn die Risikofolgen mit berücksichtigt werden sollen, empfiehlt sich eine andere Typisierung. Der Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) erfasst sowohl Umwelttrisiken, die eine globale Wirkung entfalten, als auch solche, die aus einer unmittelbaren Mensch-Umwelt-Wirkungskette entstehen können. Neben den konventionellen Bewertungskriterien wie Schadenshöhe, Schadeneintrittswahrscheinlichkeit und Abschätzungssicherheit werden die weiteren fünf Dimensionen, mit denen sich Risiken beschreiben lassen, als Kriterien verwendet:

- Ubiquität von Risikoverursacher und -folgen
- Persistenz von Risikoverursacher und -folgen
- Reversibilität der Folgen
- Latenz (Verzögerung des Schadeneintritts)
- Mobilisierungspotenzial für Verweigerung, Protest und Widerstand

Diese Kriterien erlauben eine Zuordnung von Risiken zu sechs spezifisch definierten Risikotypen: Damokles, Zyklop, Pythia, Pandora, Cassandra und Medusa (WBGU 1998: 58ff.).⁴ Dabei lassen sich vielfältige Risikoperspektiven einbeziehen, wie z.B. technologische, Gesundheits-, Stoff- oder Klimarisiken.

3. Klimabedingte Biodiversitätsrisiken

Klimabedingte Biodiversitätsrisiken sind durch Risikoketten charakterisiert, die vom Klimasystem zu den Ökosystemen bzw. sozial-ökologischen Systemen führen. Sie lassen sich auch als risikobehaftetes Wirkungsgeflecht zwischen abiotischen (klimatischen) Faktoren und Organismen (biotischen Wirkungen) beschreiben.

3.1 Risiken für die Biodiversität

Klima ist einer der wichtigen Faktoren, die die Biodiversität und ihre Entwicklung prägen. Der anthropogene Klimawandel stellt zunächst einmal ein Risiko für die vorhandene Biodiversität dar: Bedingt durch die veränderten klimatischen Bedingungen verschieben Arten ihre Verbreitungsgebiete, ändert sich die Produktivität von Ökosystemen und die Zusammensetzung

⁴ Die Einteilung in die unterschiedlichen Risikotypen dient dazu, typenspezifische Verfahrensweisen und Managementregeln zu entwickeln, die einen angemessenen Umgang mit diesen Risiken erlauben. Auch wird es so möglich, für verschiedene Gefahren- und Schadensereignisse Handlungsempfehlungen für die Politik, beispielsweise Managementprioritäten, abzuleiten.

von Biozönosen; auch können – als weitere klimabedingte Biodiversitätschance – neue Arten entstehen. Bedingt durch die anthropogene Klimaveränderung können zugleich Arten an genetischer Diversität verlieren oder im Extremfall aussterben. Dabei ist zu erwarten, dass diese Verluste nicht ausreichend durch die Bildung neuer Arten kompensiert werden. Die klimabedingten Prozesse der Artenverdrängung und des Aussterbens verstärken sozial-ökologische Dynamiken eines rasanten Rückgangs der Biodiversität. Diese Dynamiken waren in den letzten Jahrhunderten hauptsächlich getrieben durch Landnutzungsprozesse und die aufgrund der globalen Wirtschaftsaktivitäten stark geförderten Einschleppungs- und Invasionsprozesses biologischer Arten.

3.2 Risiken für Ökosystemleistungen

Genetische Diversität geht ebenso wie die Artenvielfalt und die Diversität an Ökosystemen und Lebensräumen mit Funktionen einher, die menschliches Leben, aber auch die Entwicklung und den Fortbestand von Gesellschaft und Wohlergehen überhaupt erst ermöglichen. Diese werden allgemein als *Ökosystemleistungen* bezeichnet. Wichtige Referenz für das Konzept der Ökosystemleistungen ist das Millennium Ecosystem Assessment, das 2003–2005 durchgeführt wurde. Hier wird definiert: „Ecosystem services are the benefits people obtain from ecosystems“ (MA 2005: 40). Hierbei wird angenommen, dass Veränderungen in der Biodiversität auch zu Veränderungen in den Ökosystemleistungen führen (ebd: vii).⁵ So ist beispielsweise auch die weitere Existenz und Entwicklung zahlreicher Wirtschaftssektoren, z.B. der Lebensmittelproduktion oder der pharmazeutischen Industrie, von Zustand und Veränderung der Biodiversität abhängig. Die ökonomische Bedeutung der Ökosystemleistungen gewinnt an Anerkennung. Daher besteht zunehmend ein Interesse, die Aufgaben, Funktionen und Wirkungen von Biodiversität zu messen und zu bewerten. Insbesondere mit einer monetären Bewertung wird seitens der Wirtschaft die Hoffnung verbunden, dass Ökosystemleistungen auch in das Nachhaltigkeitsmanagement von Unternehmen und in deren Berichterstattung einfließen. Biodiversitätsrelevantes Handeln, aber auch die damit verbundene

⁵ An dieser Stelle bleibt anzumerken, dass mit dem Begriff *Ökosystemleistung* nicht verbunden ist, systematisch zwischen Leistungen der Ökosysteme und Leistungen, die aus biotischen (oder abiotischen) Interaktionen entstehen oder die durch einzelne Organismen erbracht werden, zu unterscheiden. Als interdisziplinäres Konzept soll vielmehr auf die Verschiedenheit der Leistungen der Natur hingewiesen werden, ohne einen präzisen ökologischen Systembegriff zugrunde zu legen. Weiteres zur kritischen Reflexion des Verhältnisses von Ökosystemfunktionen und -leistungen ist bei Jax (2010) zu finden.

nen Risiken würden auf diese Weise transparent und auch für Kapitalgeber nachvollziehbar (vgl. PwC 2010). Wieweit eine monetäre Bewertung dieser Ökosystemleistungen und ihrer biophysischen Grundlagen möglich und wünschbar ist, ist umstritten (vgl. Eser 2012). Festzuhalten ist jedoch, dass ein verbesserter Umgang mit diesen Biodiversitätsrisiken erforderlich ist, um ein nachhaltiges Wirtschaften und erst recht eine gesellschaftliche Entwicklung, die ihre natürlichen Ressourcen und kulturellen Voraussetzungen langfristig erhält und erneuert, zu erlauben.

Vor diesem Hintergrund können klimabedingte Biodiversitätsrisiken als systemische Risiken verstanden werden, weil von den Schäden bzw. adversen Effekten Ökosystemleistungen betroffen sind, von denen Gesellschaften abhängen. Für ein solches Verständnis als systemische Risiken ist es erforderlich, die Versorgung mit Ökosystemleistungen über entsprechende Versorgungssysteme zu betrachten, die als sozial-ökologische Systeme funktionieren (Hummel et al. 2011). Auf diese Weise lassen sich Ökosystemleistungen wie Bestäubung, natürliche Schädlingsbekämpfung oder Filtrationsleistungen in ihren funktionalen Kontext, z.B. Landwirtschaft oder Trinkwasserversorgung, setzen und auf Klimaveränderungen beziehen.

Daneben sind hier auch Wechselwirkungen zwischen dem Rückgang der Biodiversität und dem (vermehrten) Auftreten von Naturkatastrophen festzuhalten. Für dieses klimabedingte Biodiversitätsrisiko sollen schlaglichtartig zwei Beispiele gegeben werden: Wenn Mangrovenwälder gerodet werden, um Platz für Shrimp-Aquakulturen zu schaffen, sind die Küsten den Flutwellen eines Tsunamis schutzloser als zuvor ausgeliefert. Durch die Flutkatastrophe in Südostasien Weihnachten 2004 wurde sichtbar, dass die entsprechenden Risiken für Ökosystemleistungen bis dahin von den Entscheidern vernachlässigt wurden. Hurrikan Katrina verursachte im Süden der USA Schäden von rund 150 Milliarden US-Dollar. Dies ist weit mehr, als ein nachhaltiges Ökosystem-Management kosten würde, um diese Küstengebiete vor den Folgen von klimawandelbedingten Wirbelstürmen zu schützen (PwC 2010).

Allerdings sind die benannten Naturkatastrophen nicht allesamt klimabedingt. Anders als das Beispiel des Tsunami kann der Meeresspiegelanstieg auf von diesem bedrohten Inseln unter Umständen auch Auswirkungen auf die Biodiversität haben. Globale Effekte sind beim Abtauen des Permafrostes zu erwarten.

Auch wenn nicht in allen Beispielen die Biodiversität direkt zum Risikoereignis beiträgt: Der bewusste Umgang mit Biodiversität und Ökosystemleistungen ist aber – wie die Beispiele verdeutlichen – risikovermindernd. Aufgrund der Risikokette könnte hier also auch

von klimabedingten Biodiversitätsrisiken gesprochen werden; ebenso wäre es allerdings möglich, sie als Klimarisiken zu bezeichnen, die durch Landnutzung (und im Umgang mit Biodiversität) entstehen.

Hier ist weiterhin festzuhalten, dass bisher für zahlreiche Ökosystemleistungen keine Schutzgüter entfaltet worden sind, die eine Risikobewertung und darauf aufbauendes Management ermöglichen. Dieses Problem stellt sich dann nicht, wenn – wie in den obigen Beispielen – das Risikoereignis auf ein etabliertes Schutzgut „durchschlägt“ (z.B. Schutz von Menschenleben oder menschlicher Unversehrtheit/Gesundheit, Schutz von Eigentum).

3.3 Risiken durch klimabedingte Biodiversitätsveränderungen für weitere Schutzgüter

Klimabedingte Änderungen der Biodiversität können sich auch als (ökologische) Risiken für bestimmte Organismen erweisen und verschiedene Schutzziele betreffen. Entsprechende Risikoereignisse können wirtschaftlich interessante bzw. weit genutzte Arten (Nutzpflanzen, domestizierte Tiere) betreffen. Hier sind verschiedene Fälle denkbar, wie z.B. eine klimabedingte Invasion von Zooparasiten, die Nutztiere oder Haustiere befallen, ein klimabedingt stärkerer Befall von Waldbäumen durch phytopathogene Organismen oder auch die Herausbildung phytopathogener Eigenschaften oder die Evolution von einer gegenseitigen Symbiose zu einem den Wirt deutlich schädigenden Parasit-Wirts-Verhältnis aufgrund von Klimawandel. Beispielsweise sind nach Untersuchungen der AG Klimpel in der Barentssee auch kleinste Kabeljau-Exemplare von parasitierenden Fadenwürmern befallen. Die Erwärmung der oberen Wasserschicht, wie sie in der Barentssee gemessen wurde, kann dort wie auch in den anderen Gewässern der Ozeane Veränderungen der Nahrungsnetze und der Artenzusammensetzung zur Folge haben, die derzeit nur sehr grob abgeschätzt werden können, aber auf Dauer erhebliche Risiken für die menschliche Ernährung darstellen (vgl. Klimpel/Palm 2011). Die in der Häufigkeit zunehmenden Extremwetterereignisse wie Starkregen und Überflutungen ziehen neben den direkt beobachtbaren Auswirkungen auch ein breites Spektrum an aus Zoonosen stammenden Gesundheitsrisiken nach sich, etwa wasser- und insektenübertragene Infektionskrankheiten oder Schlangenbisse (vgl. Bingsohn et al. 2013, Kuch et al. 2013). Ähnliche Risikoereignisse können auch Arten betreffen, die wirtschaftlich nicht genutzt werden und aus anderen Gründen von Interesse sind (z.B. als Schlüsselart eines touristisch genutzten Ökosystems).

Grundsätzlich wäre es nicht erforderlich, für die Betrachtung dieser Risiken eine neue Analysenper-

spektive einzuführen. Sie könnten auch unter der in 3.2 beschriebenen Weise betrieben werden. Allerdings setzt diese Betrachtungsweise voraus, dass dieses Risiko immer in Ökosystemen auftritt. Zwar lassen sich auch Tierställe, Gewächshäuser und (große) Blumentöpfe in Wohnungen als mensch-organisierte Ökosysteme beschreiben, in denen dann alleine auf die versorgenden Ökosystemleistungen abgehoben wird (bzw. komplementär diese regulierende Ökosystemleistungen aufgrund der Menschorganisation als defizitär beschrieben werden). Es ist jedoch fraglich, ob es wirklich notwendig ist, hier immer eine ökosystemare Perspektive einzunehmen. Ohnehin kann diese Sichtweise auch eine Verrenkung der notwendigen Forschungs- oder Risikomanagement-Perspektive darstellen, wenn in ihr beispielsweise ein Schutzgut wie Tierschutz/Tiergesundheit, das die Maxime des Risikohandelns darstellen kann, nicht mehr vorkommt, sondern die Risikobewertung erst für neuartige Schutzgüter entfaltet werden muss, die mit der Ökosystemleistung zusammenhängen (z.B. Schutz der biologischen Regulation). Vereinfachend können also derartige Risiko-Effekte auch direkt als Wirkungen klimabedingter Risiken auf bestimmte Organismen beschrieben werden, die besondere Schutzziele betreffen (z.B. Schutz der Tiergesundheit, Schutz der Pflanzengesundheit und Sicherung der menschlichen Ernährung, Artenschutz).

An weiteren Schutzgütern ist hier insbesondere das Schutzgut menschliche Gesundheit einzubeziehen (aber auch die im Umweltschutz rechtlich gesicherten Schutzgüter). Beispiele sind hier die klimabedingte Zunahme von Ektoparasiten oder Schlangenbissen oder potenzielle, durch den Klimawandel veränderte Schadstoffwirkungen von Pestiziden in der Wasser-rahmenrichtlinie. Bisher nicht bekannte ökotoxikologische Wirkungen auf limnische Lebensgemeinschaften führen u.U. nicht nur zu gravierenden Veränderungen in der Biodiversität der Gewässer, sondern zusätzlich auch zu veränderten Ökosystemleistungen.

Wie erste Untersuchungen nahelegen, unterscheidet sich bezogen auf den klimainduzierten Biodiversitätswandel das Risiko für die Schutzgüter je nach Sensitivität der Arten bzw. der Lebensräume, der räumlichen Lage sowie der Relevanz, die der Änderung einzelner Schutzgüter beigemessen wird, und ihrer Bewertung (Vohland et al. 2011).

3.4 Unspezifizierte Risiken

Klimabedingte Änderungen der Biodiversität können also unerwünschte Zustände sein, die auf unterschiedlichen Ebenen Risiken darstellen und Schutzziele bedrohen. Es ist zu fragen, für wen die klimabedingten Veränderungen ein Risiko bedeuten (vgl. Tabelle 2).

In einem Teil des Diskurses findet aber diese Differenzierung der Risiken nach den bedrohten Objekten nicht statt. Vielmehr ist festzustellen, dass der Begriff „Risiko“ bisher häufig undifferenziert im Zusammenhang mit klimabedingten Biodiversitätsveränderungen verwendet wird. Beispielsweise haben Milad et al. (2012) festgestellt, dass in forstlich ausgerichteten Publikationen zur Charakterisierung von möglichen Auswirkungen des Klimawandels der Begriff Risiko häufig verwendet wird. Dabei wird jedoch meist nicht unterschieden, ob es sich um ein rein betriebswirtschaftliches Risiko (z.B. ein Ernte- oder ein Wertverfallsrisiko) handelt oder ob weitere Objekte gleichfalls betroffen sind (z.B. die volkswirtschaftliche Versorgung mit Ökosystemleistungen, etwa zur Erholung oder zur Wasserversorgung oder der Erhalt der Biodiversität). Dennoch ist auch diese unspezifizierte Vorgehensweise insofern interessant, weil dabei als Risikomanagement-Strategie immer wieder die Risikostreuung, beispielsweise mittels einer Erhöhung der Arten-, Struktur- oder genetischen Vielfalt, in den Blick kommt. Vereinzelt wird auch gefordert, in Naturschutzstrategien und daraus abgeleiteten Managementmaßnahmen Ansätze zum Risikomanagement einzubeziehen (Ibisch et al. 2009); abhängig von der jeweils eingenommenen Perspektive auf den Forstnaturschutz (strukturell oder prozessural) kommt es dabei aber zu sehr unterschiedlichen Risikowahrnehmungen (Milad et al. 2011).

Tabelle 2: Spezifizierung von klimabedingten Biodiversitätsrisiken

Risiken für die Biodiversität	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Extinktionsrisiken ▪ Invasionsrisiken
Risiken für Ökosystemleistungen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ernterisiken (einschließlich Wertverfallsrisiken) ▪ weitere Versorgungsrisiken ▪ Gefährdung von Regulationsleistungen
Risiken für weitere Schutzgüter	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Humangesundheit ▪ Tiergesundheit ▪ Pflanzengesundheit
Zusätzlich sind zu betrachten (Weiterentwicklung der Fragestellung bzgl. klimaresistenter SES)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Versorgungsrisiken ▪ Wertverfallsrisiken (aufgrund von Managementkonflikten bzw. Nicht-Wissen)

4. Potenziale zur Erforschung von Klimarisiken in BiK-F

Es tragen bereits zahlreiche Arbeiten aus BiK-F zur Risikoforschung bei. Die entsprechende Forschung findet an unterschiedlichen Stellen des Zentrums statt, allerdings wird sie bisher nicht (konzeptionell) gebün-

delt. Weiterhin gibt es bisher keinen Ort, um die entsprechenden Arbeiten zentral zu fokussieren und nach außen (sowohl im Transfer gegenüber der Öffentlichkeit und den Medien) als auch gegenüber der Risikoforschung darzustellen.

Insbesondere hinsichtlich der Bedrohung der Biodiversität durch Klimawandel wird bisher das Zentrum kaum sichtbar. Risikothematisierungen dieser Art werden eher durch andere Zentren der Biodiversitätsforschung (z.B. UFZ) oder Zentren der Klimaforschung (z.B. PIK) vorgenommen und mit diesen verbunden. Allerdings sind entsprechende Kompetenzen im Zentrum durchaus vorhanden. Möglicherweise lassen sie sich auch noch weiter ausbauen. Insbesondere können Lokalinformationen aus den Schutzgebieten einschließlich aktueller Klimadaten zur Analyse des Zusammenhangs zwischen als wichtig erkannten Arten, Artengruppen und Lebensraumtypen einerseits und den aktuellen Klimabedingungen andererseits herangezogen werden. Auf der Basis dieser Informationen kann beispielsweise eine iterative Risikoabschätzung der möglichen Veränderungen der Habitateignung, der Artvorkommen und Artansprüche unter verschiedenen Klimaszenarien durchgeführt werden. Diese lässt sich für ein Schutzgebietsmanagement heranziehen, das klimabedingte Biodiversitätsrisiken verringert (Badeck et al. 2007, Vohland et al. 2011).

Daneben sind zunächst einmal die ökotoxikologischen Untersuchungen zu nennen, bei denen insbesondere im aquatischen Bereich eine besondere Kompetenz im Zentrum vorhanden ist, da hier Risiken über multiple Ursachenketten erforscht werden (vgl. Oehlmann et al. 2010).

Untersuchungen wie die von Müller et al. (2012) und Seeland et al. (2013) zeigen, dass es mit den bisherigen Risikobewertungskonzepten für Agrarpestizide zu einer eklatanten Fehleinschätzung möglicher Umweltfolgen des Pestizidaustrags kommen kann, da bisher weder der Klimawandel noch die unterschiedlichen klimatischen Bedingungen in verschiedenen Regionen Europas eine Rolle in der Risikobewertung bei der europäischen Zulassung der Pestizidwirkstoffe spielten.

Ebenfalls mit Bezug zu aquatischen Ökosystemen entstanden Arbeiten, die zum einen anhand montaner aquatischer Organismen belegen, welche Wirkung der globale Klimawandel auf die genetische Diversität hat (Balint et al. 2011). Zum anderen zeigen Arbeiten zu Invasionsrisiken, welche klimatischen Faktoren und andere Stressoren diese Risiken erhöhen bzw. welche Vorsorgestrategien bei der Gewässersanierung angewandt werden können (Früh et al. 2012a, Früh et al. 2012b).

Vielfältige Betrachtungen von Gesundheitsrisiken durch mit Endoparasiten belasteten Nahrungsmitteln,

aber auch zum Umgang mit streunenden Haustieren werden in der Arbeitsgruppe *Medizinische Biodiversität und Parasitologie* vorgenommen (vgl. Klimpel et al. 2010, Klimpel/Palm 2011). Kuch, Müller, Pfenninger und andere forschen einschlägig zu auf Zoonosen zurückführbaren klimabedingten Gesundheitsrisiken.

Es lässt sich auch an Untersuchungen zu Ökosystemleistungen anknüpfen. Arbeiten zur sozio-ökonomischen Bedeutung von Wildpflanzen und die mit ihnen verbundenen Ökosystemleistungen in Savannen (Benin) zeigen deren Beitrag zum Einkommen ländlicher Haushalte (Heubach et al. 2011, Heubach et al. 2013). Modellierungen der Artverbreitung und deren Kombination mit ökonomischen Daten verdeutlichen wiederum, dass ein signifikanter Verlust des aktuellen ökonomischen Wertes der untersuchten Wildpflanzen durch Klima- und Landnutzungswandel auftreten kann (Heubes et al. 2012). Risiken für die regionale Biodiversität und Risiken durch Biodiversitätsverluste für die lokale Bevölkerung stehen hier in engem Zusammenhang. Vergleichbare Schlussfolgerungen lassen Arbeiten zu Ökosystemfunktionen und -dienstleistungen in Küstengebieten auf der Insel Sokotra (Jemen) zu: Erste Quantifizierungen und Kartierungen von Ökosystemleistungen (z.B. Fisch und andere Nahrungsmittelressourcen, regulierende Leistungen im Küstenschutz, Erholung und Bildung) dienen als Basis für Vulnerabilitätsuntersuchungen (Goerres 2011, Lavergne et al. 2012).

Wie die Erfahrungen um die Projekte „Wald- und Forst-Ökosysteme der Zukunft“ und „South Hesse Oak Project“ ergeben haben, erlauben es Stakeholder-Dialoge, sowohl mögliche Risiken präziser zu fassen und zu strukturieren als auch geeignete Maßnahmen zum Risikomanagement zu identifizieren und so zu einer robusteren Risikoreduktion zu kommen (vgl. Schramm/Litschel in Vorbereitung). Vergleichbare Erfahrungen hinsichtlich der Risikostrukturierung mit Stakeholdern hat auch Gutiérrez et al. (im Druck) gemacht.

Zusammenfassend wird deutlich, dass es eine kritische Masse an relevanten Forschungen in BiK-F gibt, die unter dem Begriff „klimabedingte Biodiversitätsrisiken“ gebündelt werden können. In einem ersten Schritt wird vorgeschlagen, zunächst mit dem Konzept ökologischer Risiken zu arbeiten, um darauf aufbauend die analytischen Vorteile des Konzepts der systemischen Risiken nutzen zu können. Es können dann auch systemüberschreitende Risikoverkettungen genauer betrachtet und sozial-ökologische Systeme untersucht werden.

5. Ausblick

Folgt man Bechmann/Stehr (2000), so hat sich in der Risikogesellschaft die Funktion der Wissenschaft ge-

wandelt: „Nicht die Verkündung gesicherten Wissens ist ihre Aufgabe, sondern Management von Unsicherheit. Kern dieser Sichtweise ist die Kommunikation über die Unsicherheit und die Revidierbarkeit der eigenen Wissensproduktion im Austausch mit Öffentlichkeit und Politik.“ (Bechmann/Stehr 2000: 120)

Allerdings bedarf Risikokommunikation besonderer Anstrengung. Risikobehauptungen alarmieren und verunsichern, auch bringen sie (heftige) Gegenrede hervor und führen zu Debatten zwischen Warnern und Entwarnern. Im Gegensatz zu den in den vorigen Kapiteln entfalteten Überlegungen wird der Risikobegriff nicht nur von den Akteuren des Alltags, sondern auch in den Massenmedien meist wenig reflektiert verwendet; dabei wird beispielsweise Risiko und Gefährdung gleichgesetzt.

Um zu einer Bündelung der Risikoforschung im Zentrum beizutragen, wird es erforderlich sein, Konzeptualisierungen zu finden und auf das Zentrum anzupassen, die nicht bei den Aufgaben einer Grundlagenforschung stehen bleiben (Hinweise auf potenzielle

Risiken). Benötigt wird eine Vorgehensweise, die sowohl zu einer Risikoanalyse als auch zu einem auf ihr aufbauenden angemessenen Risikomanagement beitragen kann. Hierbei ist auch zu beachten, dass die Kommunikation von Risiken häufig hochaufgeladen geschieht und zu politisch unerwünschten Polarisierungen führen kann. Damit das Konzept der systemischen Risiken nicht nur auf einer analytischen Ebene bei der Risikoanalyse Vorteile für das Zentrum bieten kann, sondern auch zu einer transdisziplinären Risikoforschung beiträgt, sind weitere konzeptionelle und erprobende Arbeiten notwendig. Insbesondere wäre an unterschiedlichen Fallbeispielen (z.B. Einrichtung von Auewäldern, klimaplastische Anpassung von Nationalparks) eine gesicherte Vorgehensweise zu erarbeiten, die sich nicht auf die Analyse der klimabedingten Biodiversitätsrisiken beschränkt. Ebenso bedarf es deren integrativer Bewertung durch Wissenschaft, gesellschaftliche Anspruchsgruppen und Politik, um verwirklichte Strategien für ein Risikomanagement abzuleiten.

Literatur

- Badeck, Franz-W./Katrin Böhning-Gaese/Wolfgang Cramer/Pierre L. Ibisch/Stefan Klotz/Stefan Kreft/Ingolf Kühn/Katrin Vohland/Ute Zander (2007): Schutzgebiete Deutschlands im Klimawandel – Risiken und Handlungsoptionen. *Naturschutz und biologische Vielfalt* 46: 151–167
- Bálint, M./S. Domisch/C. H. M. Engelhardt/P. Haase/S. Lehrian/J. Sauer/K. Theisinger/S. U. Pauls/C. Nowak (2011): Cryptic biodiversity loss linked to global climate change. *Nature Climate Change*, 1: 313–318.
- Bechmann, Gotthard/Nico Stehr (2000): Risikokommunikation und die Risiken der Kommunikation wissenschaftlichen Wissens – Zum gesellschaftlichen Umgang mit Nichtwissen. *GAIA* 9(2): 113–121
- Beck, Ulrich (1986): *Risikogesellschaft. Auf dem Weg in eine andere Moderne.* Frankfurt am Main
- Becker, Egon (2006/Rev. 2008): Problem Transformations in Transdisciplinary Research. In: Gertrude Hirsch-Hadorn (Hg.): *Unity of Knowledge (in Transdisciplinary Research for Sustainability) in Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS), Developed under the Auspices of the UNESCO.* Oxford/UK. <http://www.eolss.net> (22.02.2013)
- Bingsohn, Linda/Annika Beckert/Richard Zehner/Ulrich Kuch et al. (2013): Prevalences of tick-borne encephalitis virus and *Borrelia burgdorferi sensu lato* in *Ixodes ricinus* populations of the Rhine-Main region, Germany. *Ticks and Tick-borne Diseases* 02/2013
- Birkmann, Jörn (2011): Regulation and Coupling of Society and Nature in the Context of Natural Hazards. In: Hans-Günter Brauch et al. (Hg.): *Coping with Global Environmental Change, Disasters and Security Threats, Challenges, Vulnerabilities and Risks.* Berlin, Heidelberg, 1103–1127
- Breckling, Broder/Felix Müller (2000): Der ökologische Risikobegriff – Einführung in eine vielschichtige Thematik. In: Broder Breckling/Felix Müller (Hg.): *Der ökologische Risikobegriff. Theorie der Ökologie,* Band 1, Frankfurt am Main, 1–18
- Breckling, Broder/Gunther Schmidt/Winfried Schröder (Hg.) (2012): *GeneRisk: Systemische Risiken der Gentechnik: Analyse von Umweltwirkungen gentechnisch veränderter Organismen in der Landwirtschaft.* Berlin, Heidelberg
- Bredemeier, Michael/Hubert Schulte-Bisping (2000): Zeitreihenanalyse und ökologische Risikoabschätzung. In: Breckling, Broder/Felix Müller (Hg.): *Der ökologische Risikobegriff. Theorie der Ökologie,* Band 1, Frankfurt am Main, 153–160
- Cansier, Dieter (1995): Nachhaltige Umweltnutzung als neues Leitbild in der Umweltpolitik. *Hamburger Jahrbuch für Wirtschafts- und Gesellschaftspolitik* 40: 129–149
- Crutzen, Paul (2002): Geology of mankind. *Nature* 415, 23. DOI:10.1038/415023a
- Eser, Uta (2000): Zur Relevanz des ökologischen Risikobegriffs für das politisch-gesellschaftliche Handeln. In: Broder Breckling/Felix Müller (Hg.): *Der*

- ökologische Risikobegriff. Theorie der Ökologie, Band 1, Frankfurt am Main, 181–190
- Eser, Uta (2012): Der gesellschaftliche Umgang mit Biodiversität und Klimawandel aus ethischer Perspektive. In: Volker Mosbrugger/Guy Brasseur/Michaela Schaller/Bernhard Stribrny (Hg.): Klimawandel und Biodiversität. Folgen für Deutschland. Darmstadt
- Früh, Denise/Stefan Stoll/Peter Haase (2012): Physicochemical variables determining the invasion risk of freshwater habitats by alien mollusks and crustaceans. *Ecology and Evolution* 2(11): 2843–2853, doi: 10.1002/ece3.382
- Früh, Denise/Stefan Stoll/Peter Haase (2012): Physicochemical and morphological degradation of stream and river habitats increases invasion risk. *Invasion Biology* 14: 2243–2253
- Geyer, J./I. Kiefer/S. Kreft/V. Chavez/N. Salafsky/F. Jeltsch/P.L. Ibsch (2011): A classification of stresses to biological diversity caused by global climate change. *Conservation Biology*. DOI: 10.1111/j.1523-1739.2011.01676.x
- Goerres, Matthias (2011): Coastal and terrestrial ecosystem services, uses and users: a case study from Socotra Island, Yemen. Bachelor Thesis. University of Mainz
- Gutiérrez, José María/Thierry Burnouf/Robert A Harrison/Juan J Calvete/Ulrich Kuch/David A Warrell/David J Williams (for the Global Snakebite Initiative) (im Druck, online first): A multicomponent strategy to improve the availability of antivenom for treating snakebite envenoming. *Bulletin of the World Health Organization*, Article ID: BLT.13.132431 (http://www.who.int/bulletin/online_first/BLT.13.132431.pdf?ua=1, 14. Mai 2014)
- Heubach, Katja/Rüdiger Wittig/Ernst-August Nuppenau/Karen Hahn (2011) The economic importance of non-timber forest products (NTFPs) for livelihood maintenance of rural west African communities: A case study from northern Benin. *Ecological Economics*, 70(11): 1991–2001
- Heubach, Katja/Rüdiger Wittig/Ernst-August Nuppenau/Karen Hahn (2013): Local values, social differentiation and conservation efforts: the impact of ethnic affiliation on the valuation of NTFP-species in Northern Benin, West Africa. *Human Ecology* 41: 513–533
- Heubes, Jonathan/Katja Heubach/Marco Schmidt/Rüdiger Wittig/Georg Zizka/Ernst-August Nuppenau/Karen Hahn (2012): Impact of Future Climate and Land Use Change on Non-Timber Forest Product Provision in Benin, West Africa: Linking Niche-based Modeling with Ecosystem Service Values. *Economic Botany* 66(4): 383–397
- Hummel, Diana/Thomas Jahn/Engelbert Schramm (2011): Social-Ecological Analysis of Climate Induced Changes in Biodiversity – Outline of a Research Concept. BiK-F Knowledge Flow Paper Nr. 11. Frankfurt am Main
- Ibsch, Pierre L./Britta Kunze/Stefan Kreft (2009): Biodiversitätserhaltung in Zeiten des (Klima-)Wandels: Risikomanagement als Grundlage eines systemischen, nichtwissenbasierten Naturschutzes. In: Peter Spathelf/Ralf Kätzler (Hg.): Wald im Klimawandel – Risiken und Anpassungsstrategien. Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft (MIL) des Landes Brandenburg und Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE). Eberswalder Forstliche Schriftenreihe Band 42, 44–62
- Jaeger, Jochen (2000): Vom „ökologischen Risiko“ zur „Umweltgefährdung“: Einige kritische Gedanken zum wirkungsorientierten Risikobegriff. In: Broder Breckling/Felix Müller (Hg.): Der ökologische Risikobegriff. Theorie der Ökologie, Band 1, Frankfurt am Main, 203–210
- Jax, Kurt (2010): Ecosystem functioning. Cambridge
- Keil, Florian/Gotthard Bechmann/Klaus Kümmerer/Engelbert Schramm (2008): Systemic Risk Governance for Pharmaceutical Residues in Drinking Water. *GAIA* 17(4): 355–361
- Klimpel, Sven/Jörg Heukelbach/David Pothmann/Sonja Rückert (2010): Gastrointestinal and ectoparasites from urban stray dogs in Fortaleza (Brazil): high infection risk for humans? *Parasitology Research* 107(3): 713–719
- Klimpel, Sven/Harry W. Palm (2011): Anisakid nematode (Ascaridoidea) life cycles and distribution: Increasing zoonotic potential in the time of climate change? In: H. Mehlhorn (Hg.): *Progress in Parasitology*, Parasitology Research Monographs, Chapter 11. Berlin/Heidelberg/New York. DOI: 10.1007/978-3-642-21396-0_11
- Kluge, Thomas/Engelbert Schramm (1990): ‚Grenzwerte‘ und ‚Risiko‘. Eine Vorstudie zu einer Theorie der Risikofeststellungen. In: Egon Becker (Hg.): *Jahrbuch für sozial-ökologische Forschung* 1990. Frankfurt am Main, 89–104
- Kuch, Ulrich/Markus Pfenninger/Ruth Müller (2013): Den Tigermücken auf der Spur – Von Hessen bis in den Himalaya: Gewinner des globalen Wandels unter der Lupe. *Natur Forschung Museum* 143(3/4): 74–79
- Lavergne, E./Uwe Zajonz/L. Sellin (2013): Length-weight relationship and seasonal effects of the Summer Monsoon on condition factor of *Terapon jarbua* (Forsskal, 1775) from the wider Gulf of Aden

- including Socotra Island. *Journal of Applied Ichthyology* 29: 274–277
- MA - Millennium Ecosystem Assessment (2005): *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Washington, D.C. (USA): Island Press
- Markau, Hans-Jörg (2003): *Risikobetrachtung von Naturgefahren: Analyse, Bewertung und Management des Risikos von Naturgefahren am Beispiel der sturmflutgefährdeten Küstenniederungen Schleswig-Holsteins*. Dissertation, Kiel
- Milad, Mirjam/Harald Schaich/Matthias Bürgi/Werner Konold (2011): *Climate change and nature conservation in Central European forests: A review of consequences, concepts and challenges*. *Forest Ecology & Management* 261, 829–843.
- Milad, Mirjam/Harald Schaich/Werner Konold (2012): *Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel: Eine Analyse von Vorschlägen aus Forstwirtschaft und Naturschutz*. *Allgemeine Forst- & Jagdzeitung* 183 (5/6), 85–98.
- Min, Seung-Ki/Andreas Hense (2005): *Nachweis und Zuordnung von Klimaänderungssignalen im 20. Jahrhundert unter Berücksichtigung der Modellunsicherheiten*. In: DWD (Deutscher Wetterdienst) (Hg.): *Klimastatusbericht 2005*, 18–32
http://www.dwd.de/bvbw/generator/DWDWWW/Content/Oeffentlichkeit/KU/KU2/KU22/klimastatusbericht/einzelne__berichte/download__ksb2005,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/download_ksb2005.pdf (01.06.2012)
- Müller, Ruth/Anne Seeland/Lucas S. Jagodzinski/Joao B. Diogo/Carsten Nowak/Jörg Oehlmann (2012): *Simulated climate change conditions unveil the toxic potential of the fungicide pyrimethanil on the midge Chironomus riparius: A multigeneration experiment*. *Ecology and Evolution* 2, 196–210
- Neitzke, H.-Peter (2007): *Systemische Risiken*. AACC risk Report 3/2007. http://www.ecolog-institut.de/fileadmin/user_upload/Publikationen/T_U_Publ/AACCrisk_Report_2007-2_SystemRisk.pdf (08.05.2013)
- OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development (2003): *Emerging Risks in the 21st Century: An Agenda for Action*, OECD Publishers, Paris
- Oehlmann, Jörg/Ruth Müller/Anne Seeland/Agnes Sieratowicz/Simone Galluba/Matthias Oetken/Ulrike Schulte-Oehlmann (2010): *Klimawandel und Schadstoffwirkung – Verändert sich die Ökotoxizität von Chemikalien unter zukünftigen Klimabedingungen?* bfg (Bundesanstalt für Gewässerkunde): *Risikobewertung stofflicher Belastungen*. *Ko-blenz*, 23–34
- PwC (2010): *Biodiversity and business risk: A Global Risks Network briefing*.
<http://www.pwc.co.uk/assets/pdf/wef-biodiversity-and-business-risk.pdf> (19.03.2013)
- Renn, Ortwin (2008): *Concepts of Risk: An Interdisciplinary Review*. Part 1: *Disciplinary Risk Concepts*. *GAIA* 17: 50–66
- Renn, Ortwin/Pia J. Schweizer/Marion Dreyer/Andreas Klinke (2007): *Risiko: Über den gesellschaftlichen Umgang mit Unsicherheit*. München
- Renn, Ortwin/Florian Keil (2008): *Systemische Risiken: Versuch einer Klassifizierung*. *GAIA* 17: 349–354
- Scheer, Dirk/Stefan Gold/Christina Benighaus/Ludger Beninghaus/Julia Ortleb/Ortwin Renn (2010): *Kommunikation von Risiko und Gefährdungspotential aus Sicht verschiedener Stakeholder*. Abschlussbericht. In: *BfR Wissenschaft*
http://www.bfr.bund.de/cm/350/kommunikation_von_risiko_und_gefaehrungspotenzial_aus_sicht_verschiedener_stakeholder.pdf (01.05.2012)
- Schramm, Engelbert/Susanne Kieb (2012): *Beispiele klimabedingter Risiken – Versuch einer Typologie*. *ISOE-Diskussionspapiere*, Nr. 35. Frankfurt am Main
- Schramm, Engelbert/Johannes Litschel (in Vorbereitung): *Stakeholder-Prozesse als Möglichkeit zur Risikominderung im Forst: Das Beispiel Anpassung an den Klimawandel*. *Forstarchiv*
- Seeland Anne/Jennifer Albrand/Jörg Oehlmann/Ruth Müller (2013): *Life stage-specific effects of the fungicide pyrimethanil and temperature on the snail Physella acuta (Draparnaud, 1805) disclose the pitfalls for the aquatic risk assessment under global climate change*. *Environmental Pollution* 174, 1–9.
- SRU (Sachverständigenrat für Umweltfragen) (Hg.) (1999): *Umwelt und Gesundheit. Risiken richtig einschätzen*. *Sondergutachten*.
http://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/02_Sondergutachten/1999_SG_UmweltundGesundheit.pdf;jsessionid=E5D971B45DDAABF3A89AEE3DD2321FDB.1_cid137?__blob=publicationFile (01.05.2012)
- Vohland, Katrin/Franz Badeck/Katrin Böhning-Gaese/Jan Hanspach/Stefan Klotz/Ingolf Kühn/Irina Laube/Monika Schwager/Sven Trautmann/Wolfgang Cramer (2011): *Schutzgebiete im Klimawandel – Risiken für Schutzgüter*. *Natur & Landschaft* 86 (5): 204–213
- WBGU (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen) (Hg.) (1998): *Welt im Wandel: Strategien zur Bewältigung globaler Umweltrisiken*. *Jahresgutachten 1998*. Berlin