

Methoden zur Risikoabschätzung und Strategien zur Verringerung

Den Biodiversitätsverlust stoppen

Veränderungen der biologischen Vielfalt sind von einer Vielzahl von Faktoren abhängig. Neben den Auswirkungen einzelner Faktoren ist die Abschätzung von Kombinationswirkungen zentral. Die dadurch gewonnenen Ergebnisse dienen als Grundlage zur Entwicklung von Politikempfehlungen. **Von Josef Settele, Volker Hammen, Stefan Klotz, Joachim Spangenberg und Ingolf Kühn**

Die rapide Veränderung der biologischen Vielfalt, die meist mit deren Verlust einhergeht, resultiert aus einer Kombination anthropogen bedingter wie auch natürlicher Einflüsse. Zur Ableitung gut fundierter Schutzmaßnahmen müssen neue Strategien entwickelt werden, die auf die sozio-ökonomischen Triebkräfte dieser Prozesse gerichtet sind. Diese Triebkräfte resultieren aus der gegenwärtigen Politik in den Bereichen Landwirtschaft, Chemie, Energie, Transport, Handel und Biotechnologie, aber auch Umwelt.

Die Analyse dieser Einflüsse sowie die Entwicklung von Politikempfehlungen, um deren negative Auswirkungen auf die Biodiversität zu mindern, sind Kernelemente des Forschungsprojektes ALARM (1).

Das Acronym ALARM steht für „Assessing Large scale environmental Risks for biodiversity with tested Methods“. ALARM ist das größte europäische Forschungsprojekt auf dem Gebiet der Biodiversität und hat eine Laufzeit von Februar 2004 bis Januar 2009. Am Projekt sind 68 wissenschaftliche Institutionen mit über 250 Wissenschaftlern aus 35 Ländern beteiligt.

Integrative Betrachtung der Triebkräfte

Ziel ist die Entwicklung von Methoden zur Abschätzung des Risikos für die Biodiversität und von Strategien zur Umkehrung des negativen Trends. Die Einschätzung und Prognose der Veränderungen in der Biodiversität und in der Struktur, Funktionsweise und Dynamik von Ökosystemen bezieht sich auch auf die Leistung beziehungsweise den Dienst von Ökosystemen und schließt das Verhältnis zwischen Gesellschaft, Wirtschaft und Biodiversität ein. Insbesondere diejenigen Risiken, die aus Klimaveränderungen, dem Freisetzen von umweltrelevanten Chemikalien, der Invasion nicht-heimischer Arten, und dem Verlust von Bestäubern entstehen, werden im Kontext gegenwärtiger und zukünftiger Landnutzungsmuster abgeschätzt. Es werden

Methoden entwickelt, um die Ursachen der Risiken aufzuzeigen, welche die unverzichtbare Basis für die Einleitung entsprechender Gegenmaßnahmen darstellen.

Die wesentlichen in ALARM analysierten Triebkräfte werden durch menschliche Aktivitäten massiv in die Umwelt eingeführt. Sie wurden generell unabhängig voneinander untersucht. Dennoch ist nicht nur auf der großen Skala klar, dass sie interagieren können und dadurch potentiell Effekte auf die Ökosystem-Vielfalt haben werden, die alle bislang getroffenen Abschätzungen des potentiellen Risikos in den Schatten stellen. Derzeit gibt es keine Methoden, die eine integrative Betrachtung über diese Triebkräfte hinweg zulassen. Auch wenn neues Wissen kreiert und das Verständnis innerhalb jedes Sektors verbessert wird, gibt es ernsthafte Bedenken in Bezug auf die nachhaltige Entwicklung der Biodiversität und der damit verbundenen Ökosystem-Funktionen. Weiterhin gibt es keine Methoden, die diese Triebkräfte mit entsprechenden Indikatoren kombinieren. ALARM hat sich die Entwicklung solcher Methoden zum Ziel gesetzt. Diese soll in zwei Phasen erfolgen. Erstens durch die Integration von Datenbanken und Wissen sowie zweitens durch die Evaluierung der Risiken für Ökosysteme. ALARM plant die Datenbanken über graphische GIS-Modellierung zu verbinden, um Informationen auf europäischer Skala bereitzustellen. Danach ist die Entwicklung standardisierter Methoden für die Fortschreibung von Datenbanken und für die Wahrscheinlichkeitsanalysen vorgesehen. Zum Schluss sollen diese Methoden getestet werden und Protokolle für die Analyse der Umweltrisiken für Ökosysteme bereitstehen.

Die vier modularen Umwelt-Triebkräfte, denen sich ALARM verschreibt sind Klimaänderung, Umweltchemikalien, biologische Invasionen und Bestäuber-Verlust. Die davon betroffene Artenvielfalt kann auf verschiedenen Ebenen, von der Genetik, über die Populationen zu den Arten und Ökosystemen, betrachtet werden. Indikatoren der Umweltauswirkungen sind

- auf genetischer Ebene zum Beispiel die Hybridisierung durch Kreuzung fremdländischer mit einheimischen Arten oder Mikroevolution als eine Möglichkeit der Anpassung an andere Triebkräfte,
- auf Ebene der Populationen und Arten der Rückgang der Artenzahlen oder der Bestände bestimmter Arten, und
- auf der Ökosystem-Ebene die Veränderung der Artenzusammensetzung.

Um die Auswirkungen der Triebkräfte zu quantifizieren wird eine kombinierte Skalierung von Risiko-Wahrscheinlichkeit und Risiko-Auswirkungen über das ganze Projekt hinweg verwendet, um niedrige, mittlere und hohe Risiken zu identifizie- ➔

ren, die aus den entsprechenden Triebkräften resultieren. Dieser Ansatz wird sowohl für isolierte wie auch kombinierte Betrachtungen der einzelnen Faktoren verwendet. Szenarien werden eingesetzt, um zukünftige Umwelt-Bedrohungen zu simulieren und die daraus resultierenden Risiken abzuschätzen.

Praxispartner als transdisziplinäre Bindeglieder

Die Ergebnisse dieser Ansätze werden an die Anwender als getestete Methoden weitergegeben. Die sozio-ökonomisch arbeitenden Partner werden in ihrer Rolle als Bindeglied zwischen den Disziplinen zur Integration Treiber-spezifischer Werkzeuge der Risiko-Abschätzung beitragen und Methoden entwickeln um Biodiversitäts-Risiken an die Endverbraucher zu kommunizieren und Politikoptionen aufzuzeigen, um solche Risiken zu minimieren.

Die Risiko-Analysen in ALARM sind hierarchisch strukturiert und befassen sich mit den wichtigsten organisatorischen (Gene, Arten, Gemeinschaften, Ökosysteme), zeitlichen (saisonale; jährliche; auf Dekaden und Jahrhunderte bezogene) und räumlichen Skalen (Habitat, Region, Kontinent). Sie gründen sich auf die jeweils angemessene Auslösung derzeit verfügbarer Datenbasen und zielen auf Extrapolationen auf höhere zeitliche, räumliche und hierarchische Skalen.

Im Kontext von ALARM beziehen sich großskalige Risiko-Analysen auf Prozesse die auf großen Skalen einen direkten Einfluss ausüben, hingegen aber Biodiversität und Ökosysteme von lokaler bis kontinentaler Skala verändern. Dies beinhaltet natürlich Prozesse genauso wie durch den Menschen verursachte sowie direkte Beeinflussungen sozioökonomischer Systeme innerhalb und außerhalb der EU.

Um die gesteckten Ziele zu erreichen wurde ALARM in drei methodisch definierte Arbeitsblöcke unterteilt, die wiederum in sieben Module gegliedert wurden. Die Arbeitsblöcke sind:

- Anwendung wissenschaftlicher Methoden für die Grundlagenforschung
- Methoden-Tests und Entwicklung von Protokollen für die Anwendung
- Veröffentlichung der Ergebnisse und Entwicklung von „toolkits“

Klimawandel und Landnutzung

Das Klimaveränderungs-Modul umfasst neben dem Klima auch Landnutzungsänderungen und Stickstoffdeposition. Aus Gründen der Vereinfachung und der Passfähigkeit mit dem Ausschreibungstext der EU wurde die Gesamtheit dieser Faktoren als „Climate-Change-Modul“ bezeichnet. Innerhalb dieses Moduls gibt es Arbeitsgruppen zu Szenarien, Biodiversitätssimulationen und Ökosystemen. Szenarien zur Analyse der Risiko-Wahrscheinlichkeiten von Klimaveränderungen, Landnutzung und Stickstoffdeposition werden aus vorhergehenden Projekten übernommen und an die ALARM-Verhältnisse ange-

passt. Die Biodiversitäts- wie auch die Ökosystem-Gruppe entwickeln Methoden um die Auswirkungen der in der ersten Gruppe modellierten Treiber zu analysieren. Die Effekte auf die Biodiversität werden über sogenannte Fingerabdrücke der Klimaveränderung und denkbare Verbreitungsveränderungen von Habitaten, Arten und Artengemeinschaften modelliert. Fingerabdrücke der Klimaveränderung sind Beobachtungen von Biodiversitäts-Veränderungen oder veränderten Verbreitungen, die mit dem Klima in Verbindung gebracht werden können. ALARM analysiert die Beziehungen zwischen Klimaveränderungen und diesen Verbreitungsveränderungen und erfasst, welche Eigenschaften eine Art der Klimaveränderung gegenüber anfällig macht. In ähnlicher Weise wird evaluiert wie sich die Klimaveränderung auf die Verbreitung der Habitate von Arten auswirkt. Analysen von Ökosystem-Prozessen beinhalten die Interaktionen von Feuer-Regimes genauso wie Messungen und prozessbasierte Modellierungen in besonders gefährdeten Ökosystemen wie die des Mittelmeerraumes, der Subarktis, der Hochgebirge und der Süßgewässer.

Methoden zur Bestimmung des Einflusses von Umweltchemikalien auf die Biodiversität werden für atmosphärische Emissionen, Oberflächenabflüsse, Flüsse, Seen und Böden getestet. Die Gruppen der untersuchten Chemikalien beinhalten Schwermetalle, polyzyklische Aromate, Kohlenwasserstoffe, persistente organische Schadstoffe und Pestizide.

Zentrale Konzepte innerhalb dieses Moduls sind Exposition und Effekte. Exposition ist die Zusammensetzung und Konzentration von Chemikalien die sich auf die zu betrachtende Art auswirken. Effekte sind die Aktivitäten, die diese Arten als Reaktion zeigen, zum Beispiel Veränderungen in Diversität oder Dichte, Verhaltensveränderungen und ähnliches. Über ganz Europa hinweg werden Emissionen für mehrere Chemikalien modelliert und die Exposition von Zielorganismen untersucht.

Biologische Invasionen

Ziel dieses Moduls ist die Entwicklung und Testung von allgemeinverständlichen, systematischen Protokollen um der Einführung und Verbreitung invasiver Arten in europäische Ökosysteme vorzubeugen. In mehreren Risiko-Analysen werden unterschiedliche Aspekte biologischer Invasionen untersucht. Beispielsweise werden die Wege der Invasionen betrachtet: Woher kommen die Arten? Wie wurden sie eingeführt? Welche Bedeutung hat der Einführungsweg? Ein weiterer Aspekt ist der Grad der Eroberbarkeit europäischer Ökosysteme durch fremdländische Arten. Dabei wird die Anfälligkeit von Habitaten identifiziert und europäische Risiko-Karten erzeugt. Außerdem werden die Eigenschaften erfolgreich einwandernder Arten, sogenannter traits, untersucht. Auch die Treiber von Invasionen die im Zusammenhang mit Klimaveränderung, Landnutzung und Populationsdichte stehen werden analysiert. Schließlich finden ein Test und die Integration der erwähnten Aspekte statt. Im Gegensatz dazu wurden diese Faktoren traditionell immer getrennt betrachtet.

Die Auswirkungen, die in ALAMR betrachtet werden umfassen Konsequenzen für den Genpool heimischer Arten, für den Rückgang heimischer Populationen, für die Vielfalt und Funktionsfähigkeit von Ökosystemen, für die Sozioökonomie (zum Beispiel den Rückgang landwirtschaftlicher Produktion), für das Management invasiver Arten und für die Integration der genannten Analysen.

Der Verlust von Bestäubern führt zu beträchtlichen Ernteausschlägen beispielsweise bei bestimmten Früchten, Gemüsearten oder Zierpflanzen. Allerdings sind die Auswirkungen auf natürlich vorkommende Pflanzen kaum analysiert. ALAMR identifiziert folglich geeignete Datenquellen und bestimmt regionale wie kontinentale Veränderungen in der Bestäuber-Vielfalt und -Verbreitung. Basierend auf historischen Daten werden bestimmte Lebensräume erneut untersucht, um bestimmte Vorhersagen zu testen. Auch werden Methoden getestet die die Risiken, die für die Bestäuber-Vielfalt bestehen quantifizieren, hierbei vor allem in Bezug auf die Komplexität der Landschaft, der Intensität der Störungen und der landwirtschaftlichen Praktiken wie auch der generellen Landwirtschaftspolitik.

Sozioökonomie und Biodiversitätsverlust

Sozioökonomische Forschung hat in ALAMR eine doppelte Funktion. Zum einen gibt es sozioökonomisch ausgerichtete Partner innerhalb eines jeden Modules. Innerhalb des naturwissenschaftlichen Arbeitsblockes sind die Sozioökonomien verantwortlich für den Input entsprechender sozioökonomischer Daten und die Extraktion naturwissenschaftlicher Daten um sie in ihre eigene Disziplin zu integrieren. Folglich spielen die sozioökonomischen Teams eine zentrale Rolle in der Integration von Ergebnissen und in der Unterstützung interdisziplinärer Forschung.

Innerhalb des Moduls werden Treibkräfte und Trends der Biodiversitäts- und Ökosystem-Risiken analysiert. Es werden also die Treiber mit den zugrundeliegenden sozioökonomischen Triebkräften verbunden um somit die relevantesten unter ihnen zu identifizieren. Die gilt für globale Trends genauso wie für die Resultate europäischer oder nationaler Politiken. Ebenso werden Kernelemente des Biodiversitätsschutzes jenseits grober Trends identifiziert und leicht kommunizierbare Indikatoren als Werkzeuge zur Kennzeichnung unmittelbarer Prioritäten für Aktionen entwickelt. In einem späteren Projektstadium werden Schlüsse zur Formulierung von Politiken auf europäischer wie nationaler Ebene gezogen.

Zwei zentrale Anliegen dieses Moduls zur Analyse der Treiber sind die Etablierung eines Netzwerkes von Forschungsstationen (FSN) und der Test multipler Treiber über Landschaften hinweg. Das FSN dient als Grundlage zum Testen einer Vielzahl von Ergebnissen aus den oben erwähnten Modulen über verschiedene Skalen hinweg. Es umfasst die wesentlichen biogeografischen und klimatischen Zonen Europas.

Das Testen multipler Treibkräfte beinhaltet alle bilateralen Interaktionen zwischen den vier naturwissenschaftlichen Mo-

dulen, sowie zuzüglich Interaktionen zwischen mehr als zwei Disziplinen. Im Idealfall umfasst es die Interaktion zwischen allen Modulen, also Klima, Bestäubern, Chemikalien und Invasionen.

Szenarien-Entwicklung

Zur Analyse wie zur Vermittlung der denkbaren Auswirkungen globalen Wandels kommen in ALAMR sogenannte Storylines, oder „denkbare zukünftigen Welten“ zum Einsatz. Diese werden mit Szenarien der Entwicklung in einzelnen Bereichen wie Landnutzung und Klima untersetzt. Die bei Eintritt eines Szenarios zu erwartenden Konsequenzen werden anhand von Modellen demonstriert. Im Rahmen von ALAMR arbeiten Ökologen, Ökonomen, Klimatologen und Experten für Landnutzung gemeinsam an derartigen Storylines und Szenarien. Diese werden entweder qualitativ umgesetzt oder über Modellierer der unterschiedlichen Fachwissenschaften quantitativ unterlegt. Hierbei werden zentrale ökologische, geologische, soziale, ökonomische und politische Parameter erfasst. Storylines und Szenarien werden hinsichtlich des Einflusses der verschiedenen Parameter auf die Biodiversität verglichen und geeignete Prioritäten für politische Aktionen abgeleitet.

Im Rahmen von ALAMR wurden bisher drei Basis-Szenarien entwickelt:

- **BAMBU:** „Business As Might Be Usual“ – „Business wie es üblich sein dürfte“. Dieses Szenario berücksichtigt schon getroffene Entscheidungen und verabschiedete Verordnungen der Europäischen Kommission, die aber noch nicht national umgesetzt worden sind, extrapoliert die erwarteten Trends in der EU-Politik und schätzt deren Nachhaltigkeit und Einfluss auf die Biodiversität ein. Es beinhaltet Maßnahmen zur Abschwächung beziehungsweise Anpassung an die Klimaänderung sowie expliziten, aber keinen radikalen Schutz der Biodiversität. Da bereits erfolgte politische Korrekturen eingebaut sind, unterscheidet es sich von einem strikten extrapolieren der gegenwärtigen Bedingungen, was dem „business as usual“ entsprechen würde.
- **GRAS:** „Growth Applied Strategy“ – „Wachstums-orientierte Strategie“. Hierbei handelt es sich um ein Szenario ungebremsten Wirtschaftswachstums mit freiem Handel, Globalisierung und Deregulierung. Das Szenario geht vor allem von Anpassungen an den Klimawandel aus und kaum von Maßnahmen zu dessen Reduzierung. Der Schutz der Biodiversität und anderer Umweltgüter ist untergeordnet und spielt nur bei akuten Problemen eine gewisse Rolle. Ökonomische Nachhaltigkeit wird in diesem Szenario als ökonomisches Wachstum interpretiert.
- **SEDG:** „Sustainable Europe Development Goal“ – „Nachhaltiges Europa“. Dieses Szenario ist gerichtet auf integrierte ökologische, soziale, institutionelle und ökonomische Nachhaltigkeit.

Alle Szenarien werden mit Simulationsmodellen untersetzt und veranschaulicht. →

Zu den ersten Ergebnissen von ALARM zählt ein Atlas der Auswirkungen des Klimawandels auf die Europäische Biodiversität, der wichtige Daten für die Planung von Schutzgebieten liefert. Darin enthalten sind Vorhersagen für die künftige Verbreitung von Pflanzenarten sowie Vögeln, Säugetieren, Amphibien und Reptilien unter verschiedenen Klimawandelszenarien im Jahre 2050. Ein Teil ist bereits im Internet verfügbar (2).

Auswirkungen des Klimawandels

Araújo et al. (2006) modellierten zum Beispiel die Verbreitung von 42 Amphibien- und 66 Reptilienarten für die nächsten 20 bis 50 Jahre unter verschiedenen Klima-Szenarien. Die Forscher fanden heraus, dass ein Ansteigen der Temperaturen wahrscheinlich keine maßgebliche Bedrohung für Amphibien und Reptilien darstellt. Tatsächlich könnte ein globales Abkühlungsszenarium viel verheerender sein. Dennoch könnte zunehmende Trockenheit zu einem Rückgang der Verbreitung von nahezu allen Arten im Südwesten Europas einschließlich Portugal, Spanien und Frankreich führen. Die Auswirkungen sind bedeutend, weil diese drei Länder zusammen 62 Prozent der Amphibien- und Reptilienarten in Europa repräsentieren. Der hohe Anteil an Amphibien- und Reptilienarten in diesen drei Ländern liegt an der Schlüsselrolle, die die Iberische Halbinsel als Refugium gegen das Aussterben während der letzten Eiszeiten eingenommen hat. Mit dem erwarteten Klimawandel könnten diese Hotspots des Überlebens zu einem Hotspot des Aussterbens werden.

Beispielhaft sei weiterhin die Analyse biologischer Invasionen erwähnt. Sie führte zu einer klaren und einfachen Gruppierung verschiedenster Einführungswege von gebietsfremden Arten nach Europa und innerhalb der EU Mitgliedsstaaten. Diese ermöglicht eine bessere Identifikation der sektoralen Verantwortlichkeiten bei der Verhinderung und Bekämpfung von Invasionen. Während die Verantwortlichkeit bei der Einbringung von Arten, die zum Beispiel mit verunreinigten Gütern erfolgte, bei den Exporteuren liegt, müssen Importeure oder nachgeschaltete Stellen sicher stellen, dass potentiell problematische Arten nicht verwildern. Ähnlich gibt es für die Gruppen der bewusst ausgewilderten oder frei gelassenen Arten andere Verantwortlichkeiten als für diejenigen, deren Einwanderungswahrscheinlichkeit durch bestimmte Baumaßnahmen wie Kanäle, Straßen oder Eisenbahnlinien erhöht wird. Auf diesen Erkenntnissen sowie den artspezifischen Eigenschaften konnten Merkmalskombinationen ermittelt werden, die zur Diagnose des Invasionspotentials von Arten genutzt werden können.

Eine Datenbank über Bestäuber in Europa mit Einträgen für über 180.000 Beobachtungen ist im Entstehen begriffen. Der Rückgang der Bestäuberinsekten bedroht über 80 Prozent aller Landwirtschaftskulturen und stellt damit ein großes Risiko für die Ernährung der Weltbevölkerung dar. Ein zentrales Ergebnis des ALARM-Projektes wurde in diesem Zusammenhang von Biesmeijer et al. (2006) in Science veröffentlicht. Es wurde gezeigt, dass die Vielfalt von Bienen und der von ihnen bestäub-

ten Blütenpflanzen während der letzten 25 Jahre signifikant zurückgegangen ist. Die Studie ist der erste Beleg für einen weit verbreiteten Rückgang der Bienenarten.

Ausblick

Zum Ende der Projektlaufzeit erhoffen sich die Projektinitiatoren einen gewaltigen Wissenszuwachs – allein aufgrund der nie da gewesenen Breite und Vielschichtigkeit der Untersuchungen. Eines der wichtigsten Ergebnisse soll ein Instrument zur Risikoabschätzung der genannten Umweltfaktoren auf die biologische Vielfalt werden, das sogenannte „Risk Assessment Toolkit“, kurz RAT.

Interessant werden die Ergebnisse jedoch nicht nur für Wissenschaftler sein, sondern darüber hinaus für Politiker, Behörden, Verbände und auch die Industrie. Dem trägt das Projekt Rechnung indem es zum einen diese Zielgruppen in Form eines Beirates und eines Beratungsforums in die Arbeit einbindet. Zum anderem werden die Ergebnisse entsprechend aufbereitet und zur Verfügung gestellt.

Anmerkungen

(1) www.alarmproject.net

(2) <http://www.biochange-lab.eu/resources/data>

Literatur

- Araújo, M.B. / Thuiller, W. / Pearson, R.G.: Climate warming and the decline of amphibians and reptiles in Europe. In: *Journal of Biogeography*, 33/2006, pp. 1712–1728.
- Biesmeijer, J.C. / Roberts, S.P.M. / Reemer, M. / Ohlemüller, R. / Edwards, M. / Peeters, T. / Schaffers, A.P. / Potts, S.G. / Kleukers, R. / Thomas, C.D. / Settele, J. / Kunin, W.E.: Parallel Declines in Pollinators and Insect-Pollinated Plants in Britain and the Netherlands. In: *Science*, 313/2006, pp. 351–354.
- Settele, J. / Hammen, V. / Hulme, P. / Karlson, U. / Klotz, S. / Kotarac, M. / Kunin, W. / Marion, G. / O'Connor, M. / Petanidou, T. / Peterson, K. / Potts, S. / Pritchard, H. / Pysek, P. / Rounsevell, M. / Spangenberg, J. / Steffan-Dewenter, I. / Sykes, M. / Vighi, M. / Zobel, M. / Kühn, I.: ALARM – Assessing Large-scale environmental Risks for biodiversity with tested Methods. In: *GAIA* 14, 1/2005, S. 69–72

AUTOREN + KONTAKT

Dr. Josef Settele ist Koordinator des ALARM-Projektes und Mitarbeiter im Department Biozönoseforschung am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ).
E-Mail: Josef.Settele@ufz.de



Dr. Stefan Klotz ist Leiter und **Dr. Ingolf Kühn**, **Dr. Volker Hammen** und **Dr. Joachim Spangenberg** sind Mitarbeiter im Department Biozönoseforschung am UFZ.

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ),
Department Biozönoseforschung, Theodor-Lieser-Str. 4,
06120 Halle (Saale). Telefon: 0345 558-5302, Fax: 0345 558-5329