



Bundesanstalt für
Landwirtschaft und Ernährung

Monitoring und Indikatoren der Agrobiodiversität

Tagungsband eines Symposiums
am 7. und 8. November 2006 in Königswinter

Agrobiodiversität

Schriftenreihe des Informations-
und Koordinationszentrums für
Biologische Vielfalt

Band

27

Frank Begemann
Stefan Schröder
Karl-Otto Wenkel
Hans-Joachim Weigel

Herausgeber

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
Informations- und Koordinationszentrum für Biologische Vielfalt (IBV)
Deichmanns Aue 29
53179 Bonn

Bezugsquellen

Informations- und Koordinationszentrum für Biologische Vielfalt
Tel. +49 (0)228 6845-3237
Fax +49 (0)228 6845-3787
E-Mail: ibv@ble.de
Internet: www.genres.de/CF/genres/ibv/ibv_agrobio_reihe.cfm

Druck

Druckerei Martin Roesberg
Zur Degensmühle 3
53347 Alfter

Gestaltung

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
Referat 111, Dirk Eufinger

Copyright, Schutzgebühr, ISSN

© 2007 BLE Bonn
Schutzgebühr: 18,00 €

ISSN 1863-1347

Agrobiodiversität

Schriftenreihe des Informations- und Koordinationszentrums
für Biologische Vielfalt

Band 27

Monitoring und Indikatoren der Agrobiodiversität

Tagungsband eines Symposiums
am 7. und 8. November 2006 in Königswinter

Herausgeber dieses Bandes:

Frank Begemann
Stefan Schröder
Karl-Otto Wenkel
Hans-Joachim Weigel

Inhaltsverzeichnis, *Table of contents*

Vorwort der Herausgeber <i>Preface of the editors</i>	V
Grußwort des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) <i>Welcome address by the Federal Ministry of Food, Agriculture and Consumer Protection (BMELV)</i> M. Köhler	1
Nationale Strategie zur Biologischen Vielfalt: Indikatoren und Monitoring <i>German National Strategy on Biodiversity: Indicators and Monitoring</i> R. Dröschmeister	6
Monitoring der Agrarpolitik im ökologischen Bereich – Erfahrungen der Schweiz <i>Monitoring the Suisse agricultural policy in the ecological dimension – experiences made in Switzerland</i> H.–J. Lehmann und B. Decrausaz	22

Thema 1: Monitoring der genetischen Vielfalt *Thematic section 1: Monitoring of genetic biodiversity*

Monitoring genetischer Ressourcen – Prinzipien und Methoden <i>Monitoring of genetic resources – Principles and methods</i> H.–R. Gregorius und B. Degen	39
Genetisches Monitoring bei landwirtschaftlichen Kulturpflanzen und mit ihnen verwandten Wildarten <i>Genetic monitoring of crops and crop wild relatives</i> L. Frese, S. Harrer und R. Vögel	66
Genetisches Monitoring forstlicher Genressourcen <i>Genetic monitoring of forest gene resources</i> W. D. Maurer und R. Kätzel	93

Monitoring der genetischen Vielfalt landwirtschaftlicher Nutztiere auf Grundlage der Zentralen Dokumentation Tiergenetischer Ressourcen - TGRDEU <i>Monitoring genetic diversity of farm animals based on the Central Documentation of Animal Genetic Resources in Germany</i> J. Bremond	107	Monitoring und Berichtspflichten im Kontext der FFH-Richtlinie: Konzepte zur bundesweiten Erfassung des Erhaltungszustandes von nutzungsabhängigen Arten und Lebensraumtypen <i>Monitoring and reporting under the Habitats Directive: Design of a country wide monitoring of the conservation status of species and habitats depending on agricultural land use</i> K. Weddelling, C. Eichen, M. Neukirchen, G. Ellwanger, J. Sachteleben und M. Behrens	177
Genetische Diversität bei Fischen in Meeren, Binnengewässern und Aquakultur <i>Fish genetic diversity in oceans, inland waters and aquaculture</i> J. Trautner und A. Müller-Belecke	119	Monitoring von biologischer Vielfalt in Böden: Notwendigkeit, Ansätze und Fallbeispiele <i>Monitoring of biodiversity in soils: Requirements, approaches and case studies</i> S. Schrader, T.-H. Anderson, C. C. Tebbe und H.-J. Weigel	196
Thema 2: Monitoring der Arten-, Landschafts- und Ökosystemvielfalt <i>Thematic section 2: Monitoring of biodiversity at species, ecosystem and landscape level</i>		Pflanzenartenvielfalt der Wälder in Deutschland – Beitrag der forstlichen Umweltbeobachtung zu ihrer Erfassung und Bewertung <i>Phytodiversity in German forests – the contribution of forest monitoring to its assessment and evaluation</i> A. Bolte, H.-W. Schröck und J. Block	214
Monitoring häufiger Brutvögel in der Normallandschaft Deutschlands <i>The monitoring of common breeding birds in the wider countryside of Germany</i> A. Mitschke, C. Sudfeldt, H. Heidrich-Riske und R. Dröschmeister	129	Biodiversität – Bedeutung in der Fischereiforschung <i>Biodiversity – Relevance for fisheries research</i> A. F. Sell	235
Biodiversitätsindikatoren und Biodiversitätsmonitoring für Agrarlandschaften <i>Indicators and monitoring of biodiversity in agrarian landscapes</i> B. Wuntke, G. Lutze, M. Voss, J. Kiesel, R. Wieland und K.-O. Wenkel	148	Thema 3: Datenerhebung und -qualität <i>Thematic section 3: Data collection and data quality</i>	
Die Ökologische Flächenstichprobe (ÖFS) als Biodiversitätsmonitoring NRW <i>Ecological area sampling (ÖFS) as instrument of biodiversity monitoring in North Rhine-Westphalia</i> H. König	166	Rote Listen für gefährdete Kulturpflanzen – Ableitung von Aussagen zur Gefährdung der Agrobiodiversität <i>Red Lists for cultivated plants – specification of the endangerment of agrobiodiversity</i> A. Meyer und R. Vögel	248

Dokumentation und Website zum Monitoring und zu Indikatoren der Agrobiodiversität <i>Monitoring and indicators of agrobiodiversity – documentation and website</i> S. Schröder und F. Begemann	260
Nutzbarkeit vorhandener Datenbestände für Monitoring und Evaluierung – am Beispiel des InVeKoS <i>Usability of existing data-bases for Monitoring and Evaluation – the example IACS</i> K. Reiter und W. Roggendorf	274
„High Nature Value (HNV) farmland“ als Indikator zur Begleitung und Bewertung der ELER-Verordnung <i>„High Nature Value (HNV) farmland“ as an indicator for monitoring and evaluation of EAFRD</i> B. Osterburg	288
Liste der Teilnehmer/-innen <i>List of participants</i>	300

Vorwort der Herausgeber

Zum Thema „Monitoring und Indikatoren der Agrobiodiversität“ fand am 7. und 8. November 2006 in Königswinter ein Symposium statt, das vom Informations- und Koordinationszentrums für Biologische Vielfalt (IBV) der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) und der Arbeitsgruppe „Biodiversität“ des Senats der Bundesforschungsanstalten im Geschäftsbereich des BMELV veranstaltet worden war. Insgesamt nahmen über 100 Personen aus Politik, Verwaltung, Forschung, Wirtschaft und von Nicht-Regierungsorganisationen an der Veranstaltung teil. Der vorliegende Band 27 der Schriftenreihe „Agrobiodiversität“ mit dem Titel „Monitoring und Indikatoren der Agrobiodiversität“ enthält die Vortragsbeiträge dieses Symposiums. Das Programm der Veranstaltung war in einen einleitenden Teil und drei thematische Schwerpunkte „Monitoring der genetischen Vielfalt“, „Monitoring der Arten-, Landschafts- und Ökosystemvielfalt“ und „Datenerhebung und -qualität“ gegliedert. Die Gliederung des vorliegenden Bandes folgt diesem thematischen Ablauf des Symposiums.

Unter Agrobiodiversität versteht man die vom Menschen für Ernährung, Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft unmittelbar genutzten Bestandteile der biologischen Vielfalt und die für deren Leistungsfähigkeit wichtigen natürlichen Bestandteile der biologischen Vielfalt. Sie ist damit unabdingbare Lebensgrundlage der Menschen. Um diese Agrobiodiversität zu erhalten, ihre weiteren Potenziale zu erschließen und nachhaltig zu nutzen, entwickelt das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) aktuell eine Agrobiodiversitäts-Strategie, die sich als Beitrag und Ergänzung zur „Nationalen Strategie zur Biologischen Vielfalt“ des Bundesumweltministeriums (BMU) versteht. Auf internationaler Ebene wurde vereinbart, bis zum Jahr 2010 eine Trendwende bei der Gefährdung bzw. eine signifikante Verringerung des weiteren Verlustes der biologischen Vielfalt zu erreichen. Die Durchführung entsprechender Maßnahmen setzt die Kenntnis und Überwachung – das Monitoring – des Zustands und Trends dieser Vielfalt, der Einflussfaktoren auf die Vielfalt und der Wirkung durchgeführter Maßnahmen voraus. Instrumente eines Monitoring sind sogenannte Indikatoren.

Biodiversität ist im Zusammenhang mit einem Monitoring- und Indikationsprozess ein komplexes Thema. Verschiedene Ebenen, (1) die genetische, (2) die Art- und (3) die Landschafts- und Ökosystemebene sowie (4) die Zeit als weitere Dimensionen sind zu berücksichtigen. Grundlegend für eine Erfolgskontrolle getroffener Maßnahmen sind vor allem Indikatoren, die den Zustand der Biodiversität abbilden. Entsprechende Monitoringprogramme mit aussagefähigen Indikatoren sind bislang jedoch erst unzureichend entwickelt worden. Wichtige Aufgabe ist dabei die Identifikation geeigneter Datenquellen und der Aufbau entsprechender Berichtssysteme. Eine effiziente Abstimmung auf internationaler und europäischer Ebene und national zwischen Einrichtungen und Behörden des Bundes und der Länder ist dabei für ein aussagekräftiges und Ressourcen sparendes Monitoring unerlässlich. Bei der Erhebung von aussagefähigen Daten ist die öffentliche Hand nicht zuletzt auch auf die Mitwirkung zahlreicher privater und nicht-staatlicher Akteure angewiesen.

Das Symposium verfolgte im Wesentlichen folgende Ziele:

- eine Bestandsaufnahme der für die Agrobiodiversität relevanten Monitoringprozesse und Indikatoren auf internationaler, europäischer und nationaler Ebene,
- eine vorläufige Einschätzung der Qualität und das Aufzeigen von Lücken beim bestehenden Monitoring sowie
- die Ableitung künftig notwendiger bzw. weiter zu entwickelnder Indikatoren für ein optimiertes Monitoring.

Als zusammenfassendes Ergebnis aus Referaten und Diskussionen kann aus Sicht der Veranstalter festgehalten werden, dass aussagefähige und handhabbare Indikatoren für wichtige Bereiche der Agrobiodiversität derzeit noch fehlen aber für verschiedene nationale und internationale Prozesse dringend benötigt werden. Dies betrifft besonders Indikatoren, die den Zustand und den Trend der Agrobiodiversität beschreiben aber auch solche, die Umfang und Wirkungen von Maßnahmen abbilden. In Referaten und Diskussionen wurde festgestellt, dass zwar bereits viele Daten vorliegen bzw. erhoben werden, die für Indikatoren nutzbar wären, Bedarf besteht aber – auch im Hinblick auf Effizienz und Bürokratieabbau – an einer eng koordinierten weiteren gemeinsamen Vorgehensweise aller betroffenen Fachbereiche und Verwaltungsebenen sowohl bei der Datenerfassung als auch bei der Entwicklung abgestimmter Berichtssysteme. Dringender Forschungsbedarf besteht neben der Indikatorenentwicklung unter

anderem zum Verständnis der Funktionen der biologischen Vielfalt. Der Wunsch nach plakativen und leicht verständlichen Indikatoren für die Kommunikation der Sachverhalte in Politik und Öffentlichkeit, darf nicht dazu führen, dass eingesetzte Indikatoren wissenschaftlich nicht fundiert sind, bzw. der abgebildete Zusammenhang zwischen Ursachen und Wirkungen nicht nachgewiesen wird.

Die Veranstalter hoffen, durch die Tagung und den vorliegenden Tagungsband die weitere fachliche Diskussion zur Indikatorenentwicklung und zum Monitoring der Agrobiodiversität zu beleben. Ein herzliches Dankeschön an die Redner und die Teilnehmer für die eingebrachten Beiträge und das Engagement. Mit dem Arbeitnehmerzentrum Königswinter (AZK) hatte die Veranstaltung einen technisch und atmosphärisch sehr angenehmen Tagungsort gefunden. Den Mitarbeitern des AZK sei an dieser Stelle daher herzlich gedankt.

Frank Begemann und Stefan Schröder

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE),
Informations- und Koordinationszentrum
für Biologische Vielfalt (IBV)

Karl-Otto Wenkel

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

Hans-Joachim Weigel

Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL),
Institut für Agrarökologie

Preface of the editors

At 7th and 8th of November 2006 the conference “Monitoring and Indicators of Agrobiodiversity” took place in Königswinter near Bonn, Germany. The conference was organised by the Information and Coordination Centre for Biological Diversity (IBV), Federal Agency for Agriculture and Food (BLE), and by the Senate Working Group for Biodiversity of the federal research institutes of the Federal Ministry of Food, Agriculture and Consumer Protection (BMELV).

Altogether more than one hundred persons from policy, administration, research, economy and of non-governmental organisations attended the symposium. Volume 27 of the serial “Agrobiodiversität” with the title “Monitoring und Indikatoren der Agrobiodiversität” contains the lecture contributions of the conference. The programme of the symposium was subdivided into an introductory part and the three thematic topics: “monitoring of genetic diversity”, “monitoring of biodiversity at species, landscape and ecosystem level” and “data acquisition and data quality”. The content of the volume in hand is following the thematic arrangements of the symposium.

The term “Agrobiodiversity” implies all components of biodiversity directly used by humans for food, agriculture, forestry and fishery and the natural components of biodiversity which support their service capability. Agrobiodiversity is therefore an indispensable resource for human life. In order to conserve, sustainably use and to exploit the properties of agrobiodiversity the Federal Ministry of Food, Agriculture and Consumer Protection (BMELV) currently develops a “National Agrobiodiversity Strategy”, which is intended to contribute to the “National Strategy of Biodiversity” currently being developed under the aegis of the Federal Ministry of the Environment (BMU). International commitments are dedicated to the target to halt biodiversity loss by 2010. The implementation of appropriate measures requires the monitoring of status and trends of biodiversity. Monitoring of factors which have an impact on biodiversity and of effects of measures is also needed. Instruments of such a monitoring process are indicators.

Monitoring of biodiversity is a complex task. Different levels, (1) genetic, (2) species and (3) landscape and ecosystem levels as well as (4) time as a further dimension need to be considered. In order to monitor progress achieved by action plans or strategies and their measures, indicators on

status and trends of biodiversity are indispensable. Appropriate monitoring programmes characterised by significant indicators are only insufficiently developed so far. Important tasks to fill this gap are the identification of suitable data sources and the establishing of appropriate reporting systems. Adjustment of data sources and reporting systems at international and European levels and, nationally, between authorities at Federal and Länder levels is essential for significant and efficient monitoring. Attention also need to be paid to the fact, that public authorities depend on the cooperation of numerous private and non-governmental organisations to obtain significant data.

The symposium aimed at the following main objectives:

- to take stock of the relevant monitoring processes and indicators with regard to agrobiodiversity at international, European and national levels,
- to assess the quality and to identify potential gaps of existing indicators and monitoring processes, as well as
- to indicate necessities to derive the further development of indicators for an optimised monitoring in future.

The organisers would like to state as recapitulatory result of the meeting, that participants of the conference determined in lectures and discussions that expressive and manageable indicators for the monitoring of status and trends of important parts of agrobiodiversity as well as to illustrate effects and/or kind and extent of measures are still missing. It was obvious to participants that many data are already collected in Germany, which would be useable for indicators, but a closely coordinated strategy which includes all administrative levels - especially that of the Federal Government and the Länder - is missing. It reduces the usefulness of a lot of data at different levels due to different methods in the field and in the data processing. Efficiency and dismantling of bureaucracy are also demanding close coordination at EU, Federal Government and Länder levels. Beside for the development of indicators an urgent need for research exists in the understanding of the functions of biological diversity. The comprehensible wish for indicators, which are striking and easy to understand - useable in the communication of politics and the public - may not lead to the use of indicators which are not well founded scientifically, and/or the interrelationship of implied causes and effects are not proven.

The organisers hope that both, the conference and the volume in hand, are inspiring the discussion on further development and refinement of indicators and monitoring of agrobiodiversity.

Many thanks to the speakers and to the participants for their contributions and engagement. With the “Arbeitnehmerzentrum Königswinter” (AZK) the symposium had found a technical and atmospheric very pleasant meeting place. Hence, the organisers thanks the staff members of the AZK.

Frank Begemann and Stefan Schröder

Federal Agency for Agriculture and Food (BLE), Information and Coordination Centre for Biological Diversity (IBV)

Karl-Otto Wenkel

Leibniz-Centre for Agricultural Landscape Research (ZALF) Müncheberg, Institute of Landscape Systems Analysis

Hans-Joachim Weigel

Federal Agricultural Research Centre (FAL), Institute of Agroecology

Grußwort des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV)

*Welcome address by the Federal Ministry
of Food, Agriculture and Consumer
Protection (BMELV)*

Martin Köhler, Unterabteilungsleiter „Ernährung, Bio- und Gentechnik, Umwelt“ des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV)

Sehr geehrte Damen und Herren,

im Namen des BMELV begrüße ich Sie sehr herzlich zum diesjährigen Symposium des Informations- und Koordinierungszentrums für Biologische Vielfalt (IBV) der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE).

Die jährlichen Symposien des IBV haben inzwischen eine lange Tradition. Ich freue mich, dass auch dieses Jahr wieder eine große Resonanz auf die Ankündigung des Symposiums zu verzeichnen ist. Ich finde es auch sehr begrüßenswert, dass die Veranstaltung dieses Mal in Zusammenarbeit mit der BMELV-Ressortforschung, namentlich der Arbeitsgruppe „Biodiversität“ des Senats unserer Ressortforschung, stattfindet; handelt es sich doch bei der diesjährigen Thematik um ein sehr forschungsnahes Feld.

Leider kann der Vorsitzende der Arbeitsgruppe „Biodiversität“ unseres Forschungssenats, Herr Dir. und Prof. Dr. Weigel, der zurzeit auch die Funktion des Präsidenten der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) innehat, heute nicht persönlich anwesend sein. Er wird in dieser Funktion von Herrn Professor Wenkel (Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF), Müncheberg) vertreten. Herr Dr. Weigel ist in seiner anderen Funktion heute terminlich verpflichtet. Ich möchte in diesem Zusammenhang auch darauf hinweisen, dass BMELV eine Konzeption für die Neuorganisation seiner Ressortforschung seine Konzeption für deren Neuorganisation im Hinblick auf zukünftige Anforderungen erarbeitet.

Darin ist auch eine Stärkung der Forschungsbereiche „Genetische Ressourcen“ und „Biodiversität“ vorgesehen. Dies zeigt, dass IBV und die Ressortforschung des BMELV mit dieser Veranstaltung im Trend liegen.

Es ist aber nicht nur die BMELV-Ressortforschung, die hier Kompetenzen und Aktivitäten zu verzeichnen hat, sondern auch der Natur- und Umweltschutz verfügt über einschlägige Erfahrungen. Ich freue mich deshalb besonders, dass hier heute und morgen auch der Natur- und Umweltschutz, sowohl mit Vertretern der Bundes- als auch der Landesebene, anwesend ist und uns durch Referate an seinen Erfahrungen teilhaben lässt.

Hervorheben möchte ich auch, dass sowohl Vertreter unseres Beirates für Biodiversität und genetische Ressourcen als auch des Beirates für Agrarpolitik teilnehmen und Referate bzw. die Moderation übernommen haben.

Last not least begrüße ich besonders die Teilnehmer und Referenten aus unseren Partnerländern in der EU und aus Nachbarländern, namentlich der Schweiz. Ich bin Ihnen besonders dankbar, dass Sie uns auch über Ihre langjährigen Erfahrungen mit dem Monitoring im ökologischen Bereich der Landwirtschaft Ihres Landes berichten wollen.

Meine Damen und Herren, die Thematik, mit der Sie sich heute und morgen befassen, hat eine bedeutende politische Komponente und stellt andererseits eine große wissenschaftlich-technische und administrative Herausforderung dar.

Die politische Bedeutung erschließt sich m. E. am besten aus einem Zitat unserer Bundeskanzlerin, Frau Dr. Merkel, anlässlich der Festveranstaltung „100 Jahre staatlicher Naturschutz“ am 30. Mai d. J. in Bonn. Sie hat dort gesagt: „Die Biodiversität hat im Grunde als Schwester des Klimaschutzes ein schwieriges Dasein, weil sie schwerer erfassbar ist. Aus meiner Sicht ist sie aber genau so wichtig. Die biologische Vielfalt ist für viele nicht so greifbar. Aber sie ist von unschätzbarem Wert.“ Das ist genau der Punkt, um den es geht: Wie machen wir nachvollziehbar mit vertretbarem Aufwand und allgemein verständlich deutlich, wie sich die biologische Vielfalt verändert? Und wie können wir zuverlässig feststellen, wie weit wir von unserem auf

höchster Ebene 2002 in Johannesburg beim Weltnachhaltigkeitsgipfel vereinbarten Ziel, die Verlustrate der biologischen Vielfalt bis 2010 deutlich zu verringern, noch entfernt sind.

Die Feststellungen der Bundeskanzlerin gelten natürlich gleichermaßen für die Agrobiodiversität, also den Teil der biologischen Vielfalt, den wir für unsere Ernährung und andere Zwecke in der Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft aktiv nutzen. Hierbei kommt noch in besonderer Weise hinzu, dass großen Teilen der Bevölkerung und Verbrauchern, insbesondere auch der jüngeren Bevölkerung, der Zusammenhang zwischen der Erhaltung der biologischen Vielfalt und ihrer Nutzung für diese Zwecke nicht vertraut ist. Auch dazu hat die Bundeskanzlerin damals grundsätzliche Aussagen gemacht und festgestellt: „Den Rückgang der biologischen Vielfalt deutlich zu verringern ist zwar keine positive Botschaft. Aber selbst das ist eine anspruchsvolle Aufgabe. Da die biologischen Kenntnisse in Deutschland nicht so weit ausgeprägt sind, fällt es vielen nicht auf, welche Verarmung dieser Rückgang an Reichtum bedeutet.“ Bezüglich der Agrobiodiversität kommt hinzu, dass dies auch die Vielfalt und die unterschiedlichen Qualitäten der damit erzeugten Produkte betrifft. Hier bestehen Aufgaben in der Bildung und Ausbildung, aber auch bei der Verbraucheraufklärung.

Zur Nutzung der biologischen Vielfalt hat die Bundeskanzlerin Merkel seinerzeit festgestellt: „Wir müssen uns natürlich fragen, wie wir Schutz und Nutzung von biologischer Vielfalt besser miteinander in Einklang bringen können. Denn es geht nicht nur um Arten- und Biotopschutz, sondern auch um eine nachhaltige wirtschaftliche Nutzung der natürlichen Ressourcen, und zwar nicht nur der unter Schutz gestellten Ressourcen, sondern der gesamten Ressourcen.“

Damit ist die politische Bedeutung der Thematik dieses Symposiums meines Erachtens ausreichend beleuchtet. Ich möchte aus aktuellem Anlass dem aber noch einen weiteren Aspekt hinzufügen. Die Bundesregierung bereitet zurzeit unter Federführung des BMU – nicht zuletzt im Hinblick auf die im Mai 2008 in Deutschland stattfindende 9. Vertragsstaatenkonferenz zum Übereinkommen über die biologische Vielfalt – eine nationale Strategie zur biologischen Vielfalt vor.

Im Hinblick auf die große wechselseitige Bedeutung von biologischer Vielfalt einerseits und der großflächigen land-, forst- und fischereiwirtschaftlichen Nutzung von Bestandteilen dieser Vielfalt beabsichtigt BMELV diese umfassende nationale Strategie durch eine eigene

Sektorstrategie zur Agrobiodiversität zu ergänzen. Es ist offensichtlich, dass zur Überprüfung von Fortschritten bei der Umsetzung dieser Strategien und der Wirksamkeit von vorgesehenen Maßnahmen Indikatoren und Monitoringinstrumente von entscheidender Bedeutung sind. Deshalb erwarte ich von diesem Symposium wichtige Impulse in dieser Hinsicht.

Ich bin mir bewusst, dass es bereits zahlreiche Ansätze auf nationaler, europäischer, namentlich der EU-Ebene und auf internationaler Ebene, z. B. im Rahmen der OECD, gibt für die Entwicklung solcher Indikatoren und Instrumente, will aber darauf jetzt nicht näher eingehen, da diese im Rahmen dieses Symposiums ja noch eingehend und von kompetenterer Seite behandelt werden. Ich möchte lediglich ein paar kurze grundsätzliche Anmerkungen machen, die ein Dilemma deutlich werden lassen, und gleichzeitig mögliche Lösungsprinzipien aufzeigen.

Biologische Vielfalt würden wir sicher nicht so bezeichnen, wenn die unermessliche Vielfalt nicht das hervorstechendste Merkmal und die Grundlage für die Existenz und Weiterentwicklung des Lebens auf dieser Erde wäre. Dies betrifft sowohl die genetische Ebene, als auch die Artebene und die Ökosystemebene, wobei die Vielfalt auf der genetischen Ebene vor allem bei den Wildformen nicht so ohne weiteres sichtbar ist.

Die zweite, die Artebene, ist zwar bei den höheren Lebewesen am augenfälligsten, aber in freier Natur oft auch nur für bestimmte Lebensräume oder zu bestimmten Jahreszeiten und den geschulten Blick erkennbar.

Das Erkennen und damit auch das Beschreiben der Ökosystemvielfalt – obwohl auch ohne besondere Hilfsmittel wahrnehmbar – erfordert wiederum Expertise. Allen Ebenen gemein ist aber, dass ihre innere Struktur und die Funktion einzelner Bestandteile, vor allem aber auch deren Zusammenwirken innerhalb einer Ebene und zwischen den verschiedenen Ebenen außerordentlich komplex sind und dynamischen Veränderungen unterliegen. Dies ist eine große Herausforderung, wenn es darum geht, mit einigen wenigen, für die Öffentlichkeit leicht verständlichen und für die Administration einfach zu handhabenden Indikatoren im Rahmen zuverlässiger und beständiger Monitoringsysteme relevante Informationen zu liefern. Dies klingt wie die Quadratur des Kreises und ist es wahrscheinlich auch.

Ich möchte Sie zunächst ausdrücklich ermuntern, hier nach gangbaren Wegen zu suchen. Dabei müssen Sie sich meines Erachtens aber hinsichtlich der verfügbaren finanziellen Ressourcen bewusst sein, dass die öffentlichen Haushalte sowohl des Bundes, als auch der Länder und Kommunen, sehr beansprucht sind und zurzeit mit großen Kraftanstrengungen saniert werden. Zudem hat die Bundesregierung ein Programm zum Bürokratieabbau beschlossen, mit dem insbesondere die Wirtschaft, aber auch die öffentliche Hand von unnötigen Berichtspflichten entlastet werden sollen. Die entsprechenden Überlegungen gehen sehr weit, und Herr Bundesminister Seehofer hat gerade für das Berichtswesen des BMELV weitreichende Entscheidungen getroffen.

In dieser Situation ist aus meiner Sicht zweierlei erforderlich: Erstens, Konzentration auf wenige aussagefähige Indikatoren und zweitens, mit anderen Fachbereichen und Verwaltungsebenen abgestimmte Erfassungs- und Berichtswege, also Monitoringsysteme. Dabei sollte grundsätzlich unterschieden werden zwischen Indikatoren, die Zustände der Agrobiodiversität beschreiben und solchen, die Wirkfaktoren bzw. Wirkungen erfassen sowie solchen, die Art und Umfang von relevanten Maßnahmen abbilden. Dies wird umso besser gelingen, je mehr wir über die Zusammenhänge wissen. Dies ist Angelegenheit von Wissenschaft und Forschung, wobei ich dafür noch einen großen Bedarf sehe.

Ich hoffe, Ihnen mit diesen Gedanken einige Anregungen und Hilfestellungen gegeben zu haben.

Ich wünsche dem Symposium einen erfolgreichen Verlauf mit interessanten Beiträgen und guten Diskussionen und Ihnen allen persönlich einen angenehmen Aufenthalt hier in Königswinter. Dies ist der Ort, wo der deutsche Naturschutz vor über 100 Jahren seinen praktischen Ausgangspunkt hatte. Ich darf Sie darauf hinweisen, dass das Siebengebirge das erste deutsche Naturschutzgebiet war und hier deshalb auch seit August 2000 das deutsche Museum für Naturschutzgeschichte seine Heimat hat.

Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

Nationale Strategie zur Biologischen Vielfalt: Indikatoren und Monitoring

German National Strategy on Biodiversity: Indicators and Monitoring

Rainer Dröschmeister

Bundesamt für Naturschutz (BfN), Fachgebiet I 1.3 Monitoring,
Konstantinstr. 110, 53179 Bonn, droeschr@bfn.de

Zusammenfassung

In die Nationale Strategie zur Biologischen Vielfalt wurden 19 Indikatoren aufgenommen, mit denen eine Erfolgskontrolle des durch die Strategie Erreichten vorgenommen werden soll. Diese Politik-Indikatoren sind zu differenzieren von biologischen Fach-Indikatoren.

Die Entwicklung und Ausarbeitung von sechs Indikatoren ist für die Strategie noch erforderlich, die anderen Indikatoren sind bereits verfügbar. Die *State*-Indikatoren spielen eine große Rolle, einige müssen ergänzend entwickelt werden. Der Nachhaltigkeitsindikator für die Artenvielfalt ist ein Beispiel für die Darstellung menschlicher Einflüsse auf die Biologische Vielfalt. Er zeigt vorhandenen Handlungsbedarf bei der Umsetzung nachhaltiger Landnutzung in Deutschland.

Monitoringprogramme sind erforderlich, um die Indikatoren regelmäßig aktualisieren zu können. Bisher wurde ein Vogelmonitoring entwickelt, welches auf ehrenamtlichen Erfassungen beruht. Zukünftig soll der Aufbau weiterer Monitoringprogramme, die für die Erfüllung von Berichtspflichten erforderlich sind, die erforderlichen Daten für die Indikatorenberechnung bereitstellen. Der darüber hinausgehende Bedarf für Naturschutz und Indikatorendarstellung wird deutlich gemacht.

Abstract

Part of the “German National Biodiversity Strategy” are 19 indicators to measure the effectiveness of the strategy. These policy-related indicators must be separated from biological indicators based on cause-effect relationships. Six indicators of the national strategy must be developed in the future, the others are already in use. State-indicators play the most important role in measuring the effectiveness, although some of them are not yet available. The “Sustainability Indicator for Species Diversity” is an existing example to demonstrate the extent of human impact on biological diversity. The indicator shows, that sustainable land-use practices and policies have to be strengthened to reach the target.

Monitoring programmes are the precondition to report indicators regularly. Bird monitoring programmes based on volunteer recordings have been set up in Germany. In the future, new monitoring programmes must be established to fulfil international reporting obligations (like Birds- or Habitats-Directive). They form the data source to calculate some indicators. Additionally, monitoring programmes are needed to support effective biodiversity conservation and to complete the indicator system of the national biodiversity strategy.

Einleitung

Die Nationale Strategie zur Biologischen Vielfalt zielt auf die Umsetzung des Übereinkommens über die biologische Vielfalt (CBD, Artikel 6) in Deutschland. Dabei sollen alle gesellschaftlichen Kräfte gebündelt und mobilisiert werden, so dass die Gefährdung der biologischen Vielfalt verringert und langfristig gestoppt werden kann (BMU 2005). Damit soll auch ein Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung geleistet werden. Nach Ressortabstimmungen und Beteiligung der Verbände und der Länder ist ein Kabinettsbeschluss für Mitte 2007 vorgesehen, mit dem die Strategie verabschiedet wird.

Um künftig berichten zu können, inwieweit die Ziele der Strategie erreicht wurden, erfolgte eine Auswahl von Indikatoren, die eine zusammenfassende Erfolgskontrolle ermöglichen. Die Indikatoren fassen die vielschichtigen, in den Visionen und Aktionsfeldern behandelten Sachverhalte zusammen und machen Trends erkennbar. Sie sollen die Strategie thematisch möglichst breit abdecken.

Definition des Begriffes Indikatoren

Der Begriff Indikatoren ist nicht nur im Tagungstitel dieser Veranstaltung und dieses Beitrages enthalten, er wird auch in zahlreichen Publikationen und Vorträgen verwendet. Dabei beinhalten die jeweiligen „Indikatoren“ bei genauer Betrachtung unterschiedliche Dinge. Daher wird hier eine Unterscheidung von zwei Sachverhalten vorgenommen: biologische Fach-Indikatoren und Politik-Indikatoren (Textbox 1).

Fach-Indikatoren, die häufig unter dem Namen Bioindikatoren gehandelt werden, basieren auf engen Verknüpfungen des Indikators zu einzelnen Umweltfaktoren; die Indikatoren sind Ergebnis der Erforschung von Kausalzusammenhängen.

Politik-Indikatoren, meist kurz als Indikatoren bezeichnet, sollen Politikauswirkungen auf komplexe Vorgänge in der Natur abbilden und allgemeinverständliche Aussagen erzeugen. Sie befinden sich im Spannungsfeld zwischen biologie-wissenschaftlich belastbaren Fakten und der Verwendbarkeit ihrer Aussagen für politische Prozesse (Turnhout *et al.* 2007).

Textbox 1: Definitionen: Indikator

Schubert (1991)

„Bioindikatoren sind Organismen oder Organismengemeinschaften, deren Lebensfunktionen sich mit bestimmten Umweltfaktoren so eng korrelieren lassen, dass sie als Zeiger dafür verwendet werden können. Diese Definition schließt die Indikation der natürlichen Standortverhältnisse mit ein.“

Häufig wird allerdings der Begriff der Bioindikation nur auf eine zeitabhängige Anzeige anthropogener oder anthropogen modifizierter Umwelteinflüsse durch veränderte Größen (messbare Merkmale) biologischer Objekte und Systeme unter Bezug auf definierte Vergleichsbedingungen angewandt.“

Zieschank *et al.* (2004)

„Ein wesentliches Instrument der Operationalisierung von Leitbildern, politischen Zielen wie auch deren Erfolgskontrolle sind Indikatoren. Sie sollen als ausgewählte, plakative Kenngrößen Auskunft über Entwicklungstrends in einem bestimmten Politikfeld geben. Daraus ergibt sich angesichts der Komplexität des Themas Biodiversität ein Spannungsfeld zwischen wissenschaftlicher Exaktheit und politischer Nutzbarkeit.“

Indikatoren der nationalen Biodiversitätsstrategie

Für die nationale Strategie wurden 19 Indikatoren ausgewählt, die verschiedene Bereiche nach dem PSR-Ansatz (*Pressure-State-Response*) abdecken. Grundlegend für die Bewertung der Erfolge der Strategie sind die Indikatoren, die den Zustand der Biologischen Vielfalt darstellen (*State-Indikatoren*). Sie zeigen an, wie es der biologischen Vielfalt geht, während *Pressure-Indikatoren* zeigen, welche anthropogenen Einwirkungen die biologische Vielfalt beeinträchtigen. *Response-Indikatoren* zeigen an, welche Schritte zur Milderung oder Behebung der anthropogenen Einflüsse unternommen werden.

Tab 1 Übersicht über die Indikatoren der nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt (Stand: Juni 2006)

Tab 1 *Indicators of the National Biodiversity Strategy (Draft version, June 2006)*

Indikator	PSR-Aussage	Indikatoren-system
Stickstoffüberschuss (Gesamtbilanz)	<i>pressure</i>	NHS, KIS, LIKI
Flächeninanspruchnahme: Zunahme Siedlungs- und Verkehrsfläche	<i>pressure</i>	NHS, KIS, LIKI
Landschaftszerschneidung	<i>pressure</i>	KIS, LIKI
Zersiedelung der Landschaft	<i>pressure</i>	-
Anzahl gebietsfremder Tier- und Pflanzenarten in Deutschland	<i>pressure</i>	KIS
<i>Marine Trophic Index</i>	<i>pressure</i>	CBD
Gentechnik in der Landwirtschaft	<i>pressure / response</i>	LIKI-Teilindikator geplant
Gewässergüte - Anteil Gewässer mit mindestens Güteklasse II	<i>state</i>	LIKI
Nachhaltigkeitsindikator für die Artenvielfalt	<i>state</i>	NHS, KIS, LIKI
Gefährdete Arten	<i>state</i>	KIS
Bestände ausgewählter, kommerziell genutzter Meeresarten	<i>state</i>	-
Biodiversität in der Landschaft	<i>state</i>	-

...

Indikator	PSR-Aussage	Indikatoren-system
Erhaltungszustand der FFH-Lebensraumtypen und -arten	state	LIKI geplant
Anteil der Flächen mit ökologischer Landwirtschaft an der landwirtschaftlich genutzten Fläche	response	NHS, KIS, LIKI
Flächenanteil nach Naturland und FSC zertifizierte Waldflächen in Deutschland	response	KIS
Agrarumweltförderung: Fördermittel und geförderte Fläche	response	KIS
Natura-2000-Gebietsmeldungen	response	KIS, LIKI
Fläche der streng geschützten Gebiete	response	KIS, LIKI
Bedeutsamkeit umweltpolitischer Ziele und Aufgaben	response	-

Abkürzungen der Indikatoren-systeme bedeuten: NHS - Indikatoren der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie; KIS - Umweltkernindikatoren-system des Bundes; LIKI - Länderinitiative Kernindikatoren; CBD - Indikatoren der Konvention zur Erhaltung der Biologischen Vielfalt

Abbreviations: NHS - Indicators of the National Sustainability Strategy; KIS - Core Set of National Environment Indicators; - LIKI: Initiative of the German Länder for a Core-Set of Indicators; CBD - Indicators of the Convention of Biodiversity

Bei der Auswahl der Indikatoren wurde auf vorhandene Indikatoren-sets der Länder-, Bundes- und internationalen Ebene (Länderinitiative Kernindikatoren - LIKI, Umweltkernindikatoren-system des Bundes - KIS, *Streamlining European Biodiversity Indicators by 2010* - SEBI 2010) zurückgegriffen.

Darüber hinaus war es erforderlich, für wichtige Themenfelder neue Indikatoren zu entwickeln, um Erfolge und Misserfolge der Strategie angemessen bewerten zu können. Um regelmäßig berichten zu können, müssen die zu Grunde liegenden Daten verfügbar sein oder absehbar verfügbar gemacht werden können. Für die regelmäßig vorgesehenen Indikatoren-berichte sollen jeweils aktuelle Informationen dargestellt werden. Das Indikatoren-set ist mit 19 Indikatoren überschaubar und handhabbar. Für politische Steuerungen im Detail werden Informationen aus dem Monitoring benötigt, die über die zusammenfassenden Indikatoren-aussagen hinausgehen.

Die noch zu entwickelnden Indikatoren sollen in einem Forschungs- und Entwicklungsvorhaben beginnend im Jahr 2007 fachlich ausgearbeitet und berechnet werden. Für die Berechnung der Indikatoren sind folgende Datenquellen erforderlich und z. T. bereits verfügbar:

- „Gefährdete Arten“: Datengrundlage sind Einstufungen aus den Roten Listen; die Berechnung und zukünftige Aktualisierung des Indikators setzt die Fortschreibung der Roten Listen - möglichst nach vergleichbaren Gefährdungskriterien - voraus
- „Erhaltungszustand der FFH-Lebensraumtypen und -arten“; das FFH-Monitoring wird derzeit von den Ländern aufgebaut; da die Bewertung des Erhaltungszustandes nach FFH-Richtlinie verpflichtend ist, wird zukünftig eine ausreichende Datengrundlage für den Indikator verfügbar sein
- „Zersiedelung der Landschaft“; für die Berechnung des Indikators sollen laufend aktualisierte Rauminformationen zur Topographie und Nutzung in Deutschland verwendet werden
- „Gentechnik in der Landwirtschaft“; für die Berechnung des Indikators sollen die Informationen aus dem bundesweiten, regelmäßig aktualisierten Anbauregister verwendet werden
- „Bedeutsamkeit umweltpolitischer Ziele und Maßnahmen“; Verwendung und Fortführung regelmäßiger Studien des Bundesumweltministeriums zum Umweltbewusstsein (bisher alle zwei Jahre durchgeführt)
- „Biodiversität in der Landschaft“; zur Berechnung des Indikators ist die Umsetzung eines bundesweiten Biodiversitätsmonitorings in Deutschland erforderlich; konzeptionelle Grundlage hierfür ist die Ökologische Flächenstichprobe (ÖFS, vgl. Hoffmann-Kroll *et al.* 1995, Dröschmeister 2001)

Von den sechs noch zu entwickelnden Indikatoren entstammen drei den Zustandsindikatoren, was den dort bestehenden Handlungsbedarf bei Indikatoren-entwicklung und Monitoring verdeutlicht.

Fallbeispiel Nachhaltigkeitsindikator für die Artenvielfalt

Für die nationale Nachhaltigkeitsstrategie wurde der Nachhaltigkeitsindikator für die Artenvielfalt entwickelt (Achtziger *et al.* 2004); er ist einer von 21 Schlüsselindikatoren.

Der Indikator stellt die Nachhaltigkeit der Landnutzung in Bezug zur Erhaltung der Biologischen Vielfalt dar. Über die Qualität von Lebensräumen bildet der Indikator indirekt die Artenvielfalt ab.

Tab. 2 Artenauswahl des Nachhaltigkeitsindikators für die Artenvielfalt (Achtziger et al. 2007)

Tab. 2 Species set of the German Sustainability Indicator for Species Diversity (Achtziger et al. 2007)

Agrarland	Wald	Siedlung
Braunkehlchen	Grauspecht	Dohle
Feldlerche	Kleiber	Gartenrotschwanz
Goldammer	Kleinspecht	Girlitz
Graumammer	Mittelspecht	Grünspecht
Heidelerche	Schreiadler	Hausrotschwanz
Kiebitz	Schwarzspecht	Hausperling
Neuntöter	Schwarzstorch	Mauersegler
Rotmilan	Sumpfmeise	Mehlschwalbe
Steinkauz	Tannenmeise	Rauchschwalbe
Uferschnepfe	Waldlaubsänger	Wendehals
	Weidenmeise	

Binnengewässer	Küsten/Meere	Alpen
Eisvogel	Austernfischer	Alpenbraunelle
Flussuferläufer	Eiderente	Auerhuhn
Haubentaucher	Flusseeeschwalbe	Berglaubsänger
Kolbenente	Kornweihe	Dreizehenspecht
Rohrdommel	Küstenseeschwalbe	Kleiber
Rohrweihe	Mittelsäger	Ringdrossel
Seeadler	Rotschenkel	Rotkehlchen
Teichrohrsänger	Sandregenpfeifer	Steinadler
Wasserralle	Trottellumme	Waldbaumläufer
Zwergtaucher	Zwergseeschwalbe	Weidenmeise

Der Indikator basiert auf der Bestandsentwicklung von 59 Vogelarten, die wegen ihrer unterschiedlichen ökologischen Ansprüche ausgewählt wurden und zusammenfassend verschiedene Einflüsse anthropogener Nutzung darstellen (Achtziger et al. 2007). Der Indikator ist differenziert für sechs Hauptlebensräume: Agrarland, Wald, Siedlung, Küsten/Meere, Binnengewässer, Alpen. Zur Berechnung des Indikators wurden die Bestandsgrößen je Einzel-Art auf einen Zielwert für das Jahr 2015 normiert (Stickroth et al. 2004). Die Teilindikatoren gehen gewichtet nach ihrem Flächenanteil in den Gesamtindikator ein.

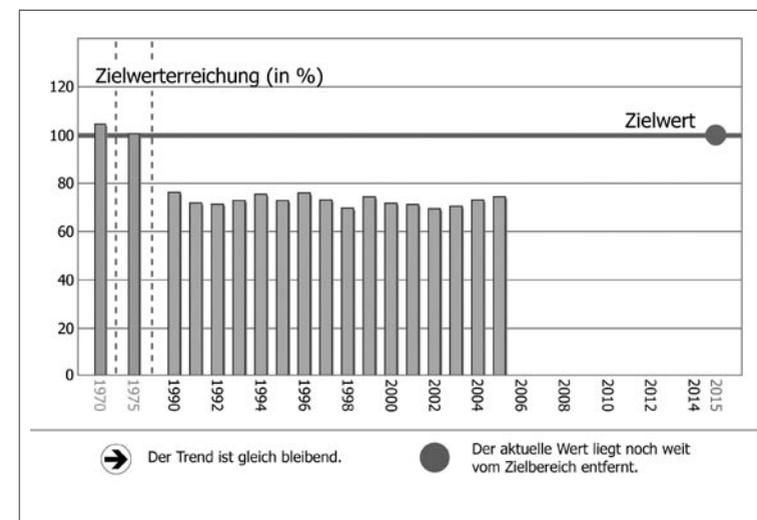


Abb. 1 Verlauf des Nachhaltigkeitsindikators für die Artenvielfalt (Quelle: BfN 2007)
Fig. 1 Trend of the Sustainability Indicator for Species Diversity (Source: BfN 2007)

Die wichtigsten Ursachen für den Rückgang der Vogelarten seit den 1970er Jahren sind die Intensivierung der Landnutzung, die zunehmende Zerschneidung der Landschaft durch Verkehrswege, die Bebauung von Flächen sowie der Eintrag von Schad- und Nährstoffen. Der Verlauf des Gesamtindikators seit 1990 zeigt keinen Trend hin zur Erreichung des Zielwertes (zur Entwicklung des Teilindikators Agrarland s. Mitschke et al. 2007); daher müssen zusätzliche Anstrengungen unternommen werden, um das Ziel für das Jahr 2015 erreichen zu können.

Die artbezogenen Zielwerte wurden vor dem Hintergrund bestehender oder geplanter Programme und politischer Maßnahmen entwickelt. Eine Umsetzung dieser Vorhaben ist daher geboten.

Bundesweites Monitoring

Das bundesweite Monitoring des Zustands und von Veränderungen der Biologischen Vielfalt ist Grundlage (Datenbasis) für die Darstellung der Zustands-Indikatoren sowie einer zielorientierten Naturschutzpolitik. Neben der Berechnung der Indikatoren dienen die Daten aus den Monitoringprogrammen einer eingehenden naturschutzfachlichen Analyse von anthropogenen Veränderungen von Natur und Landschaft (Dröschmeister *et al.* 2006).

Vogelmonitoring

Ein vom BfN mit Mitteln des BMU gefördertes Forschungs- und Entwicklungsvorhaben „Monitoring von Vogelarten in Deutschland“ wurde vom Dachverband Deutscher Avifaunisten (DDA) durchgeführt. Auf der Grundlage bestehender, ehrenamtlicher Programme baute der DDA darin zusammen mit dem Naturschutzbund Deutschland und der Deutschen-Ornithologen Gesellschaft sowie den Vogelschutzwarten der Länder ein bundesweit abgestimmtes Monitoring von Vogelarten auf (Mitschke *et al.* 2005). Die in diesem Forschungs- und Entwicklungsvorhaben entwickelte Zusammenarbeit zwischen der Länderarbeitsgemeinschaft der Vogelschutzwarten (LAG-VSW), dem DDA und dem BfN hat sich für die Durchführung des Vogelmonitorings in Deutschland bewährt.

Folgende Programme des Vogelmonitorings werden derzeit verfolgt: Monitoring häufiger Brutvogelarten; Monitoring gefährdeter und geschützter Brutvogelarten; Monitoring rastender Wasservögel.

Monitoring häufiger Brutvogelarten

Verbreitete und häufige Brutvogelarten gehören zu den besten Indikatoren für die Auswirkungen großräumiger Nutzungen (Land- und Forstwirtschaft) auf die biologische Vielfalt. Der DDA führt seit 1989 ein Monitoringprogramm häufiger Brutvögel durch, welches seit dem Jahr 2004 methodisch optimiert und noch stärker auf die Beantwortung von Fragen zu Auswirkungen von Landnutzungen auf die

biologische Vielfalt zugeschnitten wurde (Mitschke *et al.* 2005). Bei der Überarbeitung des Monitoringprogrammes wurden Stichprobenflächen vorgegeben, welche nach einer Zufallsstichprobe geschichtet nach Nutzungstypen und Landschaftstypen verteilt sind. In Deutschland gibt es für bundesweite Aussagen 1.000 Stichprobenflächen von 1 km² Größe (Grundprogramm). Für Fragestellungen der Bundesländer stehen insgesamt 2.637 Stichprobenflächen zur Verfügung, die für Fragen auf Landesebene genutzt werden können (Vertiefungsprogramm).

Seit 2004 wird bundesweit auf den Stichprobenflächen die Linienkartierung zur Erfassung der Brutvögel entlang einer etwa 3 km langen Wegstrecke durchgeführt, was die Ermittlung von lebensraumbezogenen Dichtewerten ermöglicht (Südbeck *et al.* 2005). Das Monitoringprogramm hat bereits im zweiten Erhebungsjahr (2005) einen hohen Zuspruch von ehrenamtlichen KartiererInnen erfahren: von den 1.000 bundesweiten Probeflächen wurden bereits 626 vergeben.

Monitoring geschützter und gefährdeter Brutvogelarten

In diesem Monitoringprogramm werden seltene und mäßig häufige Arten erfasst. Die Basis dieses Monitorings bildet das Monitoring seltener Vogelarten, welches 1956 (in der DDR) bzw. 1977 (in der BRD) begonnen wurde. Ziel des Monitoringprogrammes ist es, Informationen über gefährdete und geschützte Arten zu erhalten, um Schutzprogramme und Schutzmaßnahmen entwickeln, überprüfen und umsetzen zu können. Die Ergebnisse der Programme bilden die Datengrundlage für die Gefährdungseinstufung der Vogelarten (Rote Liste), die Erfüllung internationaler Berichtspflichten (z. B. EG-Vogelschutzrichtlinie, Ramsar-Konvention) und politikbezogene Indikatoren.

Das Monitoring geschützter und gefährdeter Brutvogelarten wird durch Erhebungen der Vogelschutzwarten der Länder (bzw. Arbeiten in deren Auftrag) und durch ehrenamtliche Kartierungen ermöglicht. Mit einer verbesserten Zählmethodik („Zählgebietsansatz“), die sich bereits beim Monitoring von Wiesenbrütern bewährt hat, soll zukünftig der Datenfluss beschleunigt werden, um bundesweite Übersichten schneller und genauer erstellen zu können. Die Bestandsentwicklung der Uferschnepfe (*Limosa limosa*) wurde aus zahlreichen Einzelerhebungen, lokalen und regionalen Monitoringprogrammen errechnet (Abb. 2).

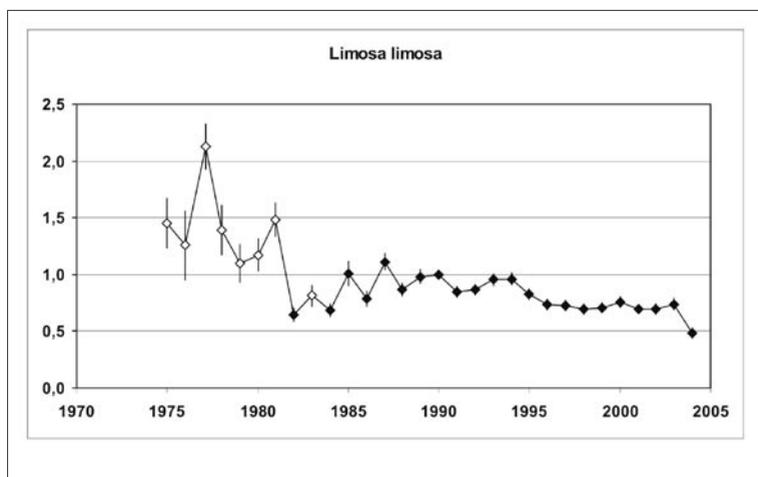


Abb. 2 Entwicklung der Brutbestände (Index) der Uferschnepfe (*Limosa limosa*) in Deutschland (Hötker *et al. in prep.*); weitere Erläuterungen s. Text

Fig. 2 Trend of abundance (index) of breeding pairs of Black-tailed godwit (*Limosa limosa*) in Germany (Hötker *et al. in prep.*); cf. text for more explanations

Dabei wurde der Zählgebietsansatz modellhaft zu Grunde gelegt. Die länger zurückliegenden Berechnungen sind mit größeren Ungenauigkeiten behaftet, daher sind in Abb. 2 die Ergebnisse entsprechend differenziert: offene Symbole stehen für einen Indexwert, der mit einer Wahrscheinlichkeit von 75% auf 10% genau getroffen wird; geschlossene Symbole stehen für einen Indexwert, der mit einer Wahrscheinlichkeit von 95% auf 10% genau getroffen wird.

Bei der Uferschnepfe zeigt sich um 1980 eine deutliche Abnahme der Bestände. Nach 1980 erfolgte zunächst eine Stabilisierung, dann gingen seit Mitte der 90er Jahre die Bestände weiter zurück. Als Brutvogel des Feuchtgrünlandes sind für den Schutz der Uferschnepfe weitergehende Anstrengungen erforderlich, als mit den Schutzprogrammen bisher verwirklicht werden konnte.

Monitoring rastender und überwinternder Wasservögel

Seit über 40 Jahren werden international synchronisierte Zählungen rastender Wasservögel in Deutschland durchgeführt. Ziele des Wasservogelmonitorings sind die Ermittlung der Gesamtbestände, deren räumliche wie zeitliche Veränderung getrennt nach einzelnen Populationen sowie die Feststellung und Bewertung von Rastgebieten.

Dies ist die Grundlage für den Schutz der Wasservögel nach nationalen und internationalen Regelwerken (z. B. Ramsar-Konvention, Vogelschutz-Richtlinie). Auf Grund der langen Erfassungen lassen sich auch Auswirkungen des Klimawandels auf die überwinternden Wasservögel nachweisen, die sich in ihren räumlichen und zeitlichen Verbreitungsmustern an die veränderten klimatischen Verhältnisse anpassen (Wahl & Sudfeldt 2005).

Monitoring im Meeres- und Küstenbereich

Der Bund baut in der ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) ein Monitoring auf, um die Schutzgebiete überwachen und Berichtspflichten der FFH- und Vogelschutz-Richtlinie erfüllen zu können. Die Arbeiten des Bundes erfolgen in enger Kooperation mit den Aktivitäten der Bundesländer, die an der Küste und innerhalb der 12-Seemeilen-Zone Monitoringprogramme mit denselben Zielen einrichten. Die einzelnen Komponenten des Monitorings befinden sich derzeit in Abstimmung; Grundlage hierfür sind die Forschungsarbeiten im marinen Bereich, die Verbreitung, Zustand und zeitliche Variabilität von Vorkommen der Vögel, Fische, Meeressäuger und marinen Lebensräumen ermittelt haben. Hierbei wurden auch neue Techniken und Methoden zur Erfassung der vorkommenden Arten entwickelt und erprobt (<http://www.habitatmare.de>).

FFH-Monitoring

Nach Art. 11 der FFH-Richtlinie ist der Erhaltungszustand von Arten (in Deutschland regelmäßig vorkommend 258 Arten) und Lebensraumtypen (91) innerhalb und außerhalb von Schutzgebieten zu ermitteln und regelmäßig an die EU zu berichten. In Deutschland sind dafür - mit Ausnahme der AWZ - die Bundesländer zuständig. Zur gemeinsamen Entwicklung von Methoden und Bewertungsschemata wurden in einem Bund-Länder-Arbeitskreis die methodischen Grundlagen entwickelt (Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt 2006, Doeringhaus *et al.* 2005, Fartmann *et al.* 2001). Zukünftig werden mit einem bundesweit vergleichbaren Monitoring die Bestände der Arten und Lebensräume überwacht werden, so dass der Indikator „Erhaltungszustand der FFH-Lebensraumtypen und -arten“ daraus berechnet werden kann.

Ökologische Flächenstichprobe

Um die Veränderungen der biologischen Vielfalt in der Normallandschaft beschreiben zu können, wurde das Konzept der Ökologischen Flächenstichprobe (ÖFS) entwickelt (Hoffmann-Kroll *et al.* 1995, Dröschmeister 2001). Die Erhebungen sind methodisch geschichtet, um unterschiedliche Auswirkungen betrachten und messen zu können. Zur Verknüpfung von Nutzungsparametern mit dem Vorkommen von Arten beinhaltet die ÖFS eine Erfassung aller vorkommenden Biotope auf Stichprobenflächen von 1 km² Größe, aber auch die Kartierung von Gefäßpflanzen in ausgewählten Biotoptypen. Die Probeflächen der ÖFS sind identisch mit denen des Brutvogelmonitorings häufiger Arten (s. o.). Eine Umsetzung der ÖFS ist in Deutschland bisher lediglich in Nordrhein-Westfalen erfolgt (König 2003). In der Schweiz läuft bereits seit einem halben Jahrzehnt ein vergleichbares Monitoringprogramm, das Biodiversitätsmonitoring Schweiz (BDM-CH), was eine ähnliche Zielrichtung wie die ÖFS verfolgt (BAFU 2006). Mit den Ergebnissen des BDM-CH konnte gezeigt werden, dass die Förderung der Bewirtschaftung naturschutzfachlich wertvoller Wiesen gemäß Öko-Qualitätsverordnung auf den artenreichsten und wertvollsten Flächen stattfindet. Mit dem BDM-CH ebenso wie mit der ÖFS kann gezeigt werden, inwiefern derartige Fördermaßnahmen zur langfristigen Sicherung der Biodiversität auf landwirtschaftlich genutzten Flächen beitragen.

Monitoring gentechnisch veränderter Organismen (GVO)

Die europäische Freisetzungsrichtlinie 2001/18/EG schreibt ein Monitoring der Umweltwirkungen gentechnisch veränderter Organismen vor. Beim Inverkehrbringen von GVO wird mit der Genehmigung mitgeteilt, welche Auflagen zum Monitoring zu beachten sind. Zukünftig wird eine Verbesserung der naturschutzfachlichen Aussagen des GVO-Monitorings angestrebt, um Auswirkungen auf die Biologische Vielfalt zu vermeiden oder zumindest rechtzeitig zu erkennen, um dann Gegenmaßnahmen ergreifen zu können. Hiermit wird versucht, dem grundgesetzlich verankerten Vorsorgeprinzip Rechnung zu tragen. Eine EU-weite Harmonisierung der Beobachtungsparameter, Methoden und Erhebungsdesigns wird derzeit von einer EU-Arbeitsgruppe vorangetrieben.

Ausblick

Zukünftig sollen die naturschutzbezogenen Monitoringprogramme weiter ausgebaut und abgesichert werden, um die für die Indikatorenberechnung benötigten Daten in ausreichender Qualität zur Verfügung zu haben. Durch eine gemeinsame Nutzung der Daten von verschiedenen Ressorts und Herkünften kann bei der Erhebung der Daten Geld gespart werden. Vom BfN wird daher z. B. angestrebt, Daten aus der Bundeswaldinventur für die Bewertung des Erhaltungszustands von FFH-Lebensraumtypen zu verwenden. Weitere Beispiele sind die Abstimmung der naturschutzfachlichen Monitoringprogramme auf Fragen des GVO-Monitorings (Middelhoff *et al.* 2006) und die Prüfung der Verwendbarkeit von Daten aus dem Monitoring nach Wasserrahmenrichtlinie für Naturschutzzwecke. Mit einer soliden Datengrundlage können auch die politisch bedeutsamen Indikatoren der nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt bedient und wissenschaftlich abgesichert berechnet werden. Nur ein ausreichend breites Monitoring-Netz, welches den Zustandsgrößen der Biologischen Vielfalt ausreichend Beachtung schenkt, ermöglicht die Bewertung der nationalen Biodiversitäts-Strategie.

Literatur

- Achtziger, R., Stickroth, H., & Zieschank, R. (2004): Nachhaltigkeitsindikator für die Artenvielfalt - ein Indikator für den Zustand von Natur und Landschaft in Deutschland. - *Angew. Landschaftsökol.* 63, 137 S.
- Achtziger, R., Stickroth, H., Zieschank, R., Wolter, C. & Schlumprecht, H. (2007): F+E-Projekt „Nachhaltigkeitsindikator für den Naturschutzbereich“, Phase 2. - Endbericht Teil A zum gleichnamigen F+E-Vorhaben (FKZ 804 86 010), 197 S. (unpubliziert).
- Bundesamt für Umwelt (BAFU, Hrsg., 2006): Zustand der Biodiversität in der Schweiz. Ergebnisse des Biodiversitätsmonitorings Schweiz (BDM) im Überblick. Stand Mai 2006. - Bern (BAFU), 67 S.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU, 2005): Nationale Strategie zur Erhaltung der Biologischen Vielfalt. Entwurf. - Berlin (BMU), 159 S.

Doerpinghaus, A., Eichen, C., Gunnemann, H., Leopold, P., Neukirchen, M., Petermann, J. & Schröder, E. (2005): Methoden zur Erfassung von Arten der Anhänge IV und V der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie. - Naturschutz Biol. Vielfalt 20, 449 S.

Dröschmeister, R. (2001): Bundesweites Naturschutzmonitoring in der Normallandschaft mit der Ökologischen Flächenstichprobe. - Nat. Landschaft 76(2): 58-69.

Dröschmeister, R., Benzler, A., Berhorn, F., Doerpinghaus, A., Eichen, C., Fritsche, B., Graef, F., Neukirchen, M., Sukopp, U., Weddelling, K., & Züghart, W. (2006): Naturschutzmonitoring: Potenziale und Perspektiven. - Nat. Landschaft 81(12): 578-584.

Fartmann, T., Gunnemann, H., Salm, P & Schröder, E. (2001): Berichtspflichten in Natura-2000-Gebieten. - Empfehlungen zur Erfassung der Arten des Anhangs II und Charakterisierung der Lebensraumtypen des Anhangs I der FFH-Richtlinie. - Angew. Landschaftsökol. 42, 725 S.

Hoffmann-Kroll, R., Schäfer, D., Seibel, S. (1995): Indikatorensystem für den Umweltzustand in Deutschland. - Wirtschaft Stat. N F 1995(8): 589-97.

Hötker, H., Jeromin, H. & Melter, J. (in prep.): Entwicklung der Brutbestände der Wiesen-Limikolen in Deutschland - Ergebnisse eines neuen Ansatzes im Monitoring mittelhäufiger Brutvogelarten. - Publikation in „Die Vogelwelt“ geplant.

König, H. (2003): Naturausstattung in der nordrhein-westfälischen Normallandschaft. - LÖBF-Mitt. 28(2): 15-24.

Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt (2006): Empfehlungen für die Erfassung und Bewertung von Arten als Basis für das Monitoring nach Artikel 11 und 17 der FFH-Richtlinie in Deutschland. - Ber. Landesamt Umweltsch. Sachsen-Anhalt, Sonderheft 2, 370 S.

Middelhoff, U.; Hildebrandt, J. & Breckling, B. (2006): Die Ökologische Flächenstichprobe als Instrument eines GVO-Monitorings. - BfN-Skripten 172. 96 S.

Mitschke, A., Sudfeldt, C., Heidrich-Riske, H. & Dröschmeister, R. (2005): Das neue Brutvogelmonitoring in der Normallandschaft Deutschlands - Untersuchungsgebiete, Erfassungsmethode und erste Ergebnisse. Vogelwelt 125: 127-140.

Mitschke, A., Sudfeldt, C., Heidrich-Riske, H. & Dröschmeister, R. (2007): Monitoring häufiger Brutvögel in der Normallandschaft Deutschlands. - (In diesem Band).

Schubert, R. (Hrsg., 1991): Bioindikation in terrestrischen Ökosystemen. 2. Aufl. - Jena (G. Fischer), 338 S.

Stickroth, H., Schlumprecht, H & Achtziger, R. (2004): Zielwerte für den „Nachhaltigkeitsindikator für die Artenvielfalt“ - Messlatte für eine nachhaltige Entwicklung in Deutschland aus Sicht des Natur- und Vogelschutzes. - Ber. Vogelschutz 41: 78-98.

Südbeck, P.; Andretzke, H., Fischer, S., Gedeon, K., Schikore, T., Schröder, K. & Sudfeldt, C. (2005): Methodenstandards zur Erfassung der Brutvögel Deutschlands. Radolfzell. 792 S.

Turnhout, E., Hisschemöller, M. & Eijsackers, H. (2007): *Ecological indicators: between the two fires of science and policy*. - *Ecol. Indicators* 7(2): 215-228.

Wahl, J. & Sudfeldt, C. (2005): 40 Jahre Wasservogelzählung: Welche Spuren hinterlassen Klimaschwankungen? - Tagungsband zur 138. Jahresversammlung der Deutschen Ornithologen-Gesellschaft in Stuttgart: 78.

Zieschank, R., Stickroth, H & Achtziger, R. (2004): Seismograph für den Zustand von Natur und Landschaft. - Politische Ökologie 91/92: 58-59.

Monitoring der Agrarpolitik im ökologischen Bereich – Erfahrungen der Schweiz

Monitoring the Suisse agricultural policy in the ecological dimension – experiences made in Switzerland

Hans-Jörg Lehmann und Brigitte Decrausaz

Bundesamt für Landwirtschaft (BLW), Stabsstelle Ökologie,
Mattenhofstrasse 5, CH 3003 Bern,
hans-joerg.lehmann@blw.admin.ch,
brigitte.decrasaz@blw.admin.ch

Zusammenfassung

Die Regierung hat eine Strategie für die nachhaltige Entwicklung in der Schweiz erarbeitet. Nach diesem müssen die sektoriellen Politiken ihrerseits dem Nachhaltigkeitsprinzip entsprechen und unter dem Blickwinkel der wirtschaftlichen, sozialen und ökologischen Nachhaltigkeit geprüft werden.

In diesem Sinne hat das Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) eine Strategie für eine nachhaltige Entwicklung festgelegt, die im ökologischen Bereich von verschiedenen Instrumenten Gebrauch macht: Forschung, Bildung, Beratung; Anreize; Verbote und Gebote. Diese Strategie wird durch eine Gesamtbeurteilung der Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft vervollständigt.

Die genannte Beurteilung erfolgt auf Grund von ungefähr 15 wirtschaftlichen, sozialen respektive ökologischen Indikatoren (3-6 pro Dimension), wobei jedem Indikator Zwischenziele zugeordnet sind. Das Konzept der Nachhaltigkeit und der nachhaltigen Landwirtschaft für den Agrarbericht wird im Dokument „Agrarbericht: Wertung der Lage der Landwirtschaft unter dem Gesichtspunkt der Nachhaltigkeit“ dargelegt.

Die dort erwähnten Indikatoren und Ziele erlauben eine gesamte Beurteilung der Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft und dienen bei Problemen als Alarmsignale.

Zusätzlich führt das BLW anhand von Agrar-Umweltindikatoren ein Monitoring durch, das die Nachhaltigkeitsindikatoren ergänzt und die daraus gewonnenen Informationen verfeinert. Beim Monitoring können für die Agrar-Umweltindikatoren fallweise quantitative und/oder qualitative Zielsetzungen definiert werden.

Auf diese Weise lässt sich verfolgen, wie die Landwirtschaft die Umweltqualität beeinflusst und wie sich die Umwelt im Zusammenhang mit den landwirtschaftlichen Praktiken entwickelt. Das Monitoring zeigt auch die Bereiche auf, in denen Probleme bestehen, und bestimmt diese. Zudem kann es als Alarmsignal und Entscheidungshilfe bei der Wahl neuer Instrumente dienen. Dabei sind aber auch die Ergebnisse der Maßnahmeevaluation einzubeziehen.

Mit der Evaluation des Vollzuges, der Kontrolle und der Instrumente der Agrarpolitik, wie sie in der Strategie zur Nachhaltigkeit beschrieben sind (Forschung, Bildung, Beratung; Anreize; Verbote und Gebote), lassen sich die Effektivität und die Effizienz der Agrarpolitik überprüfen. Es werden damit die Ursachen der im Rahmen des Monitoring beobachteten Entwicklungen bestimmt; außerdem dient sie als Entscheidungshilfe bei der Anpassung der Überwachung, der Kontrolle und der Instrumente bzw. für den Einsatz neuer Instrumente. Die in der Strategie erwähnten agrarpolitischen Instrumente können nötigenfalls, je nach den Ergebnissen der Nachhaltigkeitsevaluation und des Agrar-Umweltmonitorings durch nicht-agrarpolitische Instrumente ergänzt werden (z. B. Kampagnen zur Sensibilisierung der Konsumentinnen und Konsumenten).

Abstract

The Swiss Federal Council has drawn up a strategy concerning sustainable development in Switzerland. Sectoral policies must also be in line with this principle and the sustainability of the respective policies is to be evaluated from economic, social and ecological points of view.

In order to achieve this, the Swiss Federal Office for Agriculture (FOAG) has drawn up a strategy for sustainable development using various tools which are available with regard to ecology: research, education, agricultural extension; incentives; restricting measures. The strategy also includes a global evaluation of sustainability in agriculture.

The evaluation is based on a total of around fifteen economic, social and environmental indicators (3-6 per area). The concept of sustainability and sustainable agriculture is set out in a document entitled "Agricultural Report 2001, Swiss Federal Office for Agriculture, Berne" (chap. 1.4.2, Concept for a comprehensive evaluation of sustainability; www.blw.admin.ch).

These indicators and their objectives allow us to carry out a global evaluation of sustainability in agriculture, at the same time serving as warning signals if problems arise.

Furthermore, the FOAG is monitoring the situation using agro-environmental indicators. This monitoring process is complementary to the sustainability indicators and allows for the information obtained to be refined. Quantitative and/or qualitative objects can be fixed case by case for the agro-environmental indicators used in the monitoring process.

Monitoring allows us to observe the way in which agriculture affects the quality of the environment as well as how the environment is changing in relation to methods used in agriculture. It also enables us to identify sectors where problems arise and to locate them. If necessary monitoring can also serve as a warning signal and help us to decide which new tool should be deployed. Such a decision must be supported by the results of evaluating measures, however.

By evaluating the follow-up, the checks made and the tools used in agrarian policy which are defined in the sustainable development strategy (research, education, agricultural extension; pecuniary incentives; restricting measures) we can analyse the effect and efficiency of agrarian policy. Such an evaluation can also be used to analyse the causes of any development observed during the monitoring process as well as helping us make decisions regarding the adaptation of existing tools or the choice of new ones, as well as follow-up and checking. If necessary, and depending on the results of the evaluation of sustainability and agro-environmental monitoring, the tools for implementing agrarian policy, as set out in the strategy, can also be expanded to take in some which are not directly included in agrarian policy (for example consumer awareness campaigns).

Ausgangslage

Verfassungsauftrag

Artikel 104 der Schweizerischen Bundesverfassung¹ ist die zentrale Grundlage für die Ausgestaltung der Agrarpolitik. Absatz 1 umschreibt die grundsätzliche Zielsetzung.

Art. 104 Abs. 1 Bundesverfassung

Der Bund sorgt dafür, dass die Landwirtschaft durch eine nachhaltige und auf den Markt ausgerichtete Produktion einen wesentlichen Beitrag leistet zur:

- a. sicheren Versorgung der Bevölkerung;
- b. Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen und Pflege der Kulturlandschaft;
- c. dezentralen Besiedlung des Landes.

Aufgabenerfüllung durch eine nachhaltige und auf den Markt ausgerichtete Produktion

Das öffentliche Interesse zur Erhaltung der landwirtschaftlichen Produktion in der Schweiz rührt daher, dass die Landwirtschaft gleichzeitig mit der Produktion von Nahrungsmitteln weitere Leistungen erbringt (Koppelproduktion). Diese gemeinwirtschaftlichen Leistungen haben den Charakter von öffentlichen Gütern, d.h. sie erzielen keine direkte Abgeltung über den Markt. Dementsprechend würden die gemeinwirtschaftlichen Leistungen ohne staatlichen Eingriff nicht im gesellschaftlich erwünschten Umfang erbracht werden.

Die Landwirtschaft soll die geforderten Leistungen nachhaltig erbringen. Demzufolge sind negative Auswirkungen der Produktion auf Luft und Wasser zu minimieren und die Bodenfruchtbarkeit sowie die Biodiversität zu erhalten.

¹ SR101

Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen

Der fruchtbare Kulturboden der Schweiz ist durch Rodung und anschließende Bewirtschaftung über Jahrhunderte entstanden. Die landwirtschaftliche Nutzung verhindert das Aufkommen von Wald und die nachhaltige Bewirtschaftung erhält die Bodenfruchtbarkeit. Damit bleibt der Kulturboden als Ernährungsgrundlage für den Menschen erhalten.

Ähnliches gilt auch für die Biologische Vielfalt auf der landwirtschaftlich genutzten Fläche (Agrobiodiversität). In der offenen Flur leben teilweise andere Arten und Gemeinschaften von Pflanzen und Tieren als im Wald. Sie sind in der Regel auf eine extensive Nutzung angewiesen. Da die Lebensräume dieser Arten mit dem Aufkommen von Wald verschwinden würden, hängt ihr Fortbestand von der regelmäßigen Bewirtschaftung ab. Gleiches gilt für verschiedene Lebewesen, die im Kulturboden leben, insbesondere für sehr viele Arten von Mikroorganismen, die für die Bodenfruchtbarkeit wichtig sind.

Nur wenn mit der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung die Agrobiodiversität garantiert wird, können auch die genetischen Ressourcen für die Anpassung der Produktion an sich ändernde Bedingungen (Konsumverhalten, wirtschaftliche Rahmenbedingungen oder Klimaänderungen) erhalten werden.

Rechtsgrundlagen für die Beurteilung der Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft

An der UNO-Konferenz von Rio über Umwelt und Entwicklung von 1992 wurden Prinzipien für eine nachhaltige Entwicklung verabschiedet. Die schweizerische Regierung hat 1997 eine erste Nachhaltigkeitsstrategie für die Schweiz genehmigt² und diese im Jahr 2002 aktualisiert³. Bereits seit 1996 ist das Prinzip der Nachhaltigkeit im Verfassungsartikel über die Landwirtschaft verankert. Die Verordnung über die Beurteilung der Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft⁴ sieht vor, dass das Bundesamt für Landwirtschaft die Entwicklung der

² Schweizerischer Bundesrat (1997): Strategie Nachhaltige Entwicklung in der Schweiz, BBl 1997 III 1045

³ Schweizerischer Bundesrat (2002): Strategie Nachhaltige Entwicklung 2002, BBl 2002 3946

⁴ SR 919.118

Landwirtschaft unter dem Gesichtspunkt der Nachhaltigkeit verfolgt und dokumentiert.

Die Nachhaltigkeit wird für die drei Dimensionen Ökonomie, Ökologie und Soziales untersucht. Bei allen drei Dimensionen steht die Entwicklung des Ressourcenverbrauchs im Rahmen der landwirtschaftlichen Produktion, im Vordergrund. Bei der Ökonomie und der Ökologie ist zudem die Effizienz des Transformationsprozesses zentral, während bei der sozialen Dimension zusätzlich die Gerechtigkeit ein nachhaltigkeitsrelevantes Thema ist (Tabelle 1).

Tab. 1 Dimensionen der Nachhaltigkeit und nachhaltigkeitsrelevante Themen

Tab. 1 Dimensions of sustainability and relevant objectives

Thema	Dimension		
	Ökonomie	Ökologie	Soziales
Ressourcen	Kapitalstock	Boden, Wasser, Luft, Biodiversität	Hofnachfolge
Effizienz	Arbeitsproduktivität	Stickstoff, Phosphor, Energie	
Gerechtigkeit			Einkommensdisparitäten

Agrarökologische Ziele und ökologische Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft, Fallbeispiele

Seit 2002 werden durch die Regierung in der Agrarpolitik ökologische Ziele festgelegt, die die Landwirtschaft zu erreichen hat.

Tabelle 2 zeigt, dass die Ziele in den Bereichen Phosphorbilanz, Pflanzenschutzmittel, Ammoniakemissionen, und Nitrat erreicht resp. übertroffen wurden. Praktisch erreicht ist das Ziel der Nutzung der landwirtschaftlichen Nutzfläche nach den Prinzipien des „ökologischen Leistungsnachweises“ (ÖLN) oder des biologischen Landbaus.

Tab. 2 Agrarökologische Ziele im Zeithorizont 2005

Tab. 2 Agro-ecological targets in the 2005 time horizon

Zielgröße	Einheit/Indikator	Basis	SOLL	IST	erfüllt?
Stickstoff-Bilanz		1994	2005	2002	
Reduktion der Stickstoff-überschüsse	t N-Überschuss ¹	123.000	95.000	115.000	nein
Ammoniak-Emissionen		1990	2005	2002	
Reduktion der Ammoniak-Emissionen	t N in NH ₃ -Emissionen	53.000	48.500 (-9%)	43.700 (-18%)	ja
Nitrat					
Nitratgehalte von Wasser in Trinkwasserfassungen, deren Zuströmbereiche von der Landwirtschaft genutzt werden	% der Fassungen unter 40 mg NO ₃ /l	k.A.	90	97	ja
Phosphor-Bilanz		1990/92	2005	2002	
Reduktion der Phosphorüberschüsse	t P-Überschüsse ¹	Rund 20.000	10.000 (-50%)	6.270 (-69%)	ja
Pflanzenschutzmittel		1990/91	2005	2002	
Reduktion des PSM-Einsatzes	t PSM-Wirkstoff	2.219	1.500 (-30%)	1.477 (-31%)	ja
Biodiversität		1993	2005	2003	
Ökologische Ausgleichsflächen total	ha öAF	19.300	108.000 (10% LN)	116.400 (11% LN)	ja
Ökologische Ausgleichsflächen im Talgebiet	ha öAF	5.700	65.000	57.100	nein
Nutzung der landwirtschaftlichen Nutzfläche		1990	2005	2003	
Bodennutzung nach ökologischen Kriterien	Anteil ÖLN bzw. Bio an der LN	0,90%	98%	97,30%	ja

¹nach OSPAR-Methode, Quellen: IAW der ETHZ, Agroscope FAL Reckenholz, BAFU, BLW

Ökologischer Leistungsnachweis (ÖLN)

Der Bezug von Direktzahlungen ist an spezifisch ökologische Auflagen gebunden, die unter den ÖLN fallen. Rechtsgrundlage bilden Teile der Direktzahlungsverordnung (DZV). Die Anforderungen des ÖLN umfassen (stark vereinfacht):

- Tiergerechte Haltung der Nutztiere: Einhaltung der Tierschutzverordnung.
- Ausgeglichene Düngerbilanz: Nährstoffbilanz
- Angemessener Anteil an ökologischen Ausgleichsflächen
- Geregelte Fruchtfolge bei mehr als 3 ha offener Ackerfläche
- Geeigneter Bodenschutz
- Auswahl und gezielte Anwendung von Pflanzenbehandlungsmitteln
- Erosion: Anforderungen an die Bodenbedeckung. Keine regelmäßigen Bodenabträge

Noch nicht erreicht sind die 65 000 Hektaren ökologische Ausgleichsflächen im Talgebiet. Verfehlt wird die angestrebte Reduktion des Stickstoffbilanzüberschusses.

Nachhaltigkeitsindikatoren – Ergebnisse bisheriger Untersuchungen

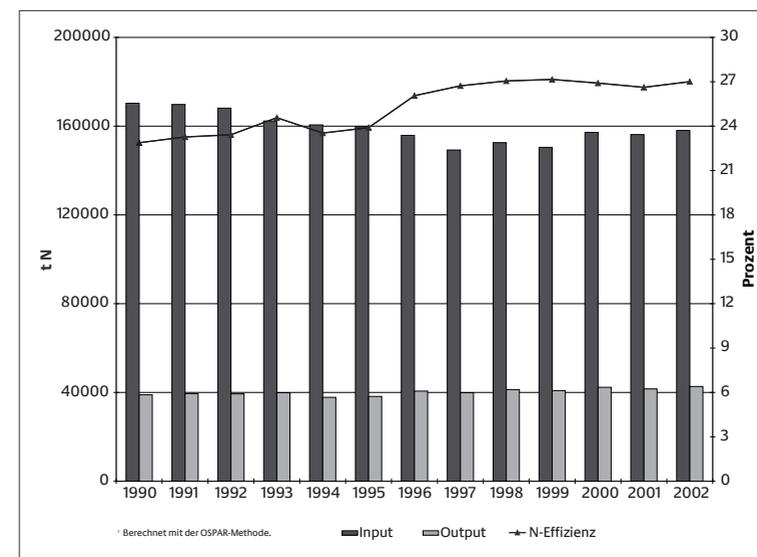
Nachhaltigkeitsindikatoren für die Landwirtschaft (i.e.S. Agrarumweltindikatoren) zeigen, ob sich die Landwirtschaft bei gegebenen Rahmenbedingungen (Ernährungsverhalten, staatliche Rahmenbedingungen) in Richtung Nachhaltigkeit entwickelt. Die agrarökologischen Indikatoren greifen die Nachhaltigkeitsthemen Ressourceneinsatz und Effizienz auf.

Stickstoff

Der Stickstoffüberschuss⁵ in der Landwirtschaft hat seit 1990 (132 000 t N) um rund 13 Prozent abgenommen und beträgt heute noch 115 000 Tonnen Stickstoff. Dies ist insbesondere auf einen

verminderten Einsatz von Stickstoffmineraldünger sowie auf den Rückgang der Stickstoffdeposition zurückzuführen. Die Abnahme des Stickstoffüberschusses ist in den letzten Jahren zum Stillstand gekommen.

Wenn die Effizienz des Stickstoff-Einsatzes (Stickstoffoutput aus der Landwirtschaft in Prozent des Inputs) verbessert wird, kann die Höhe der landwirtschaftlichen Produktion bei vermindertem Stickstoff-Einsatz gleich bleiben. Effizienzverbesserungen werden erreicht indem beispielsweise der Anteil Stickstoff, der in Form von Ammoniak in die Luft entweicht oder als Nitrat ins Grundwasser ausgewaschen wird, vermindert wird. Die Effizienz des Stickstoff-Einsatzes hat sich in der Schweiz von 1990 bis 2002 um 5 Prozent auf 27 Prozent verbessert (Abbildung 1).



Quelle: Agroscope FAL Reckenholz

Abb. 1 Entwicklung von Stickstoffinput und Effizienz des Stickstoffeinsatzes
Fig. 1 Trend of nitrogen output and the efficiency of nitrogen input

⁵ Berechnet mit der OSPAR-Methode

Boden

Der große Teil der Kulturlandschaften ist geprägt durch die landwirtschaftliche Bewirtschaftung und erfüllt vielerlei Ansprüche der Gesellschaft.

Heute werden 97 Prozent der landwirtschaftlich genutzten Bodenfläche nach den Kriterien des ökologischen Leistungsnachweises (ÖLN) bewirtschaftet.

Damit leistet die Landwirtschaft einen wichtigen Beitrag zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit. Aufgrund der mangelnden Datengrundlage kann heute jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass auch bei Einhaltung der Vorgaben des ÖLN unter gewissen Bedingungen die Ertragsfähigkeit der Böden durch die Bewirtschaftung beeinträchtigt wird.

Mit der nachhaltigen Bewirtschaftung setzt sich die Landwirtschaft für die Erhaltung der Kulturböden in ihrer flächenmäßigen Ausdehnung ein. Für den Verlust an fruchtbaren Böden ist in erster Linie die Siedlungstätigkeit verantwortlich. Im Zeitraum zwischen 1979/85 bis 1992/97 wurden 28 600 Hektaren landwirtschaftliche Nutzfläche für Infrastruktur- und Siedlungszwecke beansprucht ca. 2.6%⁶. Die fruchtbaren Böden befinden sich vorwiegend im Mittelland, dort wo auch die Siedlungserweiterung am stärksten ist.

Landschaftspflege

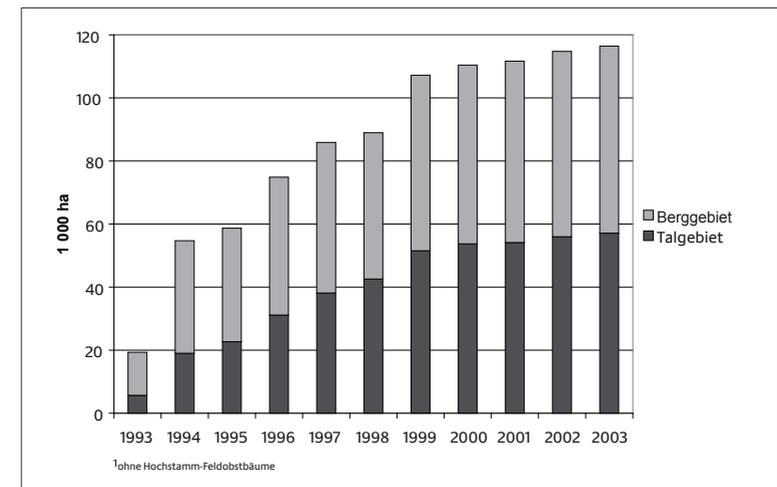
Bezüglich Landschaftspflege lässt sich vorab der quantitative Aspekt überprüfen. Gemäß Arealstatistik⁷ hat die landwirtschaftlich genutzte Fläche (LN und Alpwirtschaftsflächen) zwischen 1979/85 und 1992/97 um 48 200 Hektaren abgenommen (-3,1%). Bei den landwirtschaftlichen Nutzflächen betrug der Rückgang rund 30 300 Hektaren (-3,0%). Davon wurden rund 94 Prozent für Siedlungszwecke beansprucht. 6 Prozent des Rückgangs sind auf das Aufkommen von Wald zurückzuführen. Die Alpwirtschaftsflächen nahmen um 17 900 Hektaren ab (-3,2%).

Seit den sechziger Jahren wurden in der Agrarpolitik Maßnahmen ergriffen, um das Aufkommen von Wald auf der landwirtschaftlichen Nutzfläche einzudämmen (Direktzahlungen im Berggebiet). Die Entwicklung zeigt, dass die ergriffenen Maßnahmen wirksam sind. Auf der landwirtschaftlichen Nutzfläche hat sich die Waldfläche nur mehr leicht ausgedehnt.

Ökosystem- und Artenvielfalt

Einerseits hat die Landwirtschaft eine wichtige Rolle bei der Schaffung von Habitaten für eine vielfältige Flora und Fauna. Andererseits ist sie aufgrund der Intensivierung der Bewirtschaftung mitverantwortlich für den Rückgang der biologischen Vielfalt. Mit der Reform der Schweizer Agrarpolitik wurden Anreize geschaffen, damit die Landwirte einen Teil der Flächen mit reduzierter Intensität bewirtschaften und so Lebensräume für wild lebende Tiere und Pflanzen erhalten.

2003 waren in der Schweiz rund 11 Prozent der landwirtschaftlichen Nutzfläche (LN) ökologische Ausgleichsflächen (Berggebiet 14%; Talgebiet 9%). Somit wurde das agrarökologische Ziel von 10 Prozent gesamtschweizerisch erreicht (Abbildung 2).



Quelle: BLW

Abb. 2 Entwicklung der ökologischen Ausgleichsflächen¹
Fig. 2 Trend of ecological compensations areas in the agriculture¹

^{6,7} BFS (2001): Bodennutzung im Wandel, Arealstatistik Schweiz

Die Ausgleichsflächen sind vor allem dort artenreich, wo noch Reste naturnaher Lebensräume vorkommen. Während Streuwiesen und Hecken zu einem großen Teil die Anforderungen für ökologische Qualität erfüllen, ist dies bei extensiven Wiesen und insbesondere bei wenig intensiven Wiesen vielfach nicht der Fall. Im Talgebiet sind die Böden oft so nährstoffreich, dass die Entwicklung eines ökologisch wertvollen Pflanzenbestandes viele Jahre dauert.

Die Beteiligung am Programm für biologische Qualität und Vernetzung (der ökologischen Ausgleichsflächen) wächst stark. 2003 beteiligten sich 16 434 (25 Prozent) der Betriebe mit einer Fläche von 26 931 Hektaren, was 23 Prozent der ökologischen Ausgleichsfläche entspricht. Dadurch wird ein wichtiger Beitrag zu Erhaltung der biologischen Vielfalt geleistet.

Eine umfassende, qualitative Beurteilung der Veränderungen und damit Erfolgskontrolle über die Entwicklung der Biodiversität im Zusammenhang mit den Fördermaßnahmen wird erst in einigen Jahren möglich werden, weil die Entwicklung der erwünschten Pflanzen- und Tiergesellschaften viel Zeit benötigt.

Vielfalt der Kultur- und Nutzpflanzen und Nutztiere

Zwei international abgestimmte Erhaltungsprogramme helfen, die biologische Vielfalt der Kulturpflanzen und Nutztiere sicherzustellen. Im Bereich Pflanzen ist dies der Nationale Aktionsplan zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung pflanzengenetischer Ressourcen für Ernährung und Landwirtschaft und im Bereich Tiere das Konzept zur Erhaltung der Rassenvielfalt bei den landwirtschaftlichen Nutztieren in der Schweiz. Aktuell sind 19 000 Sorten von 240 Kulturpflanzenarten und 13 Rassen von Pferden, Rindern, Schweinen, Schafen und Ziegen in den beiden vorgenannten Erhaltungsprogrammen eingebunden.

Konzept Agrarumweltmonitoring in der Schweiz

Begriffsdefinitionen

In der Biodiversitätskonvention wird die Agrobiodiversität mit folgenden vier Dimensionen charakterisiert:

- Genetische Ressourcen von Kulturpflanzen, Nutztieren, bewirtschafteten „Wild“-Pflanzen und -Tieren sowie ihre freilebenden Verwandten.
- Ökologische Leistungen der Biodiversität, z.B. Nährstoffkreislauf, Regulation von Schädlingen und Krankheiten, Erhaltung und Förderung der lokalen wild lebenden Arten und ihrer Lebensräume.
- Abiotische Faktoren, die auf diese Aspekte einen Einfluss haben.
- Sozio-ökonomische und kulturelle Dimensionen, unter anderem traditionelle und lokale Kenntnisse über Agrobiodiversität.

Konzept des Agrarumweltmonitoring

Die Liste der Agrar-Umweltindikatoren soll es ermöglichen, die wichtigsten agrarökologischen Fragen zu identifizieren, die Wechselbeziehungen zwischen Landwirtschaft und Umwelt zu verstehen, die Auswirkungen der landwirtschaftlichen Tätigkeiten auf die Umwelt zu verfolgen und den ökologischen Beitrag einer nachhaltigen Landwirtschaft auf regionaler und nationaler Ebene zu beurteilen. Die Agrar-Umweltindikatoren sollen ein Hilfsmittel sein um die politischen Entscheidungsträger zu unterstützen, die Öffentlichkeit zu informieren und Vergleiche mit anderen Ländern anzustellen.

Der Rahmen, in dem die Indikatoren ausgewählt werden, ist im Agrarbericht 2000 dargestellt (System Landwirtschaft–Mensch–Umwelt, siehe Abbildung 3). Er orientiert sich am DSR-Modell der OECD (Antriebskraft-Zustand-Reaktion) und größtenteils dem DPSIR-Modell der Europäischen Kommission (Antriebskräfte-Belastungen-Zustand-Auswirkungen-Reaktion).

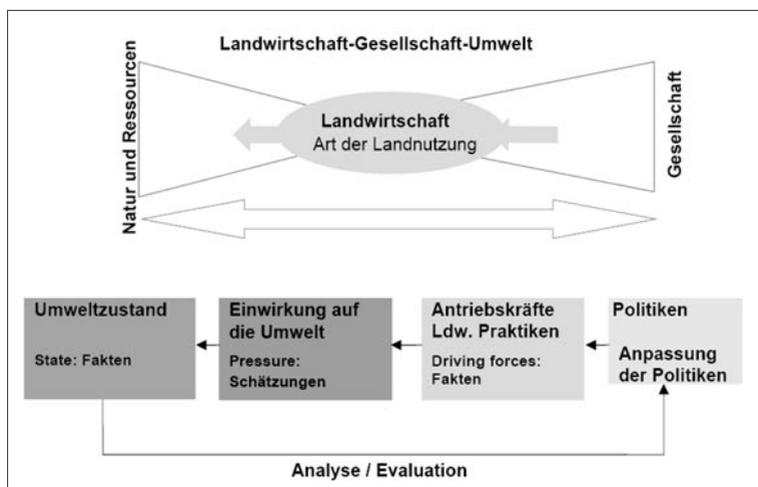


Abb. 3 Indikatortypen im System Landwirtschaft-Mensch-Umwelt
Fig. 3 Types of indicators in the system „agriculture-man-environment“

Die Indikatoren für die landwirtschaftlichen Praktiken werden direkt von den Landwirtinnen und Landwirten beeinflusst. Sie bilden die Antriebskraft des Systems und umfassen die Produktionsfaktoren (Dünger, Pflanzenschutzmittel, Tierarzneimittel usw.) sowie die Bodennutzung (Kulturen und Produktionsmethoden).

Mit den Indikatoren für die landwirtschaftlichen Prozesse werden anhand von Modellen die Auswirkungen der landwirtschaftlichen Praktiken auf die Umwelt analysiert. Es handelt sich dabei um die Belastungen der Umwelt durch die Bewirtschaftung. Diese Indikatoren ermöglichen eine Einschätzung der potenziellen Auswirkungen der Landwirtschaft auf die Umwelt (Früherkennung).

Die Indikatoren zum Zustand der von der Landwirtschaft beeinflussten Umwelt ergeben sich aus konkreten Beobachtungen. Hier geht es also nicht um einen potenziellen, sondern um einen effektiv ermittelten Zustand, der aus vergangenen landwirtschaftlichen Praktiken resultiert (vergangenheitsorientiert).

Die Indikatoren zum Umweltverhalten der Gesellschaft umfassen die Beteiligung der Landwirtinnen und Landwirte an den verschiedenen agrarökologischen Programmen des Bundes und der Kantone sowie

das Verhalten und die Ernährungsgewohnheiten der Konsumentinnen und Konsumenten, die umweltfreundliche landwirtschaftliche Praktiken fördern.

Das schweizerische Agrarumweltmonitoring wurde in einer breit abgestützten Arbeitsgruppe entwickelt und verabschiedet. Teilnehmer waren neben dem Bundesamt für Umwelt, dem Bundesamt für Statistik, dem Bundesamt für Veterinärwesen, dem Bundesamt für Gesundheit die entsprechenden kantonalen Ämter, der schweizerische Bauernverband, der WWF Schweiz als Vertretung der Umweltorganisationen sowie die (landwirtschaftliche) Forschung und Beratung.

Schlussbetrachtung

Wir haben in der Schweiz im Rahmen der Agrarpolitik erste Erfahrungen mit dem angestrebten Agrarumweltmonitoring machen können. Die Balance zu finden zwischen der wünschbaren Wissenschaftlichkeit und der Nachfrage nach politischen, in der Regel kurzfristigen Entscheidungshilfen ist eine Gratwanderung für alle Mitbeteiligten.

Eine besondere Aufmerksamkeit ist der jeweiligen Interpretation der Indikatorergebnisse und der Kommunikation zu schenken. Besonders wichtig ist dabei, den Gesamtüberblick innerhalb des Themas und zwischen den Themen zu bewahren. So haben wir, wie gezeigt einen Rückgang der Ammoniak – und Nitratemissionen, was aus der Sicht der Luftreinhaltung und des Gewässerschutzes positiv gewertet wird, hingegen sinken die Stickstoffüberschüsse nicht im gleichen Ausmaß.

Das Agrarumweltmonitoring muss insbesondere folgende Voraussetzungen erfüllen:

- Die agrarpolitische Agenda ist einzuhalten; eine Beurteilung auf Grund unvollständiger Information als Input zur Weiterentwicklung der Agrarpolitik ist dem Auslassen einer Zwischenbilanz vorzuziehen.
- Aktualität und Flexibilität haben einen hohen Stellenwert. Neue wissenschaftliche Erkenntnisse sollen in die Umsetzung einfließen und zwar mit dem Ziel, das Monitoring unter den Aspekten Zielkonformität und Kosteneffizienz laufend zu verbessern.

- Zur Zeit knapper öffentlicher Finanzen gilt noch mehr den je das Gebot schlanker, effizienter Lösungen und klarer Zuständigkeitsordnungen; Synergien aus bestehenden Datenerhebungen sollen voll ausgenützt werden und Doppelspurigkeiten sind zu vermeiden; im Konkreten ist eine optimale Abstimmung mit dem Monitoring des Umweltzustandes notwendig.

Ergänzende Informationen

Nachhaltigkeit: www.blw.admin.ch/themen

Agrarbericht 2005 (siehe Publikationen):
www.blw.admin.ch/dokumentation

Bericht Agrarökologie + Tierwohl 1994 - 2005:
www.blw.admin.ch/dokumentation (siehe Studien und Evaluationen)

Monitoring genetischer Ressourcen – Prinzipien und Methoden

Monitoring of genetic resources – Principles and methods

Hans-Rolf Gregorius¹ und Bernd Degen²

¹ Universität Göttingen, Institut für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung, Buisenweg 2, 37077 Göttingen, hgregor@gwdg.de

² Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Institut für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung, Sieker Landstr. 2, 22927 Großhansdorf, b.degen@holz.uni-hamburg.de

Zusammenfassung

Um die Auseinandersetzung mit dem Thema zu erleichtern, werden drei elementare Ausgangsfragen gestellt: (1) Was ist eine genetische Ressource? (2) Was ist die Aufgabe und das Ziel des genetischen Monitoring? (3) Mit welchen Methoden kann das Ziel verfolgt bzw. erreicht werden? Es wird hervorgehoben, dass der Populationscharakter genetischer Ressourcen in der ÜBV-Definition nicht ausreichend zum Ausdruck kommt. Aufgaben und Ziele des genetischen Monitoring sind durch die Überwachung und Sicherung einer nachhaltigen Entwicklung genetischer Ressourcen und eines nachhaltigen Umgangs mit ihnen umrissen. Hierbei stehen die Bedingungen für die Aufrechterhaltung der Regenerationsfähigkeit von Populationen im Vordergrund. Die Bedingungen lassen sich durch drei elementare Kriterien ausdrücken, welche die Funktionstüchtigkeit der Mechanismen des genetischen Systems, die Umweltbedingungen und die Verfügbarkeit genetischer Vielfalt zum Gegenstand haben. Gemeinsam bestimmen sie die genetischen Operationen in Form von Selektion, Paarung, Genfluss und Mutation. Diese steuern wiederum die genetischen Prozesse durch Veränderungen genetischer Vielfalt.

Charakteristika genetischer Vielfalt und ihrer Dynamik bilden die vorrangigen Zielgrößen des genetischen Monitoring. Auf dieser Grundlage aufbauend werden gängige Methoden zur Ermittlung vorgenannter Charakteristika erörtert, Schwachstellen identifiziert und konzeptionelle Möglichkeiten ihrer Überwindung aufgezeigt. In diesem Zusammenhang wird ein Schema der Indikation des Gefährdungstatus genetischer Ressourcen vorgestellt und an einem Fallbeispiel demonstriert. Den Abschluss bildet eine Zusammenstellung problembezogener offener Fragen.

Abstract

In order to simplify discussion of the topic, three basic questions are posed: (1) What is a genetic resource? (2) What is the task and objective of genetic monitoring? (3) Which methods are qualified for achievement of the objective? It is emphasised that the population context of genetic resources is not sufficiently considered in the CBD-definition. Tasks and objectives of genetic monitoring are outlined by the surveillance and safeguarding of sustainable development and treatment of genetic resources. Herewith the conditions for maintenance of the regenerative capacity of populations have priority. The conditions can be expressed in terms of three basic criteria that refer to the integrity of the mechanisms of the genetic system, the environmental conditions, and the availability of genetic variety. In combination they determine the genetic operations in terms of selection, mating, gene flow and mutation. These in turn govern the genetic processes through changes in genetic variety. Characteristics of genetic variety and their dynamics constitute the primary target variables of genetic monitoring. Building on this foundation, common methods for determination of the above-mentioned characteristics are discussed, weak points are identified, and conceptual opportunities for overcoming the implied problems are set forth. In this context, a scheme for indicating the state of endangerment of genetic resources is introduced and demonstrated with the help of a case study. The paper concludes with a collection of open questions relating to these problems.

Vorbemerkung

Der ursprüngliche Arbeitstitel lautete *Erhaltungsgegenstand - wie messe ich genetische Vielfalt und wie leite ich daraus das zu erhaltende Objekt ab?* Als "Erhaltungsgegenstand" sowie als "zu erhaltendes Objekt" ist hier vorrangig die genetische Ressource anzusprechen. Mit der Ableitung des zu erhaltenden Objektes aus Messungen der genetischen Vielfalt ist vor allem die Erfüllung der Voraussetzungen für die Ausweisung eines Kollektivs als genetische Ressource angesprochen. Damit verbunden sind Entscheidungen über die Erhaltungswürdigkeit, den Gefährdungstatus oder über Steuerungsmaßnahmen des Kollektivs in Abhängigkeit vom Ergebnis der Messungen. Folglich besteht ein konkretes und umfassendes Interesse an den Kriterien für die Wahl von Indikatoren des genetischen Monitoring. Die Vielzahl der in diesem Rahmen auftretenden Problemstellungen dürfte jedoch kaum angemessen durch eine Konzentration auf Einzelfragen zu erfassen sein. Vor diesem Hintergrund fiel daher die Entscheidung zugunsten einer eher grundsätzlichen Herangehensweise, wie sie im Titel zum Ausdruck kommt. Die folgenden Ausführungen konzentrieren sich daher auf die Benennung und Begründung einiger Leitplanken, innerhalb deren die wesentlichen Problemstellungen sowie offenen Fragen des Monitoring genetischer Ressourcen leichter zu identifizieren und einzuordnen sind. Zur Grobgliederung sollen drei offensichtliche Ausgangsfragen dienen:

- Was ist eine genetische Ressource?
- Was ist die Aufgabe und das Ziel des genetischen Monitoring?
- Mit welchen Methoden kann das Ziel verfolgt bzw. erreicht werden?

Die Beantwortung der beiden ersten Fragen kann zwar kurz ausfallen. Sie soll jedoch konkret genug vorgenommen werden, um eine Strukturierung des mit der dritten Frage verbundenen äußerst umfangreichen Problemkomplexes zu ermöglichen.

Was ist eine genetische Ressource?

Im Übereinkommen über die Biologische Vielfalt (ÜBV) werden "genetische Ressourcen" als "genetisches Material von tatsächlichem oder potentielltem Wert" definiert. Genetisches Material ist "jedes Material

pflanzlichen, tierischen, mikrobiellen oder sonstigen Ursprungs, das funktionale Erbinheiten enthält". Die sinnvolle Verwendung der Definition setzt voraus, dass der tatsächliche und potentielle Wert allgemein feststellbar und die Funktion von Erbinheiten uneingeschränkt erkennbar sei. Darüber hinaus wird nicht konkretisiert, auf welche Weise derart definiertes genetisches Material überdauern sollte, um als reale Quelle oder Vorrat genetischer Information verfügbar zu sein. So ist z.B. genetische Information *in vitro* oder *in silico* nur von praktischer Bedeutung, wenn die Techniken ihrer Expression, Vermehrung und Weiterentwicklung uneingeschränkt verfügbar sind. Letztlich kommt dies bereits in dem Begriff "Ressource" zum Ausdruck, der sich aus dem lateinischen *resurgere* = wiedererstehen ableitet. Um wiedererstehen zu können bedarf es einer Identität in der Vergangenheit, welche sich in der Gegenwart bzw. Zukunft durch Regeneration wiederholt. Eine Ressource ist somit immer auch eine genetische Ressource. Die Definition des ÜBV hat also alleine schon aufgrund der allgemeinen Bedeutung des Begriffs "Ressource" eine nur begrenzte Bedeutung.

In einem mehr operationalen und allgemeinen Sinn kann als genetische Ressource alles biologische Material gelten, das nicht ausschließlich dem Verbrauch bzw. der Produktion dient, das sich also regeneriert und damit genetisch überdauert. Für die Produktion bestimmtes Material kann folglich nur dann als genetische Ressource betrachtet werden, wenn eine dauerhafte Regeneration möglich und vorgesehen ist. Soweit die dauerhafte Regeneration sexuelle Prozesse erfordert, besitzen genetische Ressourcen grundsätzlich den Charakter von Populationen. Da rein asexuelle Vermehrung oder "Einfrieren" genetischer Information immer nur über einen begrenzten Zeitraum möglich ist, stellt sich die Population im Sinne einer Reproduktionsgemeinschaft als der eigentliche und realistische Erhaltungsgegenstand dar.

Der Populationsbegriff ist hierbei weit genug zu fassen, um die verschiedenen Formen der Steuerung von Reproduktionsgemeinschaften durch den Menschen einzubeziehen. So kann im Extremfall auch die statische Konservierung über entsprechend gestaltete Regenerationsphasen eine Reproduktionsgemeinschaft aufrechterhalten und auf diese Weise genetische Ressourcen etablieren. Allerdings ist grundsätzlich zu bedenken, dass ein zur Ressourcenerhaltung notwendiger hoher Steuerungsaufwand *eo ipso* die Möglichkeiten der Destabilisierung der Ressource vermehrt sowie die Verwendungsbreite der Ressourcenprodukte einschränkt.

Aufgabe und Ziel des genetischen Monitoring

Monitoring ist nicht vorrangig mit der Ausweisung sondern mit der Überwachung bereits als genetische Ressourcen ausgewiesener Vorkommen befasst. Es ist jedoch die Möglichkeit zu berücksichtigen, dass die Kriterien für die Ausweisung als Ressource auch die Kriterien, Indikatoren und Verifikatoren bestimmen können, welche im Monitoring zu benutzen sind. Die obige breite Definition von genetischen Ressourcen macht deutlich, dass die Kriterien der Ausweisung vielen unterschiedlichen Zielsetzungen folgen können. Soweit der Erhaltungsaspekt im Vordergrund steht, lässt sich dagegen als allen Monitoring-Bestrebungen gemeinsame Zielsetzung die *Überwachung und Sicherung einer nachhaltigen Entwicklung genetischer Ressourcen und eines nachhaltigen Umgangs mit ihnen* benennen. Dies erfordert eine Bestandsaufnahme (Inventur) in Form der *Erfassung von Zuständen und Prozessen der Ressourcen*, welche die Erkennung und Quantifizierung von Verletzungen des nachhaltigen Umgangs konkret ermöglicht sowie notwendige Gegenmaßnahmen erkennbar macht. Beides kann nur gelingen, wenn das Wirkungsumfeld und damit die Umweltbedingungen der Ressource in die Bestandsaufnahme einbezogen werden.

Die *Ausweisung als genetische Ressource* kann durch die Erhaltung genetischer Vielfalt für die Stabilisierung von Arten und ihrer Ökosysteme, für die Züchtung und Produktion sowie als Eigenwert ("*intrinsic value*") bestimmt sein. Entsprechend stehen Fragen der Anpassung (Angepasstheit, Anpassungsfähigkeit und die Erhaltung beider), der Verfügbarkeit genetischer Vielfalt für die Auslese und Erzeugung spezifischer Genkombinationen sowie der unspezifischen Erhaltung genetischer Vielfalt im Vordergrund. Der Anspruch auf Erhaltung genetischer Vielfalt betrifft meist nicht nur die Ebene der Einzelpopulation sondern auch die Rassen- oder Artebene. Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit, die raum-zeitliche Verteilung genetischer Vielfalt durch die Ausweisung repräsentativer Vorkommen (vor allem Populationen, Stichprobenproblem) für ein genetisches Monitoring zu erfassen.

Prinzipiell kann auch für die Produktion bestimmtes Material (Produktionspopulationen) für ein Monitoring ausgewiesen werden, sofern das Material seine Ressourcen genetisch repräsentiert. Diese Ressourcen werden letztlich durch die Züchtungspopulationen gebildet. Deren genetisches Monitoring bezieht sich vor allem auf die im gene-

tischen Hintergrund (der nicht an der Ausprägung der Zielmerkmale beteiligt ist) erhaltene Vielfalt. Hierüber kann bereits die jeweilige Züchtungsmethode Auskunft geben. So ist z.B. die Erzeugung von Inzuchtlinien als eine der effizientesten Methoden zur Verringerung genetischer Hintergrundvariation. Die Produktion kann aber auch auf die Zielressource sowie weitere Ressourcen rückwirken, indem z.B. die Größe und Struktur der Anbaufläche die Möglichkeiten der Erhaltung und ausreichenden Abgrenzung gegenüber Genfluss beschränkt.

Besteht keine Möglichkeit des Rückgriffs auf genetische Ausgangsressourcen (wie dies weitgehend auf die Tierzucht zutrifft), so liegt das Entwicklungspotential der Züchtung und damit ihre Nachhaltigkeit in der Anwendung von Methoden, welche auch genetische Vielfalt der Zielmerkmale erhalten. Dies kann in der Regel nur erreicht werden, wenn über verschiedene Populationen verteilt mit variierenden Züchtungszielen gearbeitet wird (*multiple population breeding*). Die Erhaltung alter Rassen spielt daher in der Tierzucht eine entscheidende Rolle. Ein genetisches Monitoring muss diesen Aspekt durch eine repräsentative Einbeziehung der Rassenvielfalt berücksichtigen.

Methoden des genetischen Monitoring

Elementare Kriterien der Regenerationsfähigkeit

Wie oben bereits begründet, sollte die Population das vorrangige Zielobjekt eines genetischen Monitoring sein, welches auf die Erhaltung genetischer Vielfalt als Ergebnis eines nachhaltigen Umgangs mit genetischen Ressourcen ausgerichtet ist. Damit rücken die Bedingungen für die Aufrechterhaltung der Regenerationsfähigkeit von Populationen ins Zentrum der Aufmerksamkeit (die nachfolgenden Ausführungen stützen sich in großen Teilen auf die Arbeiten von Namkoong *et al.*, 1996, sowie Gregorius 2001). Als *elementare Kriterien der Regenerationsfähigkeit von Populationen* lassen sich anführen

- K_{R1} die Funktionstüchtigkeit (Integrität) der Mechanismen des genetischen Systems,
- K_{R2} die Realisierung ihrer (externen) Operationsbedingungen (Umweltbedingungen unter welchen sie operieren können),

K_{R3} und die Verfügbarkeit genetischer Vielfalt für Veränderung der Mechanismen zur Erhaltung ihrer Funktionstüchtigkeit unter veränderten Operationsbedingungen (Anpassung).

Das *genetische System* ermöglicht die Erzeugung, Bewahrung, Modifikation und Verbreitung genetischer Information sowie ihre Weitergabe an die nächste Generation. Dies geschieht mit Hilfe von Mechanismen, welche genetische Information • organisieren (auf Chromosomen, in Molekülen), • exprimieren (Regulation der Genaktivität, Translation), • reproduzieren (Replikation, Transmission, Formen der generativen und vegetativen Reproduktion), • kombinieren (Meiose, Sexual- und Paarungssystem) und in Raum und Zeit • verteilen (Mobilität, Ausbreitungsmechanismen). Die Funktionstüchtigkeit dieser Mechanismen bilden das Kriterium K_{R1} . In Verbindung mit den beiden anderen Kriterien bezieht es sich auf den allgemeinen *Zustand einer genetischen Ressource* nicht aber auf die in ihr ablaufenden Prozesse. Meist dient die Erhebung einer Vielzahl von Stresssymptomen der Zustandsbeschreibung und damit auch einer Beurteilung der Funktionstüchtigkeit von Mechanismen des genetischen Systems gemäß Kriterium K_{R1} . Kriterium K_{R2} ist in diesem Zusammenhang über die Stressoren angesprochen. Genetische Aspekte sind in einem an Stressaspekten orientierten Monitoring eher implizit berücksichtigt.

Die Mechanismen des genetischen Systems schaffen wiederum in Verbindung mit den herrschenden Umweltbedingungen (Kriterium K_{R2}) auf der Populationsebene die Voraussetzungen für den Ablauf der grundlegenden *genetischen Operationen*, welche sich aus Selektion, Paarung, Genfluss und Mutation zusammensetzen. Sie bestimmen die *genetischen Prozesse* der Ressource in Form von Veränderungen genetischer Vielfalt¹.

¹ Der Begriff *Vielfalt* wird gelegentlich auf die reine Anzahl (Vielzahl) unterschiedlicher Objekte eingengt. In dieser Arbeit wird Vielfalt in einer umfassenderen Bedeutung verwendet, die ebenfalls Häufigkeiten, Beziehungen (Relationen), sowie qualitative und quantitative Unterschiede von Objekten einbezieht. Objekte können sowohl Individuen als auch Kollektive sein. Der Begriff *Struktur* hebt im Sinne der "Anordnung der Teile eines Ganzen zueinander" (Duden) eher auf die Beziehungen zwischen Objekten ab. Auch Häufigkeitsverteilungen von genetischen Eigenschaften können als Strukturen gesehen werden, sofern ausdrücklich die Beziehungen zwischen Häufigkeiten von Interesse sind. Strukturelle Vielfalt kann sich demgemäß sowohl in der Anzahl unterschiedlicher Beziehungen als auch im Ausmaß der Unterschiedlichkeit der Beziehungen zwischen Objekten ausdrücken.

Genetische Operationen sind unmittelbar mit den Prozessen der Anpassung verbunden, die wiederum nur im Rückgriff auf genetische Vielfalt möglich sind und folglich von deren Verfügbarkeit abhängen (Kriterium K_{R3}). Als genetische Drift wird die Zufälligkeit oder Ungerichtetheit der Wirkung genetischer Operationen auf die Veränderung genetischer Vielfalt angesprochen. Genetische Drift kann sich entscheidend auf die Erhaltung genetischer Vielfalt auswirken. Genetische Operationen sind also die grundlegenden Triebkräfte genetischer Prozesse in Ressourcen. Diese Prozesse sind das Ergebnis der für die (Selbst-)Regeneration von Populationen charakteristischen und durch die Mechanismen des genetischen Systems vermittelten Rückkopplungsvorgänge.

Damit ist bereits auf höchster Ebene eine Indikation des Kriteriums der Regenerationsfähigkeit möglich, wenn Rückkopplungsraten (Menge und Geschwindigkeit) genetischer Information bestimmt werden können. Die Rückkopplung besteht vor allem in der Weitergabe genetischer Information von einer an die nächste Generation. Regenerationsfähigkeit setzt die Funktionsfähigkeit aller Mechanismen des genetischen Systems voraus, wobei die Rückkopplung unmittelbar über die Mechanismen der Reproduktion stattfindet. Das Ausmaß und die Geschwindigkeit der Rückkopplung (also die Rate) sind durch die reproduktionseffektive Populationsgröße und das Generationsintervall bestimmt. Die reproduktionseffektive Populationsgröße legt wiederum die obere Grenze für das Ausmaß fest, in welchem genetische Information in die nächste Generation einfließt. Eine ausreichende Rückkopplungsrate zeigt sich in der Aufrechterhaltung einer viablen Populationsgröße. Da sie lediglich die obere Grenze für die Erhaltung genetischer Vielfalt bildet, sind allerdings weitere Indikatoren erforderlich, welche die tatsächliche Änderung genetischer Vielfalt anzeigen. Erst diese Indikation vermag Aussagen über die Kapazität für zukünftig notwendig werdende Anpassungsprozesse sowie über die für Züchtungszwecke verfügbaren genetischen Potentiale zu machen.

Die Zielgrößen

Soweit kann festgehalten werden, dass sich das genetische Monitoring vorrangig auf die *Ermittlung von Charakteristika genetischer Vielfalt und Prozesse* konzentriert. Sie bilden die vorrangigen *Zielgrößen des genetischen Monitoring*, soweit sie für die Indikation von Kriterien der Nachhaltigkeit geeignet sind. Die Charakteristika können sich

unmittelbar (direkt) oder mittelbar (indirekt, z.B. über effektive Populationsgrößen) auf genetische Eigenschaften beziehen. Die Erklärung der Prozesse ist zum Teil durch indirekte Schlussfolgerungen auf sie verursachende genetische Operationen und Umweltbedingungen möglich. Durch die Einbeziehung von Erhebungen zu den Mechanismen des genetischen Systems und ihren Operationsbedingungen können die Schlussfolgerungen abgesichert werden. Von Interesse sind vor allem die Mechanismen der Reproduktion, Kombination, und Ausbreitung (Genfluss).

Darüber hinaus sind aus der Charakterisierung genetischer Prozesse Aussagen zu genetischen Kapazitäten für zukünftige Entwicklungen möglich. Solche Aussagen sind meist nur zu konkretisieren, wenn als Ausdruck einer akuten Gefährdung zusätzlich (phänotypische) Stressmerkmale erhoben werden. Aus dem Vergleich zwischen genetischen Merkmalen und Stressmerkmalen lassen sich genetische Anpassungskapazitäten an Stressoren erschließen (Gregorius 1995, Ziehe & Gregorius 1996). Letztlich kann also aus genetischer Vielfalt und ihrer Strukturen immer nur auf die Vorgeschichte ihrer Entstehung und auf ihre Bedeutung für zukünftig mögliche Prozesse geschlossen werden. Zur Erkennung gegenwärtiger akuter Gefährdungen sind sie nicht geeignet. Die Beschreibung akuter Gefährdungszustände und ihrer Dynamik erlaubt kaum Aussagen über die Möglichkeiten von Populationen, diese Zustände durch Anpassung zu überwinden. Hier liegt die eigentliche Bedeutung des genetischen Monitoring gegenüber anderen Formen des Monitoring von biologischen Ressourcen: genetische Vielfalt und ihre Strukturen sind einerseits das Ergebnis zurückliegender evolutionärer Ereignisse und setzen andererseits die Rahmenbedingungen für zukünftige evolutionäre Ereignisse. Ihre besondere Stärke liegt folglich in der Früherkennung potentieller Gefährdungen.

Eigenschaften genetischer Vielfalt

Die Befassung mit Eigenschaften der genetischen Vielfalt und ihrer Strukturen gemäß Kriterium K_{R3} orientiert sich vor allem daran, wie diese Eigenschaften mit den genetischen Operationen und der Funktionsfähigkeit der Mechanismen des genetischen Systems in Beziehung zu setzen sind. Zustände und Prozesse genetischer Ressourcen sind folglich gleichermaßen angesprochen. So lassen sich etwa genotypische Strukturen in frühen Entwicklungsstadien eher

mit Charakteristika des Paarungssystems in Beziehung setzen als dies in späteren Entwicklungsstadien möglich ist. Bei entsprechender Parametrisierung der genotypischen Strukturen können diese Charakteristika sowohl genetische Operationen als auch Zustände von Mechanismen des genetischen Systems indizieren. Dagegen können aus dem Vergleich genetischer Strukturen verschiedener Entwicklungsstadien eher Schlüsse auf Selektionsprozesse und folglich auf primär genetische Operationen gezogen werden. Für diese Zwecke der Indikation steht eine breite Palette von Deskriptoren genetischer Vielfalt zur Verfügung.

Die Bezugseinheiten genetischer Vielfalt

Auf unterster Ebene sind genetische von genotypischen Formen genetischer Vielfalt zu unterscheiden. Genotypen setzen sich aus Genen (den Erbinheiten) zusammen und entsprechend bildet *genetische Vielfalt* die Grundlage für *genotypische Vielfalt*. Das Verhältnis zwischen genetischer und genotypischer Vielfalt ist durch das Ausmaß von genetischen Assoziationen geprägt. Die Verringerung genotypischer bei gleicher genetischer Vielfalt deutet auf erhöhte genetische Assoziationen hin, wie sie durch die einschränkenden Kombinationsverhältnisse (phänotypisch, genealogisch, räumlich, etc.) assortativer Paarung erzeugt werden. Zugehörige Indikatoren würden also eher Zustände von Mechanismen des Kombinationssystems anzeigen. Ein Verlust genetischer Vielfalt ist meist jedoch nur dann irreversibel, wenn er die genetische Vielfalt betrifft. Hierin liegt der Vorrang begründet, der allgemein Analysen genetischer Vielfalt gegeben wird.

Die Einbeziehung mehrerer genetischer Merkmale (Genloci) in die Messung genetischer Vielfalt stößt auf ein konzeptionelles Problem, da Vielfalt primär immer nur für ein einzelnes Merkmal und seine Ausprägungen (Varianten, Zustände) erklärt ist. Sollen also mehrere Merkmale zugleich bzw. *gemeinsam* berücksichtigt werden, so wären sie wie ein einziges Merkmal zu behandeln. Die Ausprägungen dieses Merkmals würden sich z.B. als Vektoren darstellen lassen, deren Komponenten von den Einzelmerkmalen gebildet werden. Eine andere Möglichkeit bestünde darin, die Ausprägungen des Merkmals als die Summe der Ausprägungen der Einzelmerkmale zu erklären, vorausgesetzt die Summenbildung ist definiert. Das epistatische Zusammenwirken von Einzelmerkmalen in der Ausprägung eines Merkmals bildet ein weiteres Beispiel. Die Vielfalt solcher zusammengesetzter (gelegentlich auch komplex genannter) Merkmale kann nicht

konsistent durch Kombinationen von Vielfaltsmessungen der Einzelmerkmale beschrieben werden. Daher ist z.B. die Angabe einer mittleren Anzahl von Allelen pro Genlocus in einer Population kein Maß für die gemeinsame Vielfalt an mehreren Genloci.

Die Beschreibung genotypischer Vielfalt an mehreren Genloci ist unzweideutig möglich, wenn jeder Multi-Locus Genotyp als Ausprägung eines einzigen (komplexen) Merkmals betrachtet wird. Dagegen können sich auf genetischer Ebene konzeptionelle Schwierigkeiten ergeben. Die Schwierigkeiten liegen darin begründet, dass die Verteilung von Genen über mehrere Genloci in Form eines Haplotyps letztlich nur im Gametenstadium oder vergleichbaren haploiden Stadien eindeutig festliegt. In diploiden Stadien können jedoch im allgemeinen die Haplotypen, aus deren Fusion sie hervorgegangen sind, nicht mehr voneinander unterschieden werden. Die Schwierigkeit liegt also in der Identifikation des primären Trägers der jeweiligen genetischen Information: im Falle des Genotyps ist der Informationsträger durch das Individuum (im Diplontenstadium) eindeutig bestimmbar, im Falle des Haplotyps ist er, mit Ausnahme des Gameten, nicht unmittelbar zu identifizieren.

In Anlehnung an die Zählung von Allelen in Genotypen eines Genlocus bietet sich eine Hilfskonstruktion an, in welcher für jedes Individuum die Menge der von ihm bildbaren Haplotypen betrachtet und diese für alle Individuen in einem Haplotypen-Bestand des Kollektivs zusammengefasst wird. In dem derart gebildeten hypothetischen Bestand von Trägern haploider Information können dann wiederum, ähnlich wie im Genbestand eines Genlocus, Häufigkeiten von Haplotypen bestimmt werden, die Eingang in ein Maß haplotypischer Vielfalt finden können. Eine derartiges Maß würde die haplotypische Vielfalt quantifizieren, welche ein Kollektiv von Individuen hypothetisch erzeugen könnte. Es würde auch die Assoziationen zwischen den Genloci widerspiegeln, soweit sie sich in der Verteilung von Genkombinationen innerhalb der Individuen vorfinden. Ein Rückgriff auf besondere Annahmen, wie sie für Schätzungen des "Kopplungsungleichgewichtes" nötig sind, erübrigt sich. Damit wird der Einfluss genetischer Assoziationen auf die genetische Vielfalt messbar.

Kategorisierung genetischer Eigenschaften

Im Zusammenhang mit der gelegentlich geäußerten Absicht, die genetische Vielfalt einer Population umfassend zu charakterisieren, wird die Vorstellung vertreten, dass dies über eine repräsentative Beprobung des Genoms möglich sein müsse. Eine solche Beprobung würde also auf einer repräsentativen Auswahl genetischer Merkmale aufzubauen haben. Hier entsteht gleich zu Beginn das Problem, die Grundgesamtheit genetischer Merkmale, welche zu beproben ist, eindeutig zu definieren. Dies ist alleine schon deshalb schwierig oder gar unmöglich, da genetische Merkmale auf sehr unterschiedliche Eigenschaften bezogen werden können, die prinzipiell vom einzelnen Nucleotid (SNPs) bis zur Blütenfarbe reichen. Wie oben bereits angesprochen, erfordert darüber hinaus eine umfassende Charakterisierung der genetischen Vielfalt den Bezug auf ein einziges Merkmal, welches als Komplexmerkmal alle Teilmerkmale einbezieht. Bestrebungen zu einer umfassenden direkten Charakterisierung genetischer Vielfalt erscheinen somit wenig sinnvoll.

Die Berücksichtigung der recht unterschiedlichen Funktionen und Bedeutungen einzelner genetischer Merkmale legt dagegen eine Aufteilung in Kategorien von Merkmalen nahe. So kann z.B. der Verlust genetischer Vielfalt im Bereich der konstitutiven Enzymsysteme besonders schwerwiegende Folgen haben, weil diese Enzyme wesentlich an der Aufrechterhaltung des Grundstoffwechsels beteiligt sind. Die Bildung solcher Kategorien sollte sich also zumindest an unterschiedlichen Funktionen der Merkmale orientieren. Die Bedeutung der jeweiligen Funktionen kann in Abhängigkeit von z.B. variablen Umweltbedingungen unterschiedlich bewertet werden. In der Regel wird eine Kategorie mehrere Merkmale (Genloci) umfassen und damit ein Komplexmerkmal definieren, so dass die oben angesprochenen Maße genetischer, haplotypischer oder genotypischer Vielfalt entsprechend anzuwenden sind. Durch Funktionen definierte Kategorien von Merkmalen haben den großen Vorzug, genetische Vergleiche für gleiche Funktionen unabhängig von z.B. der Anzahl von in verschiedenen Arten beteiligten Loci auf sinnvolle Weise zu ermöglichen. Selbst Vergleiche genetischer Vielfalt für verschiedene Funktionen in derselben Population sind leicht interpretierbar. Die für Merkmale einer bestimmten Funktionskategorie vorhandene Vielfalt wird häufig als "funktionelle Diversität" (*functional diversity*) angesprochen.

Die Messung genetischer Vielfalt

Charakteristika der genetischen Vielfalt werden zumeist unter Berücksichtigung der Häufigkeitsverteilungen genetischer Merkmale beschrieben. Eine der regelmäßig erhobenen Eigenschaften betrifft die (absolute) Anzahl unterschiedlicher Merkmalsausprägungen in einem Kollektiv (einer Population). Soweit variierende Häufigkeiten der Merkmalsausprägungen berücksichtigt werden, wird diese Anzahl meist als "effektive" Anzahl angesprochen. Eines der weitverbreiteten Maße hierfür ist der Shannon-Wiener(Weaver) Index. Als "relatives" Maß genetischer Vielfalt kommt häufig der zwischen 0 und 1 variierende Simpson-Index zur Anwendung. Sowohl der Simpson-Index als auch viele andere Diversitätsmaße lassen sich allerdings wiederum in eine effektive Anzahl von Varianten und somit in eine absolute Darstellung transformieren (siehe z.B. MacArthur, 1965). Der Transformationsvorschlag von MacArthur macht deutlich, dass absolute und relative genetische Vielfalt weitgehend gleichwertige Begriffe sind. Der Vorschlag beruht auf der an alle Diversitätsmaße zu stellenden grundlegenden Anforderung, dass mit kleiner werdendem Unterschied zwischen den Anteilen zweier Typen die Diversität des Kollektivs steigt (Äquitätsprinzip).

Unter den Charakteristika der genetischen Struktur eines Kollektivs finden neben seiner Diversität vor allem die Gleichverteilung der Varianten (äquität, *evenness*), der mittlere Heterozygotiegrad, Maße der Abweichung von Hardy-Weinberg-Proportionen, Kopplungsungleichgewichte und (seltener angewandt) die Trennbarkeit in häufige und seltene Varianten Berücksichtigung.

Auf höherer Ebene der genetischen Strukturbildung, wo Eigenschaften mehrerer Kollektive relativ zueinander zu beschreiben sind, wird im allgemeinen die Vielfalt innerhalb der Kollektive durch eine solche zwischen Kollektiven ergänzt. Unterschiede zwischen Kollektiven werden durch Unterschiede in den Häufigkeitsverteilungen eines genetischen Merkmals gemessen und werden meist mit den Begriffen "genetischer Abstand" oder "genetische Differenzierung" belegt. Die geläufigsten Maße für die Differenzierung mehrerer Kollektive sind F_{ST} von Wright (1969, p.295), G_{ST} von Nei (1973) und δ von Gregorius & Roberds (1986). Allerdings herrscht Uneinigkeit über eine umfassende Konzeption der hierarchischen Gliederung genetischer Vielfalt in Komponenten innerhalb und zwischen Kollektiven.

Das erklärt sich wohl auch aus der teilweise inkonsequenten Benutzung der Begriffe Vielfalt, Diversität und Struktur.

Neben der rein qualitativen Unterscheidung von Varianten (Gleichheit - Verschiedenheit) werden zunehmend auch quantitative Unterschiede zwischen den einzelnen Varianten vor allem für die Messung der Differenzierung zwischen Kollektiven herangezogen (Φ_{ST} , R_{ST} , Q_{ST} , Δ). Dies ist nicht zuletzt auf die inzwischen breite Verwendung von DNS-Markern zurückzuführen, die anhand von recht unterschiedlichen Fragmentlängen identifiziert werden. In die Messung genetischer Vielfalt einzelner Kollektive scheinen quantitative Unterschiede zwischen Varianten jedoch noch keinen Eingang gefunden zu haben. Zwar baut z.B. die Diversitätsfunktion von Weitzman (1992) auf quantitativen Unterschieden zwischen Varianten auf, berücksichtigt jedoch bereits in ihrer Konzeption nicht die Häufigkeit der Varianten. Außerdem bleibt offen, ob eine abzählende (qualitative) Auffassung von Vielfalt überhaupt (und gegebenenfalls wie) auf quantitativ variierenden Eigenschaften übertragen werden kann.

Indirekte Maße genetischer Vielfalt

Die bislang angesprochenen Charakteristika genetischer Vielfalt sind direkter Natur indem sie unmittelbar genetische Eigenschaften betreffen. Insbesondere die oben kritisch angemerkte Vorstellung einer sich über alle genetischen Merkmale erstreckende Messung genetischer Vielfalt legt dagegen nahe, Charakteristika genetischer Vielfalt zu betrachten, die auf beliebige genetische Merkmale anzuwenden sind. Solche Charakteristika müssen sich folglich auf primär nicht-genetische Größen beziehen, aus welchen auf indirekte Weise genetische Eigenschaften abgeleitet werden können. Hier bieten sich vor allem genealogische Beziehungen an, die grundsätzlich unabhängig von speziellen genetischen Merkmalen beschrieben werden können. Die Diversität genealogischer Beziehungen kann mit Hilfe des durchschnittlichen Verwandtschaftskoeffizienten zweier Mitglieder eines Kollektivs einschließlich der Verwandtschaft eines Mitgliedes mit sich selbst beschrieben werden (Gruppenverwandtschaft, Lindgren *et al.* 1996). Natürlich hängt der bestimmbare Grad der Verwandtschaft von den immer nur begrenzt verfügbaren Stammbauminformationen ab. Es ist daher unumgänglich, die Verwandtschaft nur für eine begrenzte Vorfahrenschaft zu bestimmen. Wie im Beispiel der inzuchteffektiven Populationsgröße kann sich z.B. eine allgemeine

Beschränkung auf gemeinsame Elternschaft konzentrieren. Es muss jedoch hervorgehoben werden, dass geringe Verwandtschaft kein Garant für hohe Vielfalt beliebiger genetischer Merkmale ist, da Abstammungsidentität zwar Sequenz- bzw. Funktionsidentität aber nicht umgekehrt bedingt. Inzuchteffektive Populationsgrößen bauen ebenfalls auf genealogischen Beziehungen auf und können deshalb zu den indirekten Formen der Quantifizierung genetischer Vielfalt gezählt werden.

In einem deutlich anderen Zusammenhang tauchen genetische Merkmale (meist in Form von Genmarkern) als reine Werkzeuge auf. Als solche finden sie besonders häufig in den verschiedenen Bereichen der Abstammungsanalyse (Elternschaftsanalysen, Stammbaumrekonstruktionen, phylogenetische Rekonstruktionen, Schätzung von Migrations- oder Selbstungsraten, etc.) Verwendung. In Elternschaftsanalysen auf Populationsebene können sie z.B. für eine Bestimmung der Gruppenverwandtschaft oder der differentiellen Reproduktionseffizienz von Populationsmitgliedern (reproduktions-effektive Populationsgröße) herangezogen werden. Hierdurch dienen sie der indirekten Charakterisierung genetischer Vielfalt. über die Schätzung von Migrations- oder Selbstungsraten erlangen sie weiterhin unmittelbare Bedeutung für die Indikation der Funktion derjenigen Mechanismen des genetischen Systems, die für die Kombination und räumliche Verteilung genetischer Information zuständig sind.

Indikation

Eine Strukturierung der Problemstellungen des genetischen Monitoring, welche der oben deutlich gewordenen Vielzahl an Aspekten Rechnung trägt, kann mit Hilfe des Prinzip-Kriterium-Indikator-Verifikator Schemas (kurz: Indikationsschema) erreicht werden. Nach diesem Schema *führt der Verifikator auf der Grundlage des Indikators eine Entscheidung über die Erfüllung des Kriteriums für die Wahrung des Prinzips (Erreichung des Ziels) herbei*. Auf Kriterien und Indikatoren verkürzt findet man das Schema in vielerlei Zusammenhängen wieder. So auch in den gesamteuropäischen Kriterien und Indikatoren zur nachhaltigen Waldbewirtschaftung (MCPFE-Indikatoren), in welchen z.B. genetische Ressourcen als Indikator 4.6 für das Kriterium 4 "Bewahrung, Erhaltung und angemessene Verbesserung der biologischen Vielfalt in Waldökosystemen" auftaucht.

Um eine Verwässerung seiner Konzeption zu vermeiden, soll nachfolgend das Schema in etwas allgemeinerer Form erläutert werden. Ein daran anschließendes Fallbeispiel aus dem forstgenetischen Monitoring dient dem Zweck, den Realitätsbezug der einzelnen Schritte zu verdeutlichen.

- Prinzip (Ziel): Regel als Grundlage des Denkens und Handelns; dient der Zielsetzung.

Wie bereits angesprochen kann als allgemeines Ziel des genetischen Monitoring die Überwachung und Sicherung einer nachhaltigen Entwicklung genetischer Ressourcen und eines nachhaltigen Umgangs mit ihnen gelten. Dies beinhaltet die Erhaltung genetischer Vielfalt als Eigenwert (*“intrinsic value”*) und wegen ihrer Funktionen im Rahmen der Ressourcensicherung. Die Ressourcensicherung kann allerdings Anpassungsprozesse erfordern, welche mit dem Ziel der Erhaltung genetischer Vielfalt als Eigenwert in Konflikt geraten.

- Kriterium: Bedingung bzw. Voraussetzung für die Erreichung des Ziels.

Als grundlegende Kriterien für einen nachhaltigen Umgang mit genetischen Ressourcen wurden bereits die Erhaltung ihrer Regenerationsfähigkeit sowie die Verfügbarkeit und Erhaltung genetischer Vielfalt hervorgehoben. Die Regenerationsfähigkeit ist wiederum eng an die Funktionsfähigkeit der Mechanismen des genetischen Systems gebunden. Auf der Populationsebene schaffen die Mechanismen des genetischen Systems in Verbindung mit den herrschenden Umweltbedingungen die Voraussetzungen für den Ablauf der elementaren genetischen Operationen. Der Ablauf dieser Operationen spiegelt die wesentlichen Anpassungsvorgänge einschließlich der Erhaltung genetischer Vielfalt wider (siehe die obigen drei elementaren Kriterien der Regenerationsfähigkeit).

Damit deutet sich ein hierarchischer Aufbau von Kriteriensätzen an, der nach Bedarf beliebig weiter fortgesetzt werden kann. So kann z.B. die Funktionsfähigkeit des Paarungssystems einer Art an Bedingungen für den Pollentransport (Vektoren) oder für die individuelle Mobilität gebunden sein. Das Kriterium der Funktionsfähigkeit kann also unter Umständen erst durch weitere Kriterien aufgeschlüsselt werden. Anders formuliert wird auf einer nächst niedrigeren Stufe die Funktionsfähigkeit zum Ziel (Prinzip) erklärt, dessen Erreichung wiederum nur durch die Einhaltung bestimmter Kriterien gesichert werden kann.

Hierdurch entsteht eine Kriterienkaskade, in welcher in absteigender Folge ein einzelnes Kriterium zum Ziel wird, welches wiederum durch ein oder mehrere Kriterien beschrieben wird. Die sich auffächernden Folgen von Kriterien rechtfertigen den Begriff *“Kaskade”*, wobei längs jeder einzelnen Kriterienfolge deren Spezifität zunimmt. Die Kriterienfolge endet mit einem Kriterium, aus welchem eine Methode schlüssig abgeleitet werden kann, die eine eindeutige Prüfung der Erfüllung dieses Kriteriums ermöglicht (siehe Indikator). Wie im Falle der Regenerationsfähigkeit bereits angedeutet wurde, können solche Methoden natürlich ebenso für Kriterien auf allen höheren Stufen einer Folge ableitbar sein.

- Indikator: Variable und Methode ihrer Ermittlung, welche durch die Anzeige bestimmter Zustände und Veränderungen eine Aussage über die Erfüllung der Kriterien ermöglicht.

Die Variablen treten vor allem als Prüf- oder Kenngrößen (Deskriptoren) mit unterschiedlichen Bezeichnungen wie *“Parameter”*, *“Index”* oder *“Maß”* in Erscheinung. Ein Indikator kann die Prüfung eines einzelnen Kriteriums oder mehrerer Kriterien gemeinsam erlauben. Ebenso können mehrere Indikatoren zur Prüfung eines Kriteriums herangezogen werden.

Erst durch die Entwicklung von Prüf- bzw. Kenngrößen sowie der Methoden ihrer Erhebung werden konkrete Aussagen über die Einhaltung von Kriterien zur Erreichung des Ziels möglich. *Indikatoren müssen möglichst eindeutig aus ihren Kriterien ableitbar sein*, was wiederum entsprechende Anforderungen an die Präzisierung der Kriterien stellt. Eine Kriterienfolge muss in jedem Falle durch einen Indikator abgeschlossen werden, da sie sonst keine Bedeutung für eine Beurteilung der Einhaltung der Zielvorgaben hat. Eine Indikation kann auf jeder Stufe einer Kriterienfolge sinnvoll sein.

Wie zuvor erwähnt, ist bereits eine Indikation des Kriteriums der Regenerationsfähigkeit möglich, wenn Rückkopplungsraten (Menge und Geschwindigkeit) genetischer Information über effektive Populationsgrößen und Generationsintervalle bestimmt werden können. Regenerationsfähigkeit setzt die Funktionsfähigkeit aller Mechanismen des genetischen Systems voraus, wobei die Rückkopplung insbesondere über die Mechanismen der Reproduktion stattfindet.

Häufig sind Kriterien allerdings nicht ausreichend spezifisch formuliert, um eindeutige Indikatoren ableiten zu können. Unzulänglichkeiten können sowohl bei der Formulierung der Kriterien als auch bei der Ableitung ihrer Indikatoren auftreten.

- Verifikator: Wertebereiche des Indikators, welche die Erreichung oder Verfehlung des Ziels anzeigen.

Die Verifikation schließt mit einer Feststellung darüber ab, ob und in welchem Umfang z.B. die Mechanismen des genetischen Systems funktionsfähig sind, oder ob die Veränderung der genetischen Vielfalt hinreichend gering ist, um die Bedingung des nachhaltigen Umgangs mit ihr zu erfüllen. Damit bestimmt der Verifikator den *Gefährdungstatus* einer Ressource bzgl. des jeweils indizierten Kriteriums. Die Bestimmung eines Gefährdungstatus erfordert eine Referenz, die z.B. das Ausmaß der Funktionstüchtigkeit von Mechanismen des genetischen Systems definiert. Geeignete Referenzen sind zumeist in ungestörten Populationen zu finden. Solche Populationen dürften jedoch in nur noch wenigen Fällen existieren, wodurch es nahezu unmöglich wird, reale Referenzen zu finden. Diesem Mangel kann teilweise durch die Modellierung geeigneter Referenzsysteme begegnet werden, in welchen die Funktionstüchtigkeit der Mechanismen explizit indiziert und verifiziert werden kann.

Auch eine ausführliche Modellierung kann schwerpunktartig lediglich Teile des komplexen Gesamtsystems nachbilden, und ihre Angemessenheit muss letztlich wieder an speziellen Eigenschaften realer Systeme geprüft werden. Ihr entscheidender Vorteil liegt in der Möglichkeit, Entwicklungen vom jeweiligen Systemzustand ausgehend voraussagen und das Eintreten der Voraussage überprüfen zu können. Die Gründe für eingetretene Abweichungen von der Voraussage können dann durch erneute Kalibrierung der Modellparameter oder durch Modifikationen der Modellmechanismen analysiert werden. Auf diese Weise kann in einem kontinuierlichen Monitoring eine fortschreitende Angleichung der Referenz an die Realität vorgenommen werden. Zugleich wird eine zuverlässigere Bestimmung des Gefährdungstatus und der Ursachen einer Gefährdung erreicht. Selbst bei Verfügbarkeit geeigneter natürlicher Referenzen ist deren Modellierung sowie die fortschreitende Modellverbesserung unverzichtbar für die Ursachenerkennung von Gefährdungen sowie für die Prognose zukünftiger Entwicklungen unter gegebenem Gefährdungstatus.

Entsprechend dem zugehörigen Indikator kann die Verifikation einer Gefährdung auf mehreren Stufen einer Kriterienfolge stattfinden. Eine negative Verifikation wenigstens eines der Kriterien auf einer Stufe beinhaltet eine negative Verifikation aller übergeordneten Kriterien der Folge und damit auch der Erreichung des Ausgangsziels. Diese negative Verifikation ist unabhängig davon, ob die übergeordneten Kriterien mit Indikatoren versehen sind. Umgekehrt muss daher die negative Verifikation eines übergeordneten Kriteriums immer auf die negative Verifikation eines ihm untergeordneten Kriteriums zurückführbar sein. Dies ermöglicht eine hierarchisch aufgebaute Ursachenanalyse, die wiederum eine Voraussetzung für die Planung und Durchführung gezielter Maßnahmen zur Korrektur des Umgangs mit der Ressource bildet. Wie eingangs erwähnt, liegt auch in der Erkennbarmachung von Gegenmaßnahmen eine der wesentlichen Aufgaben des Monitorings. Natürlich nimmt das Ausmaß der Gefährdung einer Ressource mit steigender Zahl negativ verifizierter Kriterien zu.

Ein Fallbeispiel

Seit November 2005 läuft eine von der BLE finanzierte Pilotstudie zur "Erfassung der genetischen Struktur der Vogelkirsche (*Prunus avium*) als Grundlage für ein genetisches Monitoring wichtiger Waldbaumarten in Deutschland". In dieser Pilotstudie werden von der Universität Hamburg in Kooperation mit der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt und der Forstlichen Versuchs- und Versuchsanstalt Baden-Württemberg fünf Kirschenbestände in Schleswig-Holstein, Brandenburg, Sachsen, Niedersachsen und Baden-Württemberg nach dem gleichen Schema untersucht. Ein wichtiges Ziel ist es hierbei, verschiedene Kriterien, Indikatoren und Verifikatoren in der Praxis zu testen. Aus dem zur Anwendung kommenden Indikationschema wird nachfolgend auf jeder der drei Ebenen (Kriterium, Indikator, Verifikator) jeweils nur eine von mehreren möglichen Varianten vorgestellt:

Prinzip (Ziel): Überwachung der Nachhaltigkeit der Entwicklung der genetischen Vielfalt in Kirschenbeständen aus verschiedenen Herkunftsgebieten.

Kriterium: Geringe Unterschiede in den Allelhäufigkeiten und der Anzahl Allele in verschiedenen ontogenetischen Stadien (Altbäumen, Jungwuchs, Saatgut) für selektionsneutrale Genmarker. Die Forderung nach Selektionsneutralität erklärt sich aus der Voraussetzung, dass die mit Anpassung und also Selektion verbundenen genetischen Veränderungen einer nachhaltigen Entwicklung genetischer Vielfalt eher förderlich als abträglich ist. Abträglich sind vor allem Einflüsse, welche genetische Vielfalt selektionsneutral verringern.

Indikator (Methode): Genetische Vielfalt wird an 8 kodominanten, biparental vererbten Mikrosatelliten an Stichproben der verschiedenen Stadien ermittelt. Mikrosatelliten werden aufgrund ihrer vermuteten Selektionsneutralität verwendet. Die Veränderungen zwischen den Stadien werden innerhalb und zwischen den Beständen durch genetische Abstände gemessen und genetische Diversitäten werden für alle Stadien in allen Beständen ermittelt.

Verifikator (kritische Wertebereiche des Indikators): Bei neutralen Genmarkern ist die Wahrscheinlichkeit für genetische Divergenz zwischen Populationen aufgrund von Drift- und Mutationsprozessen hoch, wenn sie über eine größere Anzahl Generationen untereinander hinreichend isoliert waren. Dies trifft auf die verschiedenen Herkünfte zu. Es ist daher zwischen den Populationen eine deutlich höhere genetische Divergenz als zwischen den ontogenetischen Stadien eines Reproduktionszyklus innerhalb einer Population zu erwarten. Die Divergenz betrifft den Unterschied in den Allelhäufigkeiten (genetischer Abstand), der sich auch (aber nicht notwendig) auf die genetische Diversität (effektive Anzahl von Allelen) auswirken kann. Die genetischen Abstände zwischen den Stadien setzen zwar der Änderung genetischer Diversitäten Grenzen, die allerdings nicht die Richtung der Veränderung (Zu- oder Abnahme) betreffen. Eine nachhaltige Entwicklung liegt nicht vor, wenn sich die genetische Diversität von der Eltern- auf die Nachkommengeneration über mehrere Generationen verringert. Bei überlappenden Generationen folgt hieraus, dass zu einem bestimmten Zeitpunkt Bäume niedrigerer Alterklasse keine konsistent geringeren genetischen Diversitäten also solche höherer Altersklassen aufweisen sollten.

Zusammenfassend ist also das Kriterium nicht erfüllt und es liegt folglich ein *signifikanter Gefährdungstatus* vor, wenn (1) genetische Abstände zwischen ontogenetischen Stadien desselben Bestandes die genetischen Abstände zwischen Beständen überschreiten, oder wenn (2)

die genetische Diversität innerhalb eines Bestandes mit abnehmendem Alter konsistent abnimmt. Um belastbare Referenzen für nachhaltige Ausmaße der Veränderung zu erhalten, werden Schwellenwerte für den genetischen Abstand und die Abnahme genetischer Diversität (a) aus dem Gesamtdatensatz (Daten aller fünf Bestände), (b) mit Hilfe von Simulationen mit dem Simulationsmodell öko-Gen (Degen *et al.*, 1996, 2006) und (c) auf der Grundlage bisheriger Daten in der Literatur ermittelt.

In dem obigen Beispiel wird die Überwachung der Nachhaltigkeit des Umgangs mit genetischer Vielfalt zum Ziel erhoben. Nach der vorangegangenen verallgemeinerten Darstellung taucht dieses Ziel als eines der Kriterien (im Zusammenhang mit K_{R3}) für das allgemeine und damit übergeordnete Ziel des nachhaltigen Umgangs mit genetischen Ressourcen auf. Weiterhin ist die Möglichkeit der Berücksichtigung weiterer Kriterien offensichtlich (wie etwa die Orientierung genetischer Vielfalt an Genotyp- oder Haplotyphäufigkeiten sowie an der Assoziation zwischen Genloci). Das Beispiel kann folglich auch als Demonstration für die Ergänzungsmöglichkeiten im Rahmen der zuvor vorgestellten und begründeten Kriterienkaskade dienen. Es ist ebenfalls offensichtlich, dass die Indikation des Kriteriums durch die Einbeziehung weiterer Indikatoren (wie etwa der Vergleich zwischen vermutlich selektionsneutralen und vermutlich anpassungsrelevanten genetischen Merkmalen) verstärkt bzw. verschärft werden kann. Dies verdeutlicht die praktische Notwendigkeit, ein genetisches Monitoring für weitere Entwicklungen methodischer (die Indikatoren und Verifikatoren betreffender) und inhaltlicher (die Kriterien betreffender) Art offen zu halten, wie es in der hier vorgestellten Pilotstudie beabsichtigt ist.

Offene Fragen

Langzeitmonitoring

Ein langfristig angelegtes Monitoring muss die Art der Ressourcenbeobachtung von vornherein so gestalten, dass sie eine Vielzahl von Auswertungsmöglichkeiten zulässt. Dabei sind auch Auswertungsmethoden zu berücksichtigen, die gegenwärtig nur selten zur Anwendung kommen, die sich in der Entwicklung befinden, oder deren Entwicklung gefordert wird.

In welchem Umfang berücksichtigen gegenwärtig praktizierte Beprobungsmethoden (Rückstellung) diesen Sachverhalt? Welche konkreten Voraussetzungen sollten für zukünftige Entwicklungen offene Methoden der Ressourcenbeprobung z.B. bzgl. Gewebetyp, Form der Probenrückstellung oder Stichprobenstrategie erfüllen?

Populationsabgrenzung

Ein Indikator von zentraler Bedeutung für die Erhaltung genetischer Vielfalt ist die reproduktionseffektive Populationsgröße. Sie hängt entscheidend von Möglichkeiten der Populationsabgrenzung ab, soweit es um die Erhaltung populationspezifischer genetischer Vielfalt geht. Daher kann die reproduktionseffektive Populationsgröße nicht alleine mit der Anzahl reproduzierender Individuen zum Ausdruck gebracht werden, sondern muss auch deren reproduktive Vernetzung untereinander berücksichtigen (hier liegt ein erheblicher Forschungsbedarf). Erst durch die Abgrenzbarkeit von Populationen werden Betrachtungen zum Genfluss und zur genetischen Differenzierung zwischen Populationen sinnvoll. Hierzu zählt somit insbesondere die Verteilung genetischer Vielfalt im Raum und in der Zeit sowie die damit verbundenen Systeme der Erhaltung von Anpassungsfähigkeit bei optimaler Angepasstheit der Populationen.

Nach welchen Kriterien können Kollektive abgegrenzt werden, innerhalb derer genetische Vielfalt zu messen ist? Welche Rolle können hierbei Bestände (Wirtschaftseinheiten), Umweltbedingungen (Klima, Boden, Habitat), Pflanzen- und Tiergesellschaften, Ökosysteme oder Landschaften spielen? Ist es sinnvoll, ähnlich den Art-Areal Kurven der Ökologie, eine Ermittlung von Flächengrößen anhand von Gen-Areal Kurven vorzunehmen? Welche Entwicklungsstadien sollten vornehmlich für eine Populationsabgrenzung herangezogen werden?

Gefährdungstatus, akut, potentiell

Im genetischen Monitoring richtet sich die Bestimmung des Gefährdungstatus einer genetischen Ressource vor allem an ihren genetischen Eigenschaften und den sich darin zeigenden potentiellen und langfristigen Gefährdungen aus. Andererseits zeigen sich akute Gefährdungen eher anhand von Stresssymptomen und gehen auch

derart in das allgemeine Monitoring ein. Auf welche Weise und mit welcher Zielsetzung können akute Gefährdungen in ein speziell genetisches Monitoring aufgenommen werden?

Kategorien genetischer Merkmale

In Analysen genetischer Vielfalt wird allgemein auf den Unterschied zwischen selektionsneutralen und adaptiven genetischen Merkmalen verwiesen. Es herrscht jedoch wenig Einigkeit darüber, welche Merkmale neutral oder adaptiv sind. Das ist nicht zuletzt darauf zurückzuführen, dass in Abhängigkeit von den jeweiligen Umweltbedingungen verschiedene Genotypen selektiv äquivalent oder differenziert sein können. Die allgemeine Unterscheidung in Selektionsneutralität und Selektivität genetischer Merkmale ist daher nicht sinnvoll. Als Alternative bietet sich eine an den Funktionen der Merkmale ausgerichtete Kategorisierung an. Hiermit verbunden ist der Begriff der „funktionellen Diversität“. Da einzelnen Merkmalen unter Umständen mehrere Funktionen (biologische, ökologische, ökonomische, etc.) zugeschrieben werden können erhebt sich die Frage, wie deren Vielfalt angemessen bestimmt werden kann. Ist es sinnvoll, die Varianten eines Merkmals um die Varianten ihrer Funktion zu einem Komplexmerkmal zu erweitern?

Vielfaltmaße

Die Beurteilung der Vielfältigkeit orientiert sich in erster Linie an der Anzahl unterschiedlicher genetischer Eigenschaften. Unterscheiden sich die Träger dieser Eigenschaften deutlich in ihren Anteilen am Gesamtkollektiv, so verringert sich hierdurch die „effektive“ absolute Vielfalt. Häufig zur Anwendung kommende Diversitätsmaße wie der Shannon-Wiener(Weaver) Index berücksichtigen diesen Sachverhalt. Allerdings kann der Sachverhalt auf unendlich viele Weisen berücksichtigt werden, wie z.B. die von Hill vorgestellte Familie von Diversitätsmaßen belegt. Welche Kriterien können für eine Unterscheidung zwischen den Maßen herangezogen werden?

Eine weiteres Problem entsteht, wenn zur Beurteilung der Vielfältigkeit nicht nur qualitative sondern auch quantitative Unterschiede zwischen einzelnen Merkmalsausprägungen herangezogen werden soll. So können z.B. die Allele eines Genlocus durch unterschiedliche DNS-Fragmentlängen definiert sein, die selbst wiederum stark variieren.

Die Gleichbehandlung geringer und großer Fragmentlängenunterschiede kann als unangemessen betrachtet werden. Welchen Sinn hat dann aber noch ein Verständnis von Vielfältigkeit, welches auf einer Anzahl unterschiedlicher Merkmalsausprägungen gründet? Wie hängen Vielfältigkeit und Unterschiedlichkeit zusammen?

Effektive Populationsgrößen

Effektive Populationsgrößen beziehen sich meist auf genealogische Eigenschaften, welche unmittelbar durch Populationsgrößen bestimmbar sind. Welche Kriterien erfüllen die unterschiedlichen effektiven Populationsgrößen (reproduktionseffektive, inzuchtineffektive, varianzeffektive, diversitätseffektive)? Inwiefern stehen sie zur Erhaltung genetischer oder genotypischer Vielfalt in Beziehung? Die meisten bekannten effektiven Populationsgrößen beruhen auf der Betrachtung asymptotischer Änderungsraten der Zielparameter (Inzucht, Varianz, Diversität, etc.) pro Generation. Kommt in diesen Größen der Einfluss des jeweils gegenwärtigen Zustands der Population hinreichend zum Ausdruck? Wie wirken sich z.B. die Paarungsverhältnisse auf die jeweilige effektive Populationsgröße aus? Welche Eigenschaften des gegenwärtigen Zustands müssten grundsätzlich erhoben werden, um eine effektive Populationsgröße ausreichend zu spezifizieren?

Hierarchien genetischer Vielfalt

Genetische Vielfalt kann auf verschiedenen räumlich oder biologisch systematisch gegliederten Ebenen beschrieben werden. Eine räumliche Gliederung kann z.B. nach lokalen, regionalen oder überregionalen Vorkommen vorgenommen werden. Entsprechend könnten sich biologisch systematische Gliederungen an Populationen, Rassen und Arten ausrichten. Für die Ausweisung und das nachfolgende Monitoring genetischer Ressourcen kann die Information entscheidend sein, ob sich die auf höheren Ebenen vorhandene genetische Vielfalt bereits weitgehend in einzelnen Vorkommen auf niedrigerer Ebene wiederfindet. In der Ökologie wird diese Fragestellung vor allem unter dem Begriff der "Komplementarität" in Verbindung mit α - und β -Diversität behandelt (siehe z.B. Sarkar 2006). In diesem Zusammenhang werden in der Genetik (und nicht nur dort) überwiegend Kenngrößen benutzt, die auf dem Vergleich des Ausmaßes genetischer Vielfalt

über alle Populationen hinweg mit der mittleren Vielfalt innerhalb von Populationen aufbauen. Die Vielfalt bzw. Diversität "zwischen" Populationen ergibt sich hierbei aus der Differenz zwischen der Gesamtvariation und der mittleren Vielfalt innerhalb der Populationen. Der Quotient aus mittlerer und Gesamtvariation wird überwiegend für die Messung genetischer Differenzierung zwischen Populationen benutzt (F_{ST} , G_{ST}). Welchen Aussagewert haben solche Kenngrößen für die Komplementarität der Einzelpopulationen, d.h. für das Ausmaß, in welchem Einzelpopulationen genetische Information enthalten, die nicht bereits in anderen Populationen repräsentiert ist?

Repräsentation genetischer Eigenschaften

Die Messung genetischer Vielfalt bezieht sich grundsätzlich auf die Repräsentation genetischer Eigenschaften von Individuen. Die Repräsentation einer bestimmten genetischen Eigenschaft kann auf unterschiedliche Weise vorgenommen werden: Anzahl ihrer Träger, von ihren Trägern eingenommene Fläche, die Biomasse oder andere quantitative Eigenschaften ihrer Träger. Welche Repräsentation ist für welche Indikation sinnvoll?

Indikation von Anpassungsprozessen

Die Frage der Anpassung gewinnt vor allem dann an Bedeutung, wenn Populationsgrößen über mehrere Generationen abnehmen oder Stresssymptome auftreten. Populationsgrößen können als Folge eines positiv verlaufenden genetischen (evolutionären) Anpassungsprozesses an veränderte Bedingungen vorübergehend abnehmen. Das Auftreten von Stresssymptomen kann genetisch unterschiedlich verteilt sein, was auf das Vorhandensein genetischer Kapazität für Anpassung an die zugrundeliegenden Stressoren schließen lässt. Auf welche Weise können vor diesem Hintergrund genetische Strukturen und ihre Dynamik für die Indikation erfolgreich oder nicht erfolgreich verlaufende Anpassungsprozesse sowie für die Indikation von genetischer Anpassungskapazität an Stressoren benutzt werden?

Berücksichtigung der Artenvielfalt

Zum biotischen Wirkungsumfeld einer genetischen Ressource zählt das interagierende Artenspektrum. Artenvielfalt und intraspezifische genetische Vielfalt können sich gegenseitig beeinflussen.

Die diesbezügliche Forschung hat in den letzten Jahren unter der Bezeichnung "community" oder "ecosystem genetics" (übersetzbar mit Biozönosegenetik) stark zugenommen. Die Entwicklung von Methoden zur Beschreibung artübergreifender (transspezifischer) genetischer Vielfalt oder des Zusammenhanges zwischen Artenvielfalt und intraspezifischer genetischer Vielfalt befindet sich noch im Anfangsstadium.

Ökonomische Aspekte des genetischen Monitoring

Welche Möglichkeiten der direkten Einbindung des genetischen Monitoring in das Wirtschaftsgeschehen gibt es? Von welchen Kategorien von Indikatoren kann in diesem Fall erwartet werden, dass ihre Anwendung eine konkrete Kosten-Nutzen Kalkulation ermöglicht?

Die hier nur angerissene Fülle offener Fragen macht deutlich, dass eine langfristig effiziente Konzipierung des genetischen Monitoring grundsätzlich die Möglichkeit ständiger Weiterentwicklung der Methoden und Inhalte berücksichtigen muss, ohne darüber seine Kontinuität zu verlieren. Die Umsetzung dieses Prinzips bildet möglicherweise die größte Herausforderung.

Danksagung

Die Autoren danken Herrn Lothar Frese ausdrücklich für seine Vorschläge zur Verschärfung mehrerer wichtiger Formulierungen.

Literatur

- Degen B, Blanc L, Caron H, Maggia L, Kremer A, Gourlet-Fleury S 2006. *Impact of selective logging on genetic composition and demographic structure of four tropical tree species. Biological Conservation* 131: 386-401
- Degen B, Gregorius H-R, Scholz F 1996. *ECO-GENE, a model for simulation studies on the spatial and temporal dynamics of genetic structures of tree populations. Silvae Genetica* 45: 323-329

Gregorius H-R 1995. *Measurement of genetic diversity with special reference to the adaptive potential of populations. Pp. 145-175 in: Boyle, T.J.B., Bontawee, B. (eds.) Measuring and Monitoring Biodiversity in Tropical and Temperate Forests. Bogor: CIFOR*

Gregorius H-R 2001. *Sustainable treatment of resources: Its genetic basis. In Müller-Starck, G., Schubert, R. (eds): Genetic Responses of Forest Systems to Changing Environmental Conditions. Volume 70, 203-222. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London*

Gregorius H-R, Roberds JH 1986. *Measurement of genetical differentiation among subpopulations. Theor. Appl. Genetics* 71: 826-834

Lindgren D, Gea L, Jefferson P 1996. *Loss of genetic diversity monitored by status number. Silvae Genetica* 45: 52-59

MacArthur RH 1965. *Patterns of species diversity. Biol. Rev.* 40: 510-533.

Namkoong G, Boyle T, Gregorius H-R, Joly H, Savolainen O, Ratnam W, Young A 1996. *Testing criteria and indicators for assessing the sustainability of forest management: Genetic criteria and indicators. Working Paper No. 10, Center for International Forestry Research, Bogor, Indonesia.*

Nei M 1973. *Analysis of gene diversity in subdivided populations. Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 70: 3321-3323

Sarkar S 2006. *Ecological diversity and biodiversity as concepts for conservation planning: Comments on Ricotta. Acta Biotheoretica* 54: 133-140

Weitzman ML 1992. *On diversity. The Quarterly Journal of Economics* 107(2): 363-405

Wright S 1969. *Evolution and the Genetics of Populations. Vol 2. The Theory of Gene Frequencies. University of Chicago Press, Chicago*

Ziehe M, Gregorius H-R 1996. *Beurteilung der Gefährdung genetischer Ressourcen anhand von Stressmerkmalen. S. 300-317 in: Müller-Starck, G. (Hrsg.) Biodiversität und nachhaltige Forstwirtschaft. Landsberg: ecomed*

Genetisches Monitoring bei landwirtschaftlichen Kulturpflanzen und mit ihnen verwandten Wildarten

Genetic monitoring of crops and crop wild relatives

Lothar Frese¹, Siegfried Harrer² und Rudolf Vögel³

¹ Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen, Forschungs- und Koordinierungszentrum für Pflanzengenetische Ressourcen, Erwin-Baur-Str. 27, 06484 Quedlinburg, l.frese@bafz.de

² Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, Informations- und Koordinationszentrum für Biologische Vielfalt, Deichmanns Aue 29, 53179 Bonn, siegfried.harrer@ble.de

³ Landesumweltamt Brandenburg, Tramper Chaussee 2, 16225 Eberswalde, rudi.voegel@lua.brandenburg.de

Zusammenfassung

Durch regelnde Eingriffe des Staates kann genetische Diversität in landwirtschaftlichen Nutzungssystemen erhöht werden. Zur Beurteilung der Wirkung regelnder Eingriffe auf die räumliche Struktur und die zeitliche Entwicklung genetischer Diversität in der Pflanzenzüchtung und im Anbau sind Dauerbeobachtungsprogramme und Indikatoren notwendig. Die Organisation für Wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) und die Europäische Umweltagentur (EEA) verwenden hierfür den Indikator „Genetische Diversität“ (IRENA 25), der für allgemeine Berichtszwecke verwendbar ist, allerdings keine quantifizierbaren Aussagen über genetische Entwicklungstrends erlaubt. Eine Optimierung von IRENA 25 durch Stammbaumanalysen oder durch die Schätzung genetischer Distanzen zwischen Sorten ist bei einigen Kulturarten möglich.

Selbst wenn IRENA 25 durch genetische Informationen qualifiziert würde, wäre der Indikator dennoch kein brauchbares Instrument zur Politikgestaltung, da sich die Verwendung von Sorten in einer freien Marktwirtschaft nur sehr bedingt regulieren lässt. Es wird deshalb vorgeschlagen, in Dauerbeobachtungsprogrammen, zusätzlich zu IRENA 25, die Kulturartenvielfalt im Anbau als Indikator zu verwenden. Kulturartenvielfalt im Anbau kann durch Innovationsprogramme oder ähnliche Anreizsysteme beeinflusst werden.

Genetisches Monitoring im eigentlichen Sinne erfordert genetische Analysen von Sammlungsbeständen der Genbanken und Zuchtmaterial sowie Populationen in ihrem natürlichen Lebensraum und sollte vor allem dort ansetzen, wo der Staat über Forschungsprogramme und die eigene Ressortforschung oder als Gesetzgeber die Sicherung und nachhaltige Nutzung pflanzengenetischer Ressourcen tatsächlich steuern kann: in Genbanken, in der Pflanzenzüchtungsforschung und im gesetzlich verankerten Artenschutz. Diese drei staatlich organisierten Bereiche sind für die Sicherung des Genpools von Kulturarten und mit ihnen verwandten Wildarten zuständig. Vorrangig ist durch die Pflanzengenetik ein Indikationsschema für das genetische Monitoring in Anlehnung an das genetische Monitoring im Forst zu entwickeln.

Abstract

In agricultural production systems genetic diversity can be increased through regulatory interventions. Monitoring programmes and indicators are necessary to assess the effects of regulatory interventions on the spatial structure and temporal development of genetic diversity in plant breeding and plant production. The Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) and the European Environment Agency (EEA) currently apply the indicator “genetic diversity” (IRENA 25) which is suited for general report obligations, however does not allow quantitative information on genetic development trends. For some crops it is possible to optimise IRENA 25 by means of pedigree analysis or through the estimation of genetic distance between cultivars. Even if IRENA 25 is qualified through genetic information, the indicator would still be no useful instrument for shaping policy as the deployment of cultivars can be governed in a free market economy to a very limited extend, only.

It is therefore proposed to use the "crop species diversity" as indicator in addition to IRENA 25. The species diversity in crop production can be influenced by innovation programmes or similar incentive systems.

Genetic monitoring in the strict sense requires genetic analysis of genebank collections and breeding materials as well as populations in their natural habitat and should be scheduled particularly where the state can indeed govern the safeguarding and sustainable use of plant genetic resources through research programmes and the own research sector or as legislator: in genebanks, in plant breeding and in species protection. Safeguarding of gene pools of crops and related crop wild relatives is within the scope of these three state organised fields. The development of an indicator scheme for genetic monitoring in agricultural genetic resources through the plant genetics sector following the scheme used for genetic monitoring in forestry has highest priority.

Einleitung

Die Vertragsstaaten der Gipfelkonferenz über nachhaltige Entwicklung in Johannesburg verpflichteten sich im Jahre 2002 zur signifikanten Verminderung der Verlustrate an biologischer Vielfalt bis zum Jahr 2010. Um den internationalen Verpflichtungen zur Erhaltung biologischer Vielfalt nachkommen zu können, sind danach nicht nur zusätzliche finanzielle Mittel erforderlich, sondern auch nationale sektorale und sektorübergreifende Politiken und Strategien, die die Ziele der Konvention über die Biologische Vielfalt (CBD) beinhalten (Anonym, 2002). Das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) erarbeitet derzeit eine entsprechende Strategie für den Sektor Agrobiodiversität und formulierte im Entwurf (Stand: 28.07.2006) der „Strategie für die Erhaltung und nachhaltige Nutzung der biologischen Vielfalt für die Ernährung, Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft“ ein **Leitbild** für „Acker- und Grünland“ mit drei Zielsetzungen:

- Die Vielfalt landwirtschaftlicher Kulturarten und -sorten erhalten!
- Eine größere Vielfalt an Pflanzenarten und -sorten wirtschaftlich nutzen!
- Bedrohte Arten, Ökosysteme und Kulturlandschaften erhalten!

Mit Hilfe dieser Strategie soll einem Trend entgegengewirkt werden, der sich aus einem anderen Leitbild, dem Leitbild einer hoch effizienten, und auf die Bedürfnisse der Nahrungs- und Futtermittelindustrie zugeschnittenen Landwirtschaft ergibt. Zum einen engen die wirtschaftlichen Zwänge einer industrialisierten Nahrungs- und Futtermittelerzeugung den Verwendungsspielraum für Kulturarten- und Sortenvielfalt ein. Zum anderen ist Vielfalt von Kulturarten und -sorten stark mit kultureller Vielfalt korreliert; ihre Nivellierung in den sogenannten modernen Industriegesellschaften Europas und der fortschreitende Verlust an Kulturarten gebundene regionale Traditionen und Gebräuche verdrängt genetische Vielfalt zusätzlich. Infolgedessen sind regelnde Eingriffe des Staates in die Landwirtschaft, mit dem Ziel mehr genetische Vielfalt aktiv im Agroökosystem zu nutzen, erforderlich.

In der Landwirtschaft können Agrarumweltmaßnahmen, die für einen bestimmten Zeitraum finanziert und deren Auswirkungen am Ende eines Programmzeitraumes evaluiert werden, zur Sicherung und Verbesserung der biologischen Vielfalt beitragen (Anonym, 2001). Von besonderer Bedeutung ist die Verordnung (EG) Nr. 1698/2005 des Rates vom 20. September 2005 über die Förderung der Entwicklung des ländlichen Raums durch den Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER) mit den darin spezifizierten Agrarumweltmaßnahmen, die in Artikel 39 Absatz 5 explizit Beihilfen für die Erhaltung genetischer Ressourcen vorsieht. Ferner beeinflussen das Bundesprogramm Ökologischer Landbau, das die Verbesserung der Rahmenbedingungen für den ökologischen Landbau vorsieht, das Programm zur Innovationsförderung des BMELV mit dem Förderschwerpunkt „Züchtung von Kulturpflanzen“ sowie die Förderung von Modell- und Demonstrationsvorhaben (MuD) im Bereich der Erhaltung und innovativen nachhaltigen Nutzung der biologischen Vielfalt und weitere Maßnahmen des Bundes und der Länder die Entwicklung von Agrobiodiversität in Deutschland. Anreizsysteme passiver oder aktiver Natur erfordern eine regelmäßige Kontrolle der Wirkungen mit ihnen verbundener Maßnahmen. Nur so lässt sich feststellen, ob Eingriffe in das landwirtschaftliche Produktionssystem durch den Staat ihre erwünschten Wirkungen entfalten und zur Sicherung und nachhaltigen Nutzung genetischer Vielfalt beitragen.

Die Hauptursachen des Verlustes biologischer Vielfalt sind nicht biologischer Natur. Vielmehr überlagern und bestimmen letztlich gesetzliche, wirtschaftliche und soziale Rahmenbedingungen die nachgeordneten ökologischen und genetischen Prozesse. In Anlehnung an Stachow (2003) lässt sich daher die Erhaltung und nachhaltige Nutzung genetischer Vielfalt von Kulturpflanzen und mit ihnen verwandte Wildarten als ein komplexes Entwicklungsziel bezeichnen. Von Gesellschaft, Politik und Wissenschaft entworfene **Leitbilder** sind Entwicklungsziele, auf die wir entlang von **Leitlinien** zusteuern. Im Jahresgutachten des Wissenschaftlichen Beirats der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU, 2000) wird zusätzlich das Prinzip der **Leitplanke** eingeführt und wie folgendermaßen definiert: „... bestimmte, numerisch definierbare Schadensgrenzen, deren Überschreiten jetzt oder zukünftig intolerable Folgen mit sich bringt“. Der Beirat fordert, dass „...biologische Ressourcen, die für die (ständig notwendige) Anpassung und Weiterentwicklung der Nutzpflanzen (und -tiere) erforderlich sind ...“ nicht gefährdet werden dürfen und leitet, hier verkürzt dargestellt, daraus eine Leitplanke für den Flächenschutz ab, wonach ein Anteil unter Schutz gestellter Flächen von weniger als 10-20% der terrestrischen Fläche als intolerables Überschreiten der Leitplanke zu verstehen ist. Für den Schutz einzelner Arten gilt, dass „... mehrere Populationen einer Art an verschiedenen Lokalitäten ...“ die Mindestzahl von 5.000 - 10.000 Individuen nicht unterschreiten sollten. Ein weiteres und äußerst relevantes Feld eröffnet sich für die Ressourcenschutzforschung (WBGU, 2000). Die Kunst der Agrarpolitik besteht nun darin entlang einer Leitlinie zwischen den Leitplanken die Bereiche Wirtschaft, Öffentlichkeit und Wissenschaft auf das Ziel zu lenken (vergleiche hierzu auch Kapitel II „Entscheidung unter Unsicherheit“ der Empfehlungen des Beirats für Biodiversität und Genetische Ressourcen beim BMELV (Anonym, 2006)).

Im Fall pflanzengenetischer Ressourcen für Ernährung und Landwirtschaft ist die Sicherung und nachhaltige Nutzung der genetischen Vielfalt unserer Kulturpflanzen ein bedeutendes agrarpolitisches Ziel. Welche Art von genetischer Vielfalt wollen wir jedoch in landwirtschaftlichen Nutzungssystemen etablieren, jene, die sich aus der Förderung des ökologischen Landbaus ergibt, jene, die sich aus der Förderung des Anbaus von Industrie- und Energiepflanzen ergibt oder jene, die erforderlich ist, wenn wir Pflanzen als beliebig formbares biologisches System an sich benutzen und als lebende Fabrik

einsetzen? Genetisches Monitoring ist zwangsläufig an wissenschafts- und wirtschaftspolitische Auffassungen und Strömungen gebunden. Mit welcher Zielsetzung und an welcher Stelle des Agrarökosystems soll also genetisches Monitoring bei landwirtschaftlichen Kulturarten und mit ihnen verwandte Wildarten ansetzen? Was will die Agrarpolitik wissen um zielgerichtet reagieren zu können? Welche **konkreten** Zielsetzungen bestehen und anhand welcher messbaren Kriterien lässt sich ermitteln, ob das Ziel erreicht wurde (Gregorius & Degen, in diesem Band)?

Es sind zwei Fragen zu beantworten. Erstens, ist unsere aktuelle landwirtschaftliche Erzeugung produktiv, sicher und nachhaltig? Diese Frage betrifft sowohl die inter- als auch intraspezifische Vielfalt im aktuellen Anbau. Zweitens, sind genetische Ressourcen unserer Kulturpflanzen weltweit gesichert und welchen Beitrag leistet die Bundesrepublik Deutschland zur Gewährleistung ihrer nachhaltigen Bewirtschaftung? Diese Frage betrifft die intraspezifische Vielfalt von Kulturarten und mit ihnen verwandte Wildarten ebenso wie Aspekte der Sicherung und des Zugangs (technisch / politisch) zu genetischer Vielfalt auch außerhalb der Grenzen Deutschlands. Genetische Vielfalt im Anbau entstammt Züchtungsprogrammen; neue und zusätzliche genetische Vielfalt in Züchtungsprogrammen entstammt heutzutage überwiegend aus Genbanken oder ist dem natürlichen Verbreitungsareal einer Wildart entnommen worden. Es sind demgemäß drei Bereiche der Agrobiodiversität betroffen, in denen genetisches Monitoring stattfinden kann: im Anbau, in der Züchtung und im natürlichen Lebensraum. Mit Kulturpflanzen verwandte Wildarten sind überwiegend außerhalb der Grenzen Deutschlands verbreitet. Damit ergibt sich automatisch die Forderung nach einem artspezifischen, globalen Ansatz für das genetische Monitoring.

Der wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU, 2000, S. 81-83) zitiert Gollin und Smale (1999) sowie Vandermeer und Perfecto (1995) und versucht zwischen latenter Agrobiodiversität (genetischen Ressourcen als Reserve), aktueller Agrobiodiversität (in der Produktion genutzte Komponenten der Biodiversität) und geplanter Agrobiodiversität (im Agrarökosystem gepflegte Biodiversität) zu unterscheiden. Diese Gliederung ist nicht ganz schlüssig, denn nach der Definition der CBD und des Internationalen Vertrages über pflanzengenetische Ressourcen gelten sowohl Wildarten, in Bearbeitung befindliches Material und zugelassene

Sorten als genetische Ressource. Gleichwohl sind die vom WBGU eingeführten Begriffe nützlich und sollen zur weiteren Beschreibung der Handlungsräume für genetisches Monitoring verwendet werden. Es sind

- **latente** Ressourcen im natürlichen Lebensraum vorkommende Populationen oder in Genbanken eingelagerte Akzessionen,
- **geplante** Ressourcen in der züchterischen Bearbeitung befindliches Material (staatliche Programme oder kommerzielle, mit dem Ziel des Erwerbs des Sortenschutzes oder von Patentrechten betriebene Züchtung) und
- **aktuelle** Ressourcen im Anbau tatsächlich eingesetzte geschützte Sorten.

Zusammen bilden diese Komponenten das genetische System Kulturpflanzenzüchtung (Abbildung 1). Ihm zugrunde liegt das populationsgenetische Artkonzept, wonach eine Art aus mindestens einer Population besteht, deren Genpool gegen Populationen anderer Arten generativ isoliert ist. Der Genpool bezeichnet die Gesamtheit aller Gene und ihrer Allele einer Population. Im Gegensatz zum Konzept der biologischen Art (Mayr, 1969) sind im populationsgenetischen Konzept (Moritz, 1994) Populationen, die sich unter natürlichen Bedingungen aufgrund räumlicher oder zeitlicher Barrieren nicht kreuzen würden, ebenfalls Bestandteil der betreffenden Art. Das populationsgenetische Artkonzept ist deshalb für die Betrachtung der Züchtung von Kulturpflanzenarten besser geeignet, da der Domestikationsprozess diese natürlichen Barrieren aufgehoben hat. Dass Kulturpflanzenarten mit modernen Methoden der Pflanzenzüchtung eingebrachtes genetisches Material aus schwer kreuzbaren, verwandten Arten und sogar anderen Gattungen enthalten können, soll hier nur erwähnt aber unberücksichtigt bleiben.

Der Begriff „verwandte Art“ soll in diesem Beitrag der Übersichtlichkeit halber eng definiert werden. Dem primären Genpool einer Kulturart zugeordnete Arten (Harlan & de Wet, 1971) gelten in diesem Beitrag als „verwandte Arten“.

Eine Kulturart ist in der Regel in Sorten untergliedert. Der Begriff „Sorte“ ist rechtlich definiert. Nach dem Saatgutverkehrs- und Sortenschutzgesetz der Bundesrepublik Deutschland erhält eine Sorte den Sortenschutz, wenn sie neu, unterscheidbar, homogen und beständig ist. Die Einordnung von Landsorten oder neues Material, für das aus ideologischen Gründen keine Schutzrechte beansprucht werden,

sollen aus Gründen der systematischen Eindeutigkeit der Kategorie latente Ressource zugeordnet werden, obwohl eine Land- oder Regionalsorte ebenso zielstrebig und geplant entwickelt werden kann, wie ein geschützte Sorte.

Den konkreten Bedarf für genetisches Monitoring leiten wir in diesem Beitrag aus den im Rahmen der OECD sowie von der EEA entwickelten Indikatoren (z.B. IRENA 25 „Genetische Diversität“) und den kritischen Anmerkungen hierzu von Wetterich (2001) sowie aus den Empfehlungen des EU Projektes „European Crop Wild Relative Diversity Assessment and Conservation Forum“¹ ab.

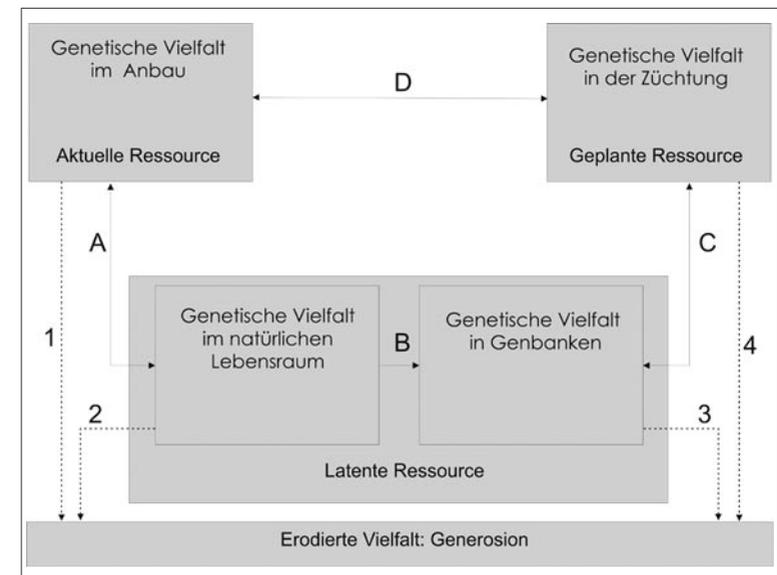


Abb. 1 Das genetische System Kulturpflanzenzüchtung
 Durchgezogene Linien beschreiben den Austausch von Erbinformationen zwischen Ressourcenkategorien „latent, geplant, aktuell“. A: Mit Kulturpflanzen kreuzbare Wildarten tauschen Erbinformationen miteinander aus. B: Im natürlichen Lebensraum gefährdete genetische Vielfalt wird aufgesammelt und in Genbanken konserviert. C: Genbanken stellen Akzessionen für Forschung und Sortenzüchtung bereit. Veraltete Sorten werden in den Genbankbestand zurückgeführt. D: Sorten werden von der Züchtung für den Anbau zur Verfügung gestellt. Nach dem Sortenschutz stehen für Neuzüchtungen frei zur Verfügung. 1: Nicht mehr verwendete Arten- und Sortenvielfalt geht unbeabsichtigt verloren. 2: Lebensraumzerstörung und andere Ursachen führen zum Verlust von Populationen und vermindern genetische Vielfalt im natürlichen Habitat. 3: Kapazitätsgrenzen im Ressourcenmanagement, Shift und Drift verursachen den Verlust von Erbinformation in Genbanken. 4: Reguläre Selektion oder die Aufgabe ganzer Zuchtprogramme und Material kann zum Verlust genetischer Vielfalt führen.

Fig. 1 The genetic system of crop breeding

¹ www.pgrforum.org

Bestandesaufnahme der Monitoringprozesse

Alle bislang von der OECD und der EEA entwickelten Indikatoren für genetische Vielfalt beziehen sich schwerpunktmäßig auf „aktuelle Ressourcen“. Im Teilbereich Vielfalt landwirtschaftlicher Pflanzensorten und Tierrassen wurde für den Kulturpflanzenbereich für die wichtigsten Fruchtarten die Anzahl der registrierten bzw. zugelassenen Sorten, der Anteil der 5 meistangebauten Sorten jeder Art an der Gesamtproduktion, der Anteil „gefährdeter Sorten“ sowie die Anzahl der Arten und Muster, die *ex situ* oder *in situ* im Rahmen der nationalen Programme erhalten werden, der OECD gemeldet. Zeitlich fast parallel wurden in einem von der Europäischen Umweltagentur koordinierten Projekt verschiedener Generaldirektionen der Europäischen Kommission auf der EU-15 Ebene Agrarumweltindikatoren entwickelt, unter anderem IRENA 25, der wie folgt definiert wird: Der Indikator stellt die Anzahl und Streubreite² von Pflanzensorten und Tierrassen dar. Die EEA ordnet IRENA 25 in den Bereich „*Pressure and benefits*“, Unterbereich „*Resources depletion*“ ein und erklärt hierzu, dass unsachgemäße Nutzung genetischer Vielfalt zu ähnlichen Umweltschäden führen kann wie eine unsachgemäße Nutzung von Wasser und Boden. Drei Jahre nach Beginn der Arbeiten am Projekt *Indicator Reporting on the Integration of Environmental Concerns into Agricultural Policy* (IRENA³) bewertete die EEA (2005) den Indikator als schwer interpretierbar zumal auch Daten in den meisten EU-15 Mitgliedsstaaten nur begrenzt und nur in kurzen Zeitserien zur Verfügung stehen.

Die Vorteile von IRENA 25 sind:

- Einfach zu verstehen.
- Summarische Angaben sind für Deutschland möglich. Der Indikator eignet sich damit auch für Berichte an die OECD.

² Im englischen Text verwendeter Begriff „*range*“ kann als Streubreite, Umfang oder Produktpalette übersetzt werden. Die Bestimmung einer Streubreite, eines Umfangs oder die Spezifizierung einer Produktpalette setzt Messungen oder Beschreibungen voraus. IRENA 25 ermittelt die Sortenzahl - nicht jedoch deren Verschiedenheit.

³ http://themes.eea.europa.eu/IMS_IRENA/Topics/IRENA/indicators

Die Nachteile des Indikators sind:

- Der Indikator hat zwar einen Bezug zur landwirtschaftlichen Praxis allerdings nicht zu staatlichen Steuerungsmaßnahmen. Die Entscheidung welche Sorte im kommenden Jahr angebaut wird, muss ein landwirtschaftlicher oder gartenbaulicher Betrieb kurzfristig fällen und damit entzieht sich diese betriebswirtschaftliche Entscheidung jeglicher staatlicher Einflussnahme.
- Daten sind nur zu den Hauptfruchtarten verfügbar.
- Die Bezugsgröße ist der Sortenname, der nur bedingt die genetischen Unterschiede zwischen Sorten widerspiegelt. Einerseits ist der genetische Unterschied zwischen „im Wesentlichen abgeleitete Sorten“ mit identischem genetischen Hintergrund und Abweichungen in einem oder wenigen Genen klein. Andererseits ist der Sortenbegriff rechtlich festgelegt und setzt unter anderem die Unterscheidbarkeit und Beständigkeit von Sorten voraus. Beständig ist eine Sorte nur dann, wenn ihre speziellen Eigenschaften vererbt werden, demnach genetische Unterschiede vorliegen.

Der Indikator berücksichtigt nicht die verschiedenen Züchtungskategorien und Sortentypen, die sich hinsichtlich der Heterozygotie ihrer Individuen und in ihrer Heterogenität stark unterscheiden können. Die genetische Verwundbarkeit einer Sorte mit großem Anbauareal nimmt mit zunehmender Heterogenität ab (vergleiche hierzu Becker, 1993, S. 84-87 sowie S. 190-193).

Es ist deshalb aus genetischer Sicht ein erheblicher Unterschied, ob

- drei Kartoffelsorten, d.h. drei heterozygote Genotypen,
- drei Weizensorten, d.h. drei fast homozygote Linien,
- drei Zuckerrübensorten, d.h. drei heterozygote Hybriden mit Restheterogenität oder
- drei Roggensorten, d.h. hochgradig heterozygote und innerhalb der vom Gesetzgeber akzeptierten Spannweite heterogene, offen bestäubte Populationen angebaut werden (Schnell, 1982).

In der Durchführungspraxis ermitteln die EU-Mitgliedsländer für IRENA 25 den Anteil der Saatgutvermehrungsflächen der fünf, den Saatguthandel dominierenden Sorten bei unterschiedlichen Kulturarten. Eine enge Korrelation zwischen der Vermehrungsfläche und Produktionsfläche wird vorausgesetzt. Tatsächlich zeigt ein

Vergleich der Zahlen, dass eine relativ gute Überstimmung zwischen der angemeldeten Vermehrungsfläche und der Anbaufläche, die auf der Basis des Agrarstatistikgesetzes der Bundesrepublik Deutschland jährlich im Rahmen der besonderen Ernteermittlung (BEE) bei den Fruchtarten Getreide, Kartoffel und Winterraps durchgeführt wird, besteht.

Qualität

Die Erläuterungen und Bewertungen der EEA zeigen Unterschiede in Sichtweise und Zielsetzung. Während Umweltbehörden negative Effekte von Züchtung und Saatguthandel auf die Agrobiodiversität aufzeigen möchten, sieht die Landwirtschaft in der Nutzung von Agrobiodiversität eine Chance zur Produktivitätssteigerung und zur Verbesserung der Produktionssicherheit. Diese landwirtschaftlich geprägte Sichtweise vertritt bereits Wetterich (2001). In landwirtschaftlichen Nutzungssystemen spielt inter- und intraspezifische Vielfalt nach allgemein gängiger Ansicht eine wichtige Rolle, denn sie bestimmt das Produktionsniveau, die Produktionssicherheit, die Produktionskosten (z.B. Minderung des Pflanzenschutzmitteleinsatzes durch den Anbau resistenter Sorten) und die Anpassungsfähigkeit der Landwirtschaft an neue Rahmenbedingungen. In der räumlichen Verteilung vermindert Artenvielfalt epidemiologische Risiken, in der zeitlichen Dimension mindert Artenvielfalt am selben Standort das Risiko von Fruchtfolgeschäden. Von besonderer und herausragender Bedeutung für die Landwirtschaft ist die innerartliche Vielfalt, denn sie ist zwingende Voraussetzung für den Züchtungsfortschritt. Wetterich (2001) schlug deshalb fünf zusätzliche Indikatoren zur Qualifizierung von IRENA 25 vor.

- Anzahl Fruchtarten in der landwirtschaftlichen Nutzung
- Fruchtartenverhältnis
- Anzahl Sorten der Hauptfruchtarten unterteilt nach heimischen und nicht-heimischen Sorten
- Verhältnis genetisch heterogener und homogener Sorten
- Verhältnis von Sorten mit und ohne evolutionäres Entwicklungspotenzial
- Anzahl Züchter je Fruchtart

Im Rahmen dieses Beitrages soll nur auf die beiden ersten Vorschläge eingegangen werden: Anzahl Fruchtarten in der landwirtschaftlichen Nutzung und das Fruchtartenverhältnis. Das geplante Kulturpflanzeninventar beim Informations- und Koordinationszentrum für Biologische Vielfalt bei der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung erfasst demnächst regelmäßig Daten über die aktuell vorhandene und in der landwirtschaftlichen Erzeugung genutzte Arten- und Sortenvielfalt und im Fall leicht zugänglicher, schon vorhandener Informationsquellen auch ihren Anbauumfang. Diese Datenbank kann grundsätzlich zur Berechnung nachstehend aufgeführter und nach Baeumer (1997) definierte Kenngrößen verwendet werden. Mit ihnen kann der Vorschlag von Wetterich (2001), der nicht zwischen Nutz- und Fruchtarten unterschied, künftig noch etwas genauer ausformuliert werden:

- Das **Anbauverhältnis** ist die auf die Betriebsfläche bezogene Konzentration von Nutz- und Fruchtarten.
- Das **Nutzartenverhältnis** quantifiziert den Anteil von Grünland, Ackerland, Sonderkulturen und Brachland an der landwirtschaftlichen Nutzfläche.
- Das **Fruchtartenverhältnis** kennzeichnet die relativen Anteile von Kulturarten des Ackerlandes.
- Die **Fruchtfolge** ist die zeitliche Abfolge des Anbaus von Kulturartengruppen des Ackerlandes (Getreide, Blattfrüchte, Körnerleguminosen, ...)

Wetterich (2001) gibt die Definition der OECD für das Sortenverhältnis.

- Das **Sortenverhältnis** beschreibt den relativen Anteil von Sorten bezogen auf die gesamte Anbaufläche einer Nutz- oder Fruchtart.

Eine Erhöhung der genetischen Vielfalt (Arten und Sorten) reduziert nach gängiger Auffassung die Anfälligkeit des Produktionssystems gegenüber Pflanzenkrankheiten und Schädlinge. Wenn dem so ist, muss die Agrarpolitik durch Steuerungsmaßnahmen ein optimales Anbauverhältnis, Nutzartenverhältnis, Fruchtartenverhältnis, Sortenverhältnis und gesunde Fruchtfolgen anstreben. Interessanterweise wird die „Produktionssicherheit“ von der Pflanzenbauwissenschaft als naturgegebener Ertrag definiert, der auf hohem Niveau schwankt und deshalb insbesondere für Ex- oder Importländer ein Faktor von volkswirtschaftlicher Bedeutung ist (Fischbeck, 1997).

Produktionssicherheit wird nicht unter dem Aspekt der Gefährdung unserer Ernährungsgrundlagen und als schwerwiegendes Risiko der europäischen Agrarproduktion betrachtet.

Da die prozentuale Zusammensetzung angebaute Arten bei steigender Artenzahl nicht nur schwer überschaubar ist, berechnete Wetterich (2001) auf der Grundlage von Daten des Statistischen Bundesamtes den Shannon-Weaver-Index für eine Gruppe von Arten des Acker- und Grünlandes einschließlich einiger Sonderkulturen. Zur Erinnerung: der Shannon-Weaver-Indexwert von 0 kennzeichnet die Monokultur einer Art. Im Zeitraum von 1950 bis 1998 schwankte der Indexwert zwischen ca. 2,4 und 2,7. Mithilfe des Index kann die Entwicklung der Artenvielfalt im Anbau graphisch dargestellt werden, jedoch lässt er nicht erkennen, wie viele Arten im Index berücksichtigt sind.

Aber auch wenn diese Daten zusammen mit dem Index genannt werden, welche Schlussfolgerungen lassen sich daraus ableiten? Gab es in der Periode mit sehr niedrigem Indexwert (1980 bis 1986) Anzeichen für nachlassende Produktivität, Anzeichen für eine Zunahme krankheitsbedingter Ertragsausfälle und damit verbunden eine Zunahme der Produktionskosten durch vermehrten Einsatz von Fungiziden? Wenn dem nicht so ist, kann ein Index von 2,4 im Sinne des WBGU (2000) als die untere Leitplanke für Artenvielfalt im Anbau empfohlen werden, die nicht unterschritten werden sollte? Und welche fachlich fundierten Schlussfolgerungen im Sinne der Politikberatung und Steuerung können wir aus den Beobachtungen der landwirtschaftlichen Erzeugung mit IRENA 25 und ähnlichen Indikatoren ziehen?

Dem Monitoring genetischer Vielfalt fehlt ein Indikationsschema einschließlich klarer, quantifizierter und verifizierbarer Zielsetzungen (Gregorius und Degen, in diesem Band). Der Forschungs- und Beratungsbedarf ist erheblich.

Die Vorteile des Shannon-Weaver-Index für Artenvielfalt wären:

- In der politischen Auseinandersetzung einfach zu handhaben (0= schlecht, >0 erfahrungsgemäß besser). Die genetischen Unterschiede zwischen Arten sind größer als die genetischen Unterschiede innerhalb einer Art. Demgemäß erhöht eine zusätzliche Art die genetische Vielfalt im Anbau stärker als eine zusätzliche Sorte.

- Summarische Angaben sind für Deutschland möglich. Der Indikator eignet sich deshalb für Berichte an die OECD.
- Der Indikator hat einen Bezug zur landwirtschaftlichen Praxis und zu staatlichen Steuerungsmaßnahmen.

Die Nachteile des Indikators sind:

- Daten sind nur zu den Hauptfruchtarten verfügbar. Allerdings haben Arten mit geringem Anbauumfang nur einen marginalen Einfluss auf diesen Artenvielfaltsindex. Nach Meul *et al.* (2005) nahm der Index im Zeitraum von 1951 bis 2002 trotz einer Zunahme der Fruchtartenzahl von 67 auf 101 in Flandern leicht ab. Mit hohem Förderaufwand re-etablierte Kulturpflanzen (z.B. Leindotter) würde danach die Artenvielfalt zwar lokal erhöhen. Ihr Anbau hätte aber bezogen auf die gesamte Bundesrepublik Deutschland keinen nennenswerten Effekt auf den Artenvielfaltsindex.
- Der Indikator hat keinen regionalen Bezug. Eine hohe Anzahl von Kulturarten bedeutet nicht zwangsläufig, dass diese an die regionalen Anbaubedingungen optimal angepasst sind. Zudem kann eine hohe Artenvielfalt in einer Region negative Folgen geringerer Artenvielfalt in einer anderen Region nicht kompensieren.

Optimierung

Namen zugelassener Sorten sagen immerhin etwas über ihre phänotypischen und genetischen Eigenschaften aus: Sorten sind unterscheidbar und die Unterscheidbarkeit wird stabil vererbt. Namen sagen jedoch nichts über den Grad der genetischen Verwandtschaft von Sorten aus. Aussagen über die Spannbreite sowie die zeitliche und räumliche Verteilung genetischer Vielfalt im Anbau können daher nur auf der Grundlage genetischer Messgrößen getroffen werden.

Stehno *et al.* (2003) untersuchten die Entwicklung genetischer Vielfalt im tschechischen Winterweizen für den Zeitraum von 1919 - 2001. Sie schlussfolgerten, dass die genetische Vielfalt in diesem Sortiment in den letzten Jahrzehnten zunahm und deshalb der Züchtungsfortschritt nicht gefährdet ist.

Fünf Aspekte sind in Zusammenhang mit dieser Publikation interessant:

- Erstens, Landsorten gingen in dem Beobachtungszeitraum verloren. Der Verlust wurde anscheinend durch die Einkreuzung nicht-tschechischer Sorten im Verlauf der Jahre kompensiert.
- Zweitens, Züchtung jedweder Art, auch die Entwicklung von Regional- oder Landsorten, lässt sich als ein offenes dynamisches System beschreiben, in das Material zufließt und abfließt (Louette, 1999).
- Drittens, da Züchter in einem oder mehreren Merkmalen verschiedenes Material miteinander kreuzen um neue Variabilität herzustellen, kann man davon ausgehen, dass eine Stammbaumanalyse ein Näherungsmaß für genetische Vielfalt im aktuellen Material ergibt.
- Viertens, Voraussetzung für Stammbaumanalysen ist eine möglichst lückenlose Abstammungsaufzeichnung. Bei Weizen⁴ stellte die tschechische Genbank die erforderlichen Daten zur Verfügung. Bei Gerste⁵ führen die Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft und bei Hafer⁶ das *Agriculture and Agri-Food Canada* ähnliche Datenbanken. Bei vielen Kulturarten, insbesondere den fremdbefruchtenden landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Arten, fehlen derartige Aufzeichnungen. Mithin sind Stammbaumanalysen nur bei sehr wenigen allerdings wirtschaftlich sehr bedeutenden Fruchtarten möglich.
- Fünftens, zur Messung der tatsächlich im aktuellen Material vorliegenden Vielfalt wäre eine Bestimmung der genetischen Distanz mit Hilfe molekularer Marker notwendig. Diese Technologie wird seit mindestens 15 Jahren zur Beschreibung genetischer Distanzen in der Pflanzentaxonomie und Pflanzengenetik eingesetzt.

Rieck *et al.* (2001), beispielweise, verwendeten AFLP *Fingerprint*-Analysen zur Unterscheidung von Zuckerrübenhybridsorten. Sie untersuchten 15 Sorten, 30 Pflanzen pro Sorte aus drei Aufwuchsjahren, mithin 1350 Einzelpflanzen und kamen zu dem Ergebnis, das AFLP Marker als zusätzliches Unterscheidungskriterium in der Sortenprüfung und

Sortenerkennung verwendet werden können. Falls die Analyse genetischer Marker künftig Bestandteil der Sortenzulassung würde, könnten die dann ohnehin anfallenden Daten auch zum Zweck des genetischen Monitorings verwendet werden. Eine Optimierung des Indikators IRENA 25 durch Stammbaumanalysen oder mittels Bestimmung genetischer Distanzen ist demnach für einige Kulturarten möglich.

Einschränkend geben Rieck *et al.* (2001) jedoch zu Bedenken, dass diese Marker nichts über die Eigenschaften von Sorten aussagen. Dies ist ein entscheidender Hinweis, denn der Nutzen einer Sorte leitet sich nicht aus der verwandtschaftlichen Nähe oder Ferne zu anderen Sorten ab. Vielmehr ist entscheidend, ob eine Sorte für den vorgesehenen Zweck optimal geeignet und an die Anbaubedingungen angepasst ist. Die Anbaueignung ermitteln Landwirte in sogenannten Ringversuchen oftmals in Zusammenarbeit mit Landwirtschaftskammern, die auf Grundlage der Anbauversuche Anbauempfehlungen aussprechen. Genetische Distanzen spielen dabei überhaupt keine Rolle.

Die von Wetterich (2001) diskutierten Schwächen des Indikators IRENA 25 „Sortenvielfalt“ bedürfen einer weiteren Betrachtung. Seine Kritik betrifft auch die Frage, ob wir mit genetischer Vielfalt in der Züchtung schonend umgehen und den Genpool einer Art nachhaltig bewirtschaften. Während steuernde Eingriffe des Staates im Bereich der Artenvielfalt nicht nur denkbar sind, sondern auch tatsächlich stattfinden, so z.B. durch Förderung des Industrie- und Energiepflanzenbau mit Beginn der 1980er Jahre, erscheint eine staatliche Einflussnahme auf die Sortenwahl des Landwirtes unter den Bedingungen der freien Marktwirtschaft als unwahrscheinlich, denn sie beträfe die unmittelbaren, dem Aussaat- und Anbauzeitraum nahestehenden wirtschaftlichen Entscheidungsprozesse. Staatliche Einflussmöglichkeiten bestehen jedoch im Rahmen der Sortenzulassung. Hier könnte der Staat z.B. durch Aufnahme von „Vielfaltskriterien“ in den landeskulturellen Wert das dem Landwirt zur Verfügung stehende Sortenangebot mit beeinflussen. Dennoch ist auch ein optimiertes Monitoring angebaute Sorten (aktuelle Ressource) generell nur dann zielführend, wenn damit aktives Handeln verknüpft ist.

⁴ <http://genbank.vurv.cz/wheat/pedigree/pedigree.asp>

⁵ <http://www.lfl.bayern.de/ipz/gerste/09740/gerstenstamm.php>

⁶ http://avena.agr.gc.ca/OGIS/index_e.php

Weiterentwicklung

Was der Staat sehr wohl beurteilen muss, ist die Frage der nachhaltigen Verwendung pflanzengenetischer Ressourcen in der Züchtung. Die Pflanzenzüchtung kann indirekt über die staatliche Züchtungsforschung gesteuert werden. Wie bereits eingangs erwähnt, lassen sich Züchtungsprodukte und -materialien vereinfacht dargestellt in drei Kategorien ordnen.

1. Sorten sind das fertige Endprodukt der Züchtung. Durch den Anbau von Sorten werden genetische Ressourcen genutzt (aktuelle Ressource).
2. Für die Sortenentwicklung stehen der Züchtung Basispopulationen z.B. aus rekurrenten Selektionsprogrammen (geplante Ressource) zur Verfügung.
3. In Genbanken konservierte genetische Ressourcen sowie im natürlichen Habitat vorkommende Wildarten (latente Ressourcen) sind der Ursprung aller Kulturformen und zugleich genetisches Reservoir für die Züchtung.

Der zweite, zentrale Bereich zeichnet sich durch Zuflüsse (Einkreuzung von Wildformen) und Abflüsse (genetische Erosion innerhalb der domestizierten Art) aus. Er ist jedoch entscheidend für das Anpassungsvermögen von Kulturarten an veränderte Rahmenbedingungen und ein Staat sollte deshalb wissen wollen, ob dieser zentrale Bereich funktionsfähig ist und der Züchtung erlaubt, neu auftretende Probleme in der Agrarproduktion schnell genug zu lösen. Konzentrieren wir uns also auf den zweiten Bereich.

Die Zersiedelung unserer Landschaft oder Änderungen in der Landnutzung können die genetische Vielfalt innerhalb einer Art nachteilig beeinflussen (Poschlod *et al.*, 2000; Rosenthal, 2003). Es besteht daher die Notwendigkeit zur Vorhersage und Beobachtung des Genflusses zwischen Populationen einer Art. Voraussetzung hierfür sind Kenntnisse der genetischen Struktur von Populationen, die auch wertvolle Erkenntnisse über ökologische Prozesse an den natürlichen Standorten wie Besiedlung, Ausbreitung und Auslöschung liefern (Avice, 1994; Gliddon, 1994). Wildpopulationen, insbesondere solche in einem dynamischen Habitat mit wiederkehrenden Auslöschungen von Pflanzengruppen und Neuansiedelungen, weisen eine Meta-Populationsstruktur auf (Raybould *et al.*, 1996). Auch Landsorten besitzen eine Meta-Populationsstruktur (Louette, 1999). Den traditionellen

Saatgutversorgungssystemen zugrunde liegende genetische Prozesse unterscheiden sich nicht grundsätzlich von genetischen Prozessen in der heutigen konventionellen Pflanzenzüchtung, die Sorten oder Zuchtstämme konkurrierender Betriebe als Kreuzungspartner verwendet. So gesehen besitzt auch die heutige Pflanzenzüchtung eine Meta-Populationsstruktur, die sich mithilfe genetischer Marker beschreiben lässt. Eine Aufgabe des genetischen Monitorings bei landwirtschaftlich genutzten Pflanzenarten könnte darin bestehen, in regelmäßigen Abständen⁷ diese Populationsstruktur zu erfassen, die genetischen Trends zu analysieren und im Sinne der Politikberatung zu bewerten. Wie die Arbeiten von Fischbeck (1992) und Ordon *et al.* (2005) zeigen, besitzt die Züchtungsforschung ein Eigeninteresse an solchen Untersuchungen, auch wenn diese noch nicht als genetische Dauerbeobachtung verstanden werden bzw. in ein Indikationsschema analog zur Forstgenetik (Gregorius und Degen, in diesem Band) eingebunden sind. Mit Markern im nicht-kodierenden Bereich, wenn sie eng mit Eigenschaften gekoppelt sind, lassen sich langfristige Entwicklungen im Sortenzüchtungsprozess sichtbar machen. So fanden Ordon *et al.* (2005) bei Gerstensorten eine Abnahme der allelischen Variante 166 bp bei gleichzeitiger Zunahme der Varianten 145 und 148 bp des SSR Markers Bmac29. Die allelischen Varianten 145 und 148 bp indizieren die Vergilbungsmosaikresistenzgene *rym4* bzw. *rym5*, während die Variante 166 bp mit der Anfälligkeit gekoppelt ist (Graner *et al.*, 1999). Mit diesem Markersystem lässt sich die An- oder Abwesenheit einer einzelnen Eigenschaft im Sorten- und Zuchtmaterial rückblickend für einen Zeitausschnitt von 25 Jahren beschreiben.

Resistenzgene, vor allem wenn diese monogen vererbt werden, lassen sich relativ schnell aus genetischen Ressourcen in Sortenmaterial überführen. Anders verhält es sich mit jenen Eigenschaften, die im Stoffwechsel Schlüsselfunktion einnehmen und dem so genannten genetischen Hintergrund zuzuordnen sind, wie Phosphatasen, Aminopeptidasen, Dehydrogenasen und weitere. Sie sind variabel (z.B. Letschert, 1993; Loos, 1994) und spielen eine Rolle bei der Ertragsbildung. Aus Szenarien der Klimaforschung wird abgeleitet, dass im Zeitraum 2020 - 2050 Trockenstress in bedeutenden Zuckerrübenanbauregionen wie dem Pariser Becken oder im Südosten Englands

⁷ Die Züchtung einer neuen Sorte nimmt durchschnittlich 10 Jahre in Anspruch. Genetisches Monitoring könnte in ähnlichen Intervallen vorgenommen werden.

zunehmen und den Ertrag beeinträchtigen wird. In den betroffenen Gebieten werden vor allem die jährlichen Ertragsschwankungen stark zunehmen (Pidgeon *et al.*, 2000). Zum Vergleich: die Entwicklung der Kulturform „Zuckerrübe“ begann vor rund 250 Jahren. Die Frage ist, ob Pflanzenzüchtung, von Natur aus langsam, auf Klimaänderungen, deren Richtung sich noch nicht einmal sicher vorhersagen lässt,

mit genügend Anpassungspotenzial in den Zuchtsortimenten angemessen reagieren kann. Verfügen also Zuchtsortimente über genügend genetische Variabilität bei adaptiven Merkmalen? Bereits Fischbeck (1992) führt aus, dass anhand von RFLP Markern bestimmte und den Nutzungsgruppen richtig zugeordnete Gerstensorten nicht als Beweis für eine Differenzierung in adaptive Genkomplexe gelten kann. Wir wissen nicht sicher, ob Zuchtsortimente über genügend Variabilität bei adaptiven Merkmalen verfügen. Es besteht demzufolge Forschungsbedarf.

Genetisches Monitoring sollte sich neben der Beobachtung des Genflusses im Bereich der latenten und geplanten Ressourcen vor allem mit adaptiven Merkmalen befassen, die bei der Anpassung von Pflanzen an veränderte Umweltbedingungen eine Rolle spielen.

Der ideale genetische Marker zur Beurteilung genetischer Variabilität bei adaptiven Merkmalen hätte folgende Eigenschaften (Gonzalez-Martinez *et al.*, 2006):

- Unmittelbare Beteiligung an der genetischen Kontrolle eines adaptiven Merkmals
- Bekannte DNA-Sequenz und Funktion
- Leicht zu identifizierende allelische Variation.

Wie groß müsste der Züchtungspool einer Kulturart insgesamt sein, damit alle heutigen und künftigen Anpassungen durch Selektion möglich sind und wie könnten wir diese Größe messend erfassen? Wenn wir etwas steuern wollen, und mit diesem Anspruch diskutieren wir Monitoring, müssen wir den Ist- und Sollzustand eines Genpools bestimmen, d.h. die Vielfalt genetisch bedingter für das Produktionspotential, die Produktionssicherheit und die Qualität unverzichtbare genetisch determinierte Grundfunktionen. Und hier beginnen die Schwierigkeiten des genetischen Monitorings bei Kulturarten, denn es gibt keine universellen Stellgrößen, die wir beeinflussen können, sondern nur für jede Fruchtart spezifische Eigenschaften wie das β -Amylase-Gen bei Gerste (*Bmy1*), das Malysheva-Otto und Roder

(2006) untersuchten. In einer Sammlung von 493 Akzessionen konnten 6 Haplotypen⁸ des Gens identifiziert werden, wovon 4 Haplotypen 91,6% der untersuchten Muster zuzuordnen waren.

Nach Kilian *et al.* (2006), die sieben für den Stoffwechsel wichtige Enzyme untersuchten, gelangten im Verlauf der Domestikation der Gerste 17 von insgesamt 70 Haplotypen in den Züchtungspool. Den Verlust erklären die Autoren durch Flaschenhalseffekte während des Domestikationsprozesses. Die latente und geplante genetische Vielfalt betrüge danach 70 Haplotypen. Ähnliche Befunde publizierten Hamblin *et al.* (2006) über *Sorghum bicolor*, dessen Vorfahren ebenfalls eine größere Haplotypenvielfalt aufweisen. Dank dieser Arbeiten erhalten wir eine merkmalspezifische Vorstellung über die Größe eines Genpools. Genetisches Monitoring am konkreten Beispiel der Gerste könnte dazu dienen bei 7 Loci in der Summe 17 Haplotypen im Zuchtsortiment, sowie in der Wildgerste *Hordeum spontaneum* gefundene 53 zusätzliche Haplotypen im natürlichen Verbreitungsareal zu halten.

Der größere Teil genetischer Diversität liegt sowohl bei Gerste wie auch Sorghum außerhalb des Züchtungspools. Dieser Befund unterstreicht die Bedeutung der *In-situ*-Erhaltung von Arten, die mit der Kulturart verwandt sind. Für diese Artengruppe wurde im EU Projekt „European Crop Wild Relatives Diversity Assessment and Conservation Forum“ das Konzept des „genetischen Schutzgebietes“ weiter ausgearbeitet. Hierbei handelt es sich um mehr oder weniger kleine Teilareale im Verbreitungsgebiet einer Wildart, die zum Zweck der langfristigen Erhaltung genetischer Vielfalt bewirtschaftet werden (Maxted *et al.*, 1997). Das Hauptziel besteht in der Sicherung eines Maximums an genetischer Diversität im natürlichen Verbreitungsareal mit einer minimalen Anzahl und Größe „genetischer Schutzgebiete“. Angesichts der großen Zahl von Wildpflanzenarten in der Kategorie pflanzengenetische Ressourcen für Ernährung und Landwirtschaft, ist eine Priorisierung von Erhaltungsmaßnahmen zwingend notwendig. Nach Ford-Lloyd *et al.* (2007) kämen 11 von 14 Wildrübenarten (*Beta sp.*) für ein gezieltes Populationsmanagement in „genetischen Schutzgebieten“ infrage. Empfehlungen zum Management der Standorte orientieren sich dabei am *Driver-Pressure-State-Impact-Response* (DPSIR) Modell nach Turner *et al.* (1998).

⁸ Nach Primrose (1996), Genomanalyse: „Ein Haplotyp ist eine Kombination von Allelen an gekoppelten Loci.“

Neben einem demographischen und ökologischen Monitoring schlugen Maxted *et al.* (1997) genetisches Monitoring vor. Ein schlüssiges Gesamtkonzept für genetisches Monitoring in Wildpopulationen fehlt allerdings noch und die Gründe hierfür sind:

- ungeklärte Zuständigkeit (Naturschutz, Landwirtschaft, Bundesbehörden, Länderbehörden)
- ungeklärte methodisch/analytische Fragen
- ungeklärte Fragen hinsichtlich der Priorisierung von Arten und Populationen
- kein Mechanismus für europäische Abstimmung von Maßnahmen
- große Unsicherheit hinsichtlich der erforderlichen bzw. verfügbaren personellen Kapazitäten.

Schlussfolgerungen

Der Nutzen von IRENA 25 in der heutigen Definition muss neu bewertet werden, denn Sortennamen sagen wenig über genetische Unterschiede zwischen Sorten und vor allem nichts über die Intaktheit und die Leistungsfähigkeit des genetischen Systems „Kulturpflanzenzüchtung“ aus. Die Leistungsfähigkeit des genetischen Systems bestimmt das Produktionsniveau, die Produktionssicherheit und die Produktqualität angebaute Sorten. Genetisches Monitoring soll den Zustand eines genetischen Systems erfassen, Entwicklungstrends sichtbar machen und vor allem Regelmechanismen aufzeigen, mit deren Hilfe sich das System steuern lässt.

Die Steuerungsmöglichkeiten des Staates sind zu grob und zu träge als dass sie intraspezifische Vielfalt, die Sortenvielfalt, im Anbau zielgerichtet fördern können. Hier muss sich der Staat auf die bereits wirksamen Regelmechanismen der Wirtschaft verlassen. Die teilweise kurze Lebensdauer von Sorten zeigt, dass Landwirte und Gärtner sehr schnell auf das Angebot verbesserter Sorten reagieren. Eine Förderung der genetischen Vielfalt im Anbau auf der nächsten höheren Skalenebene, der Artebene, ist dagegen durch agrarpolitische Entscheidungen sehr wohl möglich und wird auch praktiziert. Die Förderung eines extensiven Flachsbaus würde beispielsweise zum Erhalt der entsprechenden Ackerbegleitflora wie *Papaver rhoeas*, *Centaurea cyanus*, *Agrostemma githago* und *Adonis aestivales* (Szabelak, 2001),

der verstärkte Anbau von Hafer zum Schutz der Feldlerche (Wuntke *et al.*, in diesem Band) beitragen, Anreizsysteme für vernachlässigte Kulturarten wie Leindotter, Hirse oder Wicken diesen eine neue Chance eröffnen, mithin interspezifische und mit ihnen assoziierte biologische Vielfalt zumindest lokal im Agroökosystem halten. Eine methodische Grundlage für entsprechende Förderungsmaßnahmen beinhaltet unter anderem das Konzept „Rote Liste für gefährdete Kulturpflanzen in Deutschland“ (Vögel *et al.*, 2006).

Dieses Monitoring- und Schutzkonzept verwendet taxonomische Einheiten, die nach den internationalen Nomenklaturregeln definiert werden. Das WBGU (2000) orientiert sich dagegen am Konzept der Mindestpopulationsgröße (MVP - minimal viable population, siehe Einleitung). Beiden Ansätzen liegen sehr verschiedene Artkonzepte zugrunde, die hier nicht zu diskutieren sind. In der Biologie werden etwa 14 verschiedene Artkonzepte mit unterschiedlichen Ontologien diskutiert (de Queiroz, 2005; Moritz, 1994). Es ist demzufolge wichtig, die Objekte des „Genetischen Monitoring bei landwirtschaftlichen Kulturpflanzen und mit ihnen verwandte Wildarten“ klar zu definieren. Nur so lässt sich das genetische System „Kulturpflanzenzüchtung“ richtig und vollständig beschreiben.

Genetisches Monitoring allein zur Steuerung der Sortenvielfalt im Anbau (aktuelle Ressource) ist keine realistische Zielsetzung. Die Erhaltung genetischer Vielfalt einer Kulturart in Sammlungen, im natürlichen Lebensraum der verwandten Wildarten und im Züchtungsprozess (latente und geplante Ressource) kann dagegen sehr wohl durch den Staat, z.B. durch Kapazitätsaufbau oder -abbau bei Genbanken, in der Ressortforschung und universitären Züchtungsforschung, beeinflusst werden und hierfür sind auch entsprechende Monitoringwerkzeuge zu entwickeln. So gesehen sind die vorgesehenen Einsparungen im Bereich der Züchtungsforschung des BMELV geradezu kontraproduktiv.

Lange Handlungszeiträume kennzeichnen Maßnahmen zur Sicherung und Nutzbarmachung genetischer Ressourcen und erlauben eine Zustandsbeschreibung des genetischen Systems „Kulturpflanzenzüchtung“. Nach der Bestimmung eines Ist-Zustandes für latente und geplante Ressourcen kann auch ihr Soll-Zustand definiert und ein Indikationsschema entwickelt werden.

Die Entwicklung eines Indikationsschemas für das genetische System „Kulturpflanzenzüchtung“ in Anlehnung an das genetische Monitoring in der Forstwirtschaft wäre eine Aufgabe der Züchtungsforschung.

Danksagung

Entscheidende Denkanstöße für die Ausarbeitung dieses Beitrages erhielten die Autoren während einer Arbeitsgruppensitzung zum Thema „Genetisches Monitoring landwirtschaftlicher und gartenbaulicher Kulturpflanzen“ in Braunschweig am 31.08.2006 von Herrn H.-R. Gregorius und W. Durka. Sehr hilfreiche weitere Kommentare übermittelten Herr Gregorius und Herr J. Engels während der Ausarbeitung des Manuskriptes. Allen Kollegen sei hierfür herzlichst gedankt. Als außerordentlich nützlich erwiesen sich darüber hinaus Diskussionen über Grundprinzipien zu Schutz und Nutzung von Biodiversität als Lebensgrundlage im Beirat für Biodiversität und genetische Ressourcen beim BMELV.

Literatur

Anonym (2001) *Communication from the Commission to the Council and the European Parliament. Biodiversity Action Plan for Agriculture. Document COM(2001)162 final, Vol. III.*

Anonym (2002) *World Summit on Sustainable Development. Plan of Implementation. Chapter 42.*

Anonym (2006) *Erhaltung und nachhaltige Nutzung agrargenetischer Ressourcen: Fachprogramme als spezifische Instrumente. Empfehlungen des Beirats für Biodiversität und Genetische Ressourcen beim BMELV, 09.11.2006.*

Avise, J.C. (1994) *Molecular Markers, natural history and evolution. Chapman and Hall, New York and London.*

Baeumer, K. (1997) Kapitel 4.1.1 Anbauverhältnis und Fruchtfolge als Elemente des Bodennutzungssystems, S. 185. In: Keller, E.R., Hanus, H. & K.-U. Heyland (Hrsg), *Handbuch des Pflanzenbaus. Grundlagen der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion.* Verlag Eugen Ulmer GmbH, Stuttgart-Hohenheim.

Becker, H. (1993) *Pflanzenzüchtung.* Verlag Eugen Ulmer GmbH, Stuttgart.

EEA (2005). *Agriculture and environment in EU-15 - the IRENA indicator report. EEA Report, No. 6.*

Fischbeck, G. (1992) *Barley cultivar development in Europe - success in the past and possible changes in the future. Seite 885-901 in Munck, L. (ed.) Barley Genetics VI, Vol. II. Munksgaard International Publishers Ltd., Denmark.*

Fischbeck, G. (1997) Kapitel 3.5.3 Ertragsicherheit, S. 161-165 in Keller, E.R., Hanus, H. und K.-U. Heyland (Hrsg), *Handbuch des Pflanzenbaus. Grundlagen der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion.* Verlag Eugen Ulmer GmbH, Stuttgart-Hohenheim.

Ford-Lloyd, B., Maxted, N. & Kell, S. (2007) *Prioritisation of wild Beta species for conservation: the PGR Forum experience.* Im Druck.

Gliddon, C.J. (1994) *The impacts of hybrids between genetically modified crop plants and their related species: biological models and theoretical perspectives.* Mol. Ecol., 3, 41-44.

Gonzalez-Martinez, S.C., Krutovsky, K.V. & Neale, D.B. (2006) *Forest-tree population genomics and adaptive evolution.* New Phytologist 170, 227-238.

Graner, A., Streng, S., Kellermann, A., Schiemann, E., Bauer, R., Waugh, B., Pellio, B. & Ordon, F. (1999) *Molecular mapping of the rym5 locus encoding resistance to different strains of the Barley Yellow Mosaic Virus Complex.* Theor. Appl. Genet. 98, 285-290.

Gregorius, H.-R. & Degen, B. (2007) *Monitoring genetischer Ressourcen - Prinzipien und Methoden.* Dieser Band.

Hamblin, M.T., Casa, A.M., Sun, H., Murray, S.C., Paterson, A.H., Aquandro, C.F. & Kresovich, S. (2006) *Challenges of detecting directional selection after a bottleneck: lessons from Sorghum bicolor.* Genetics 173, 2, 953-964.

- Harlan, J.R. & de Wet, J.M.J. (1971) *Towards a rational classification of cultivated plants. Taxon* 20, 509-517.
- Kilian, B., Ozkan, H., Kohl, J., von Haeseler, A., Barale, F., Deutsch, O., Brandolini, A., Yucel, C., Martin, W. & Salamini, F. (2006) *Haplotype structure at seven barley genes: relevance to gene pool bottlenecks, phylogeny of ear type and site of barley domestication. Molecular Genetics and Genomics* 276,3, 230-241.
- Letschert, J.P.W. (1993) *Beta section Beta: biogeographical patterns of variation and taxonomy. Wageningen Agricultural University Papers*, 93-1.
- Loos, B.P. (1994) *The genus Lolium; taxonomy and genetic resources. Thesis Wageningen*, ISBN 90-73771-11-0.
- Louette, D. (1999) *Traditional management of seed and genetic diversity: what is a landrace? Seite 109-142 in S.B. Brush (edt.), Genes in the field: on-farm conservation of crop diversity. Lewis Publishers, USA.*
- Malysheva-Otto, L.V. & Roder, M.S. (2006) *Haplotype diversity in the endosperm specific beta-amylase gene Bmy1 of cultivated barley (Hordeum vulgare L.). Molecular Breeding* 18, 2, 143-156.
- Maxted, N., Ford-Lloyd, B.V. & Hawkes, J.G. (eds) (1997) *Plant genetic conservation. The in situ approach. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.*
- Mayr, E. (1969) *The biological meaning of species. Biological Journal of the Linnean Society* 1:311-320.
- Meul, M., Nevens, F. & Reheul, D. (2005). *Genetic diversity of agricultural crops in Flanders over the last five decades. Agronomy for Sustainable Development* 25, 4, 491-495.
- Moritz, C. (1994) *Defining "Evolutionarily Significant Units" for conservation. Trends in Ecology and Evolution*, 9:373-375.
- Ordon, F., Ahlemeyer, J., Werner, K., Köhler, W. & Friedt, W. (2005) *Molecular assessment of genetic diversity in winter barley and its use in breeding. Euphytica* 146, 21-38.
- Pidgeon, J.D., Werker, A., Jaggard, K.W., Lister, D.H., Jones & P.D. (2000) *Past, present and future comparative advantage in Europe for sugar beet crop production. Proc. of the 63rd IIRB Congress, February 2000, Interlaken, Switzerland.*
- Poschlod, P., Dannemann, A., Kahmen, S., Melzheimer, V., Biedermann, H., Mengel, C., Neugebauer, K.R. & Pantle, I. (2000) *Gene in der Landschaft, Veränderung der Landnutzung in Mitteleuropa und Auswirkungen auf die genetische Vielfalt von Pflanzen. Schriftenr. Vegetationskunde*, 32, 111-127.
- Queiroz, K. de (2005) *A unified concept of species and its consequences for the future of taxonomy. Proc. of the California Academy of Sciences, series 4, 56 (Supplement I), No. 18, 196-215.*
- Raybould, A.F., Goudet J., Mogg, R.J., Gliddon, C.J. & Gray, A.J. (1996) *Genetic structure of a linear population of Beta vulgaris ssp. maritima (sea beet) revealed by isozyme and RFLP analysis. Heredity* 76, 111-117.
- Rieck, J. de, Calsyn, E., Everaert, I., Bockstaele, E. van & Loose, M. de (2001) *AFLP based alternatives for the assessment of distinctness, uniformity and stability of sugar beet varieties. Theor. Appl. Genet.* 103, 8, 1254-1265.
- Rosenthal, G. (2003) *Bedeutung evolutionsbiologischer Prozesse für Landschaftsplanung und Naturschutz. Natur und Landschaft* 78, 12, 497-506.
- Schnell, F.W. (1982) *A synoptic study of the methods and categories of plant breeding. Z. Pflanzenzüchtung* 89, 1-18.
- Stachow, U. (2003) *Biodiversitätsindikatoren. Vortrag anlässlich der Sitzung der SAG „Biodiversität“ am 26.08.2004 im ATB in Potsdam.*
- Stehno, Z., Dotlacil, L., Faberova, I., Martyno, S. & Dobrotvorskaya, T. (2003) *Genealogical analysis of the genetic diversity in winter wheat cultivars grown in the former Czechoslovakia and the present Czech Republic during 1919-2001. Czech J. Genet. Plant Breed.* 39, 4, 99-108.
- Szabelak, P., (2001) *4. Poland. Pp. 127-172 in Bacon, Ph. (edt.), Influencing agricultural Policy for Biodiversity Conservation. Based on country reports from Czech Republic, Lithuania and Poland. IUCN Office for Central Europe.*
- Turner, R.K., Lorenzoni I., Beaumiont N., Bateman I.J., Langfort I.H. & McDonald, A.I. (1998) *Costal management for sustainable development: analyzing environmental and socio-economic changes on the UK coast. The geographical journal* 164, 269-281.

Vögel, R., Meyer, A. & Götting-Frosinski, J. (2006) Rote Liste für gefährdete Kulturpflanzen - Handlungsmöglichkeiten und ausgewählte Fallbeispiele aus der Region Brandenburg. Fachbeiträge des Landesumweltamtes, Titelreihe, Heft -Nr. 100.

WBGU (2000) Welt im Wandel: Erhaltung und nachhaltige Nutzung der Biosphäre. Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen. Berlin. Springer.

Wetterich, F. (2001) *Biological Diversity of livestock and crops: useful classification and appropriate agri-environmental indicators. Paper presented to the: OECD meeting on agri-biodiversity indicators.* 5-8 November 2001, Zürich, Switzerland.

Wuntke, B., Lutze, G., Voß, M., Kiesel, J., Wieland, R. & Wenkel, K.-O. (2007) Biodiversitätsindikatoren und Biodiversitätsmonitoring für Agrarlandschaften. Dieser Band.

Genetisches Monitoring forstlicher Genressourcen

Genetic monitoring of forest gene resources

Werner D. Maurer¹ und Ralf Kätzel²

Die Autoren widmen diesen Beitrag ihrem im November 2006 verstorbenen Kollegen Professor Dr. Florian Scholz †.

¹ Koordinator der Expertengruppe „Genetisches Monitoring“ in der Bund-Länder-Arbeitsgruppe (BLAG) „Forstliche Genressourcen und Forstsaatgutrecht“;
SGD Süd, Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft (FAWF) Rheinland-Pfalz, Abt. Genressourcen und Forstpflanzenerzeugung, Schloss, D-67705 Trippstadt/Pfalz; werner.maurer@wald-rlp.de

² Vorsitzender der BLAG „Forstliche Genressourcen und Forstsaatgutrecht“; Landesforstanstalt Eberswalde, Alfred-Möller-Straße 1, D-16225 Eberswalde, ralf.kaetzel@lfe-brandenburg.de

Zusammenfassung

Mit der Entwicklung eines Konzepts für ein genetisches Monitoring und der zur praktischen Umsetzung erforderlichen geeigneten wissenschaftlichen Methoden und anzuwendenden Werkzeuge wird eine Intensivierung der Umweltüberwachung im Walde dahingehend angestrebt, dass auch die genetische Ebene als essentielle Säule der Biodiversität zukünftig hierbei mit berücksichtigt werden kann.

Im vorliegenden Beitrag beschreiben die Autoren die Entstehung des genetischen Monitorings und den aktuellen Stand seiner Umsetzung in der Praxis anhand von Fallbeispielen mit forstlichen Gehölzarten.

Angesichts der weiterhin zu erwartenden Umweltveränderungen ist die Integration des genetischen Monitorings in die europäische forstliche Dauerbeobachtung vordringlich zu fordern.

Abstract

The development of a concept of genetic monitoring, suitable scientific methods and practicable tools aims at the intensification of environmental monitoring in forest ecosystems. This is to enable the inclusion of the genetic level as an important component of biodiversity.

In this paper the authors describe the concept of the genetic monitoring and the current state of its implementation by case studies comprising several forest tree species. Facing the environmental changes which are expected to continue, the integration of the genetic monitoring into the permanent forest monitoring on a pan-European level is postulated urgently.

Notwendigkeit der Erarbeitung eines genetischen Monitorings

Das seit Mitte der 1980er Jahre entwickelte forstliche Monitoring war vorranglich auf die Abschätzung der Kronenverlichtung (Level I) und auf die Quantifizierung des Stoffhaushalts in Waldökosystemen unter dem Einfluss von Luftschadstoffen und Witterungsfaktoren (Level II) ausgerichtet. Indikatoren, die Aussagen über die Anpassbarkeit und Anpassungsfähigkeit von Baumpopulationen unter dynamischen Umweltbedingungen ermöglichen, fanden bisher keine Berücksichtigung in der forstlichen Umweltkontrolle. Angesichts des umfangreichen Kenntnisergebnisses der letzten 20 Jahre auf den Gebieten der molekularen Genetik, der Populationsgenetik sowie im Speziellen der Forstgenetik besteht nunmehr die realistische Aussicht, die Lücken des bisherigen forstlichen Monitorings durch genetische Parameter – dem so genannten „Genetischen Monitoring“ – zu schließen.

Im Jahr 2000 bestätigte die Forstchefkonferenz der Bundesländer das neugefasste „Konzept zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung der forstlichen Genressourcen in der Bundesrepublik Deutschland“, das bereits die Entwicklung der Grundlagen für ein genetisches Monitoring im Walde zwingend fordert (Paul *et al.* 2000). Auf dieser Grundlage legte nach mehrjähriger intensiver Vorarbeit die Expertengruppe „Genetisches Monitoring“ im Jahre 2004 im Auftrag der Bund-Länder-Arbeitsgruppe „Forstliche Genressourcen und Forstsaatgutrecht“

das „Konzept zum genetischen Monitoring für Waldbaumarten in der Bundesrepublik Deutschland“ vor (Anonymus 2004; Kätzler *et al.* 2005).

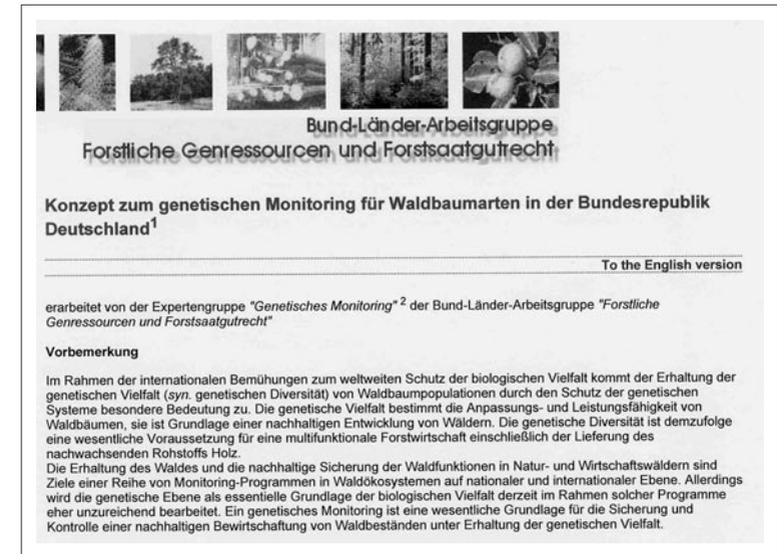


Abb. 1 Auszug aus dem „Konzept zum genetischen Monitoring für Waldbaumarten in der Bundesrepublik Deutschland“

Fig. 1 Excerpt from the "Concept on the Genetic Monitoring for Forest Tree Species in the Federal Republic of Germany" (c.f. <http://www.genres/de/fgtgrdeu/genetisches-monitoring/>)

Mehr noch wird die Umsetzung des genetischen Monitoring-Konzepts als ein wichtiger Schritt zur Realisierung des Übereinkommens über die biologische Vielfalt (ÜBV) betrachtet, welches in Artikel 7b die Überwachung der relevanten Bestandteile der biologischen Vielfalt zwingend fordert (Anonymus 2003).

Bedeutung der genetischen Vielfalt

Die Bedeutung der genetischen Vielfalt als essenzielle Säule der Biodiversität für die langfristige Anpassungsfähigkeit sowie das Überleben von Arten, Populationen und Individuen unter sich ändernden Umweltbedingungen ist zweifelsfrei belegt (Abb. 2); Anonymus 1996). Untersuchungen zur Bewertung der genetischen Vielfalt und der

Funktionsfähigkeit des genetischen Systems in Waldbaumpopulationen dienten bisher allerdings nahezu ausschließlich der statischen Beschreibung des Zustandes zum Untersuchungszeitpunkt.



Abb.2 Zusammenhang zwischen Biodiversität, genetischer Vielfalt und Anpassungsfähigkeit
Fig. 2 Interrelation of biodiversity, genetic diversity and adaptability

Dagegen fehlt es weltweit an langfristigen Beobachtungen der dynamischen Entwicklung der genetischen Systeme über mehrere Waldgenerationen hinweg. Somit füllt das neu geschaffene genetische Monitoring diese Lücke, wie ihm auch eine entscheidende Rolle als Frühwarnsystem für Ökosystemveränderungen zukommt, die erst später auf übergeordneten Monitoringebenen sichtbar werden.

Das Management von Waldökosystemen muss vordringlich auf die Erhaltung der verschiedenen Ökosysteme in unseren Waldlandschaften mit ihrem spezifischen Arteninventar als der höchsten Aggregationsstufe der Biodiversität sowie die nachhaltige Sicherung der Aufgaben und Funktionen der Waldökosysteme ausgerichtet sein.

Um diese verpflichtenden und zukunftsweisenden Vorgaben erreichen zu können, muss an vorderster Stelle die Erhaltung der genetischen Vielfalt der Arten und somit der Schutz der genetischen Systeme der Arten mit der gebotenen Nachhaltigkeit erfolgen.

Wesentliche Ziele des genetischen Monitorings

Diesbezüglich ergeben sich die nachstehend aufgeführten Ziele für ein genetisches Monitoring:

- Bestimmung des Zustands der genetischen Systeme der Waldgehölzarten (siehe Abb. 3);
- Erfassung der Dynamik der Prozesse des genetischen Systems durch Wiederholungsaufnahmen in festgelegten Zeitintervallen;
- Abschätzung von Einflussfaktoren in ihrer Auswirkung auf diese Prozesse;
- Planung und Erfolgskontrolle von Maßnahmen;
- Erstellung von Empfehlungen zum Schutz der genetischen Systeme der Waldgehölzarten.

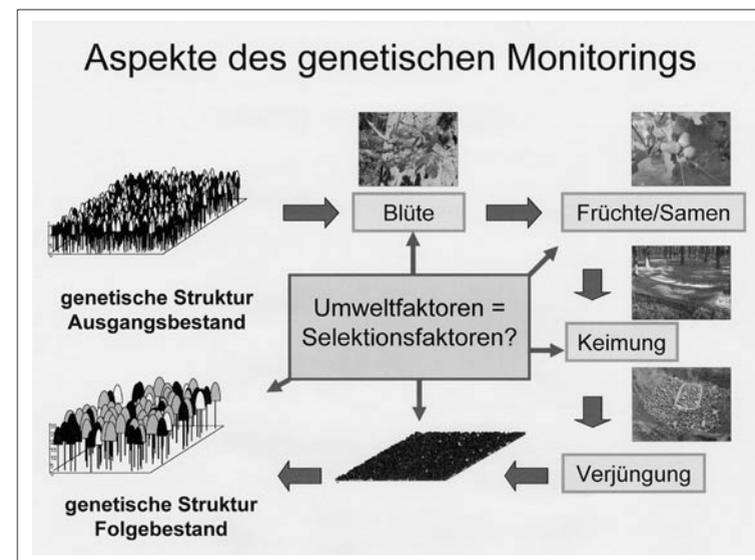


Abb.3 Aspekte des genetischen Monitorings: Phasen des genetischen Systems vom Ausgangsbestand zum Folgebestand
Fig. 3 Aspects of the genetic monitoring: phases of the genetic system from original stand to succeeding stand

Die Betrachtung der jeweiligen genetischer Systeme leistet einen Beitrag zur Abschätzung der Stabilität wie auch der Risikopotenziale der Wälder.

Somit sollen die Ergebnisse des genetischen Monitorings neben der Forstpraxis auch dem Naturschutz und bei der Politikberatung als zielführende Entscheidungshilfen dienen. Gleichfalls müssen diese Ergebnisse in einem engen Informationsaustausch mit anderen Umweltmonitoring-Systemen stehen.

Vorgaben zur Umsetzung des genetischen Monitorings

Das Konzept für ein letztlich langfristig durchzuführendes genetisches Monitoring beinhaltet Vorgaben zur Durchführung des genetischen Monitorings dahingehend, die räumlichen und zeitlichen Veränderungen der genetischen Systeme von Baum- und Strauchgehölzarten anhand bestimmter Kriterien mit relevanten Indikatoren und Verifikatoren zu erfassen (vgl. hierzu auch Namkoong *et al.* 1996).

Als geeignete „Monitoringpopulationen“ sollen insbesondere forstliche Dauerbeobachtungsflächen wie ICP Forest Level-II-Flächen, Naturwälder, FFH-Gebiete und zur Gewinnung von forstlichem Vermehrungsgut qualifizierte Bestände Berücksichtigung finden. Denn für solche bereits eingerichteten Flächen liegen Standort- und Bestandesdaten vor. Gleichfalls können die Ergebnisse der periodischen Erhebungen z.B. zu waldwachstumskundlichen Parametern, zur Vitalität, zur Altersstruktur oder zum Konkurrenzverhalten der Florenelemente in die Gesamtbetrachtung einfließen.

Neben der zunächst einmaligen generationsübergreifenden Erfassung der genetischen Populationsstrukturen mit geeigneten Genmarkern aus der Gruppe der Isoenzym-Genmarker sowie der molekulargenetischen (DNA-)Marker kommt der jährlichen Beobachtung von Indikatoren des genetischen Systems wie der Blüte, Fruktifikation, Phänologie, Verjüngung u.a.m. besondere Bedeutung zu. Durch die Einbeziehung bereits erhobener Umweltfaktoren wie beispielsweise Witterungsparametern und unter Anwendung von genetischen Modellen können Veränderungen der genetischen Strukturen in den Kontext von Ursache-Wirkungsbeziehungen gestellt werden.

Weitere für den forstlichen Bereich relevante Details zum genetischen Monitoring können Maurer (2005) entnommen werden.

Grundsätzliches zum genetischen Monitoring ist zudem bei Gregorius & Degen (2007) im vorliegenden Tagungsberichtsband nachzulesen und soll hier nicht wiederholt werden.

Forschungsprojekte in Verbindung mit dem genetischen Monitoring

In Abb. 4 ist eine schematische Übersicht über den derzeitigen Stand der in verschiedenen Regionen Deutschlands auf Länder- und Bundesebene so weit vorgenommenen wesentlichen Aktivitäten zum genetischen Monitoring dargestellt. Wie aus Abb. 4 hervorgeht, konnten die Verfahren des genetischen Monitorings bisher für die Baumarten Traubeneiche (*Quercus petraea*), Kiefer (*Pinus sylvestris*), Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*), Rotbuche (*Fagus sylvatica*) und Vogelkirsche (*Prunus avium*) im Ansatz getestet werden.

Erste Erfahrungen mit dem genetischen Monitoring wurden solchermassen auf Bundesländerebene in Rheinland-Pfalz mit den Baumarten Rotbuche (Maurer *et al.* 2001; Balcar & Maurer 2004) und Douglasie (Maurer 2006) und in Brandenburg mit den Baumarten Traubeneiche und Kiefer gesammelt. Kürzlich waren auch in Hessen solche Studien an der Rotbuche eingeleitet worden (Gebhardt 2004). Während die in Hessen und Rheinland-Pfalz durchgeführten Studien vorerst nur genetische Untersuchungen beinhalten, werden bei den brandenburgischen Untersuchungen außerdem phänologische und phänotypische Aspekte berücksichtigt.

Bundesweit war 2005 mit dem Projekt „Erfassung und Monitoring der genetischen Diversität in Buchenpopulationen von Level-II-Flächen in verschiedenen Höhenstufenbereichen von Deutschland“ im Rahmen des EU-Programms *Forest Focus* (*Forest Focus* ist eine Gemeinschaftsmaßnahme, die auf ein harmonisiertes, umfassendes und breit angelegtes Langzeit-Monitoring der europäischen Waldökosysteme abzielt) eine Studie mit genetischem Hintergrund auf jeweils einer solchen Dauerbeobachtungsfläche in Bayern, Brandenburg, Hessen und Rheinland-Pfalz initiiert worden.

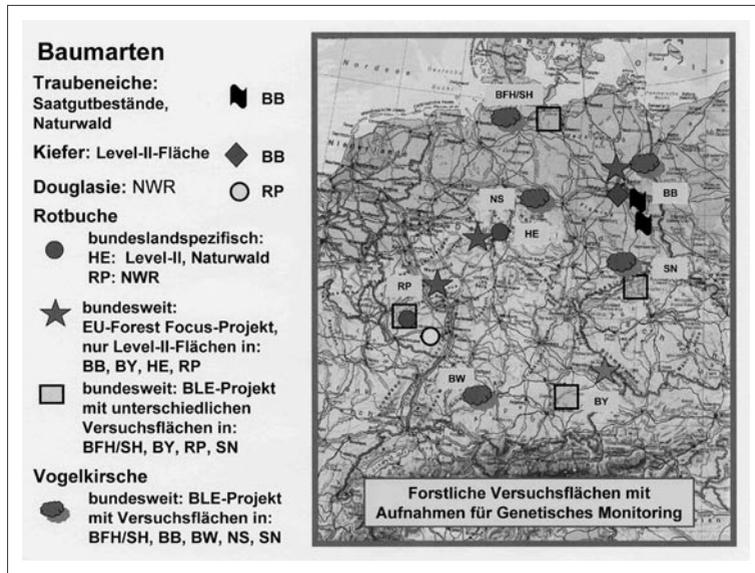


Abb. 4 Versuchsflächen mit Untersuchungen zum genetischen Monitoring auf Länder- und Bundesebene in Deutschland

Fig. 4 Experimental plots including studies on the genetic monitoring on "Länder" and federal level in Germany

Abkürzungen / Abbreviations:

BB: Brandenburg; BFH/SH: Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft Großhansdorf/Schleswig-Holstein / Federal Research Centre for Forestry and Forest Products Großhansdorf/Schleswig-Holstein; BY: Bayern / Bavaria; BW: Baden-Württemberg; HE: Hessen / Hesse; NS: Niedersachsen / Lower Saxony; RP: Rheinland-Pfalz / Rhineland-Palatinate; SN: Sachsen / Saxony; NWR: Naturwaldreservat / nature forest reserve

Mit der Erfassung der genetischen Strukturen zwecks Charakterisierung der derzeit vorhandenen Baumpopulationen wurde auf diesen Flächen ein abgestimmtes genetisches Monitoring eingeleitet, dessen Ziel die Beobachtung von zukünftig zu erwarteten genetischen Strukturveränderungen in den als Wirtschaftswald genutzten Buchenpopulationen ist. Als Beispiel sei hier in Abb. 5 die hessische Buchen-Level-II-Fläche 606 Zierenberg angeführt. Mit der genetischen Identifizierung aller Altbäume ist hier zudem die Prüfung auf Differenzierung der Buchen bezüglich des Untergrunds des Standorts vorgenommen worden, was im Rahmen eines längerfristig durchgeführten genetischen Monitorings von Bedeutung ist. Das von der FAWF Trippstadt in Rheinland-Pfalz koordinierte Gemeinschaftsprojekt findet im Frühjahr 2007 seinen Abschluss.

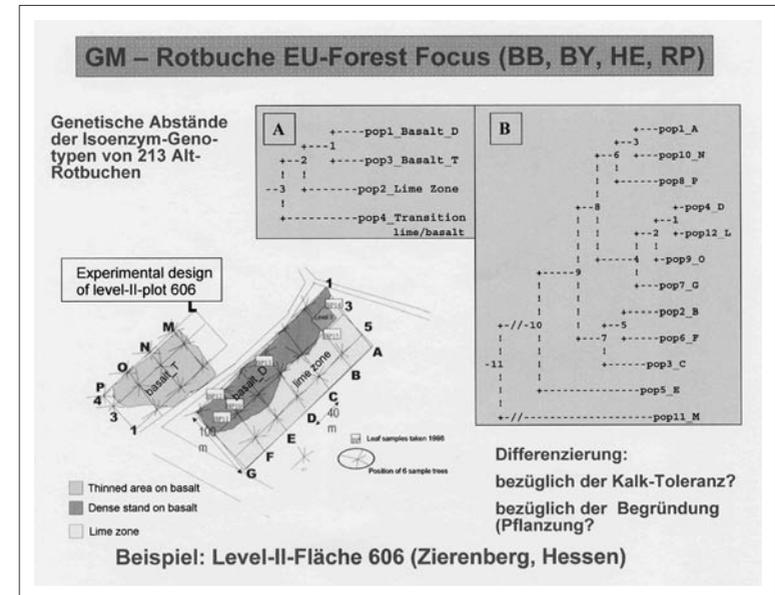


Abb. 5 Beispielhafte genetische Charakterisierung der hessischen Rotbuchen-Level-II-Fläche 606 zur Einleitung eines genetischen Monitorings (Darstellung der genetischen Abstände der Subpopulationen) (Gebhardt 2006)

Fig. 5 Exemplary genetic characterisation of the European beech level-II-plot 606 in Hesse for establishing a genetic monitoring (illustration of the genetic distances of the subpopulations) (Gebhardt 2006)

Von großer Bedeutung ist weiterhin ein von der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) Bonn gefördertes Forschungsprojekt, das derzeit bundesweit auf mehreren verschiedenartigen forstlichen Dauerbeobachtungsflächen durchgeführt wird und ganz gezielt die Umsetzung des von der BLAG-Expertengruppe „Genetisches Monitoring“ erarbeiteten Konzepts zum genetischen Monitoring zum Inhalt hat. Geprüft wird dessen Umsetzbarkeit an den Baumarten Vogelkirsche (*Prunus avium*) (Koordination: BFH Großhansdorf; vgl. hierzu auch Gregorius & Degen 2007) und Rotbuche (*Fagus sylvatica*) (Koordination: Rheinland-Pfalz).

In Abb. 6 sind bezüglich der Baumart Rotbuche die vier beteiligten Institutionen mit den jeweiligen Monitoringflächen aufgeführt. Zur umfassenden Charakterisierung des genetischen Systems sind neben den genetischen Analysen mit Isoenzym- und DNA-Markern an Bucheckern, der Naturverjüngung und den Altbäumen auch phänologische und phänotypische Untersuchungen eingeschlossen.

Konzeption und erste Erfahrungen bei der Umsetzung des genetischen Monitorings mit der Baumart Buche (*Fagus sylvatica*)

Expertengruppe 'Genetisches Monitoring' der Bund-Länder-Arbeitsgruppe (BLAG) 'Forstliche Genressourcen und Forstsaatgutrecht'

Das von der Expertengruppe „Genetisches Monitoring“ erarbeitete „Konzept zum genetischen Monitoring für Waldbaumarten in der Bundesrepublik Deutschland“ schafft den Rahmen zur Durchführung eines genetischen Monitorings (GM), siehe hierzu www.genres.de/fgrdeu/genetisches-monitoring/.

Das GM spielt eine wichtige Rolle als Frühwarnsystem für Ökosystemveränderungen und soll das bisherige Umweltmonitoring um eine wichtige Komponente erweitern. Dazu sind die genetischen Systeme von Baum- und Strauchgehölzarten hinsichtlich ihrer räumlichen und zeitlichen Veränderungen zu erfassen.

In einem ersten Durchlauf soll von den im Konzept enthaltenen Baumarten derzeit u. a. das genetische Monitoring an der Modellbaumart Buche (*Fagus sylvatica*) umgesetzt werden.

Ziel: Erarbeitung von Strategien bzw. Entscheidungshilfen für die Durchführung eines bundesweiten genetischen Monitorings

Durchführung: auf vier vorhandenen Erhebungsflächen, die bereits für andere Monitorings verwendet werden

Untersuchungsmethodik: Erfassung von genetischen Strukturen sowie von phänotypischen und phänologischen Parameter, welche durch die genetischen Systeme bestimmt werden.

Es werden 2006-2007 durchgeführt:

phänologische und phänotypische Untersuchungen zu:

- Austriebsbeginn und -ende
- Austriebsdauer
- Blühverhalten
- Fruktifikationsintensität
- Baumhöhe
- BDH
- soziale Stellung
- Kronenlänge und -durchmesser
- Saatgutbeschaffenheit

genetische Untersuchung mit

- Isoenzym-Genmarkern und
- DNA-Genmarkern an:
 - Samen
 - Naturverjüngung
 - Altbäumen

Die vier Erhebungsflächen liegen im **Norden** (N, Schleswig-Holstein), in der **Mitte** (M, Rheinland-Pfalz), im **Osten** (O, Sachsen) und im **Süden** (S, Bayern) von Deutschland. Sie beinhalten eine ökologisch-genetische Dauerbeobachtungsfläche (N), zwei Naturwaldreservate (M und O) sowie eine Level-II-Fläche (S). – siehe ● in Karte rechts.



Teilnehmer am Projekt „Erfassung der genetischen Struktur der Rotbuche (*Fagus sylvatica*) als Grundlage für ein genetisches Monitoring wichtiger Waldbaumarten in Deutschland“:
FAWF Rheinland-Pfalz Trippstadt (Federführung),
ASP Teisendorf, Staatsbetrieb Sachsenforst Pirna und
Universität Hamburg / BFH Großhansdorf.

Beispiel Erhebungsfläche Mitte: NWR Himbeerberg



Wesentliche Fragestellungen:

Ist die Umsetzbarkeit des Konzepts zum genetischen Monitoring für Waldbaumarten in der BRD für die Baumart Buche gegeben?

Können konkrete Handlungsweisen für ein flächenmäßig erweitertes genetisches Monitoring aus diesem Testlauf abgeleitet werden?

Ist eine Flächenrepräsentanz innerhalb des genetischen Monitorings anzustreben?

Können Empfehlungen für andere Baumarten gegeben werden?

Auf die Projektfinanzierung durch die BLE wird anerkennend hingewiesen.

Kontakt: werner.maurer@wald-rjp.de (Koordination) sowie monika.konner@agp.bayern.de, ute.troebner@smul.sachsen.de, b.degen@holz.uni-hamburg.de bzw. fschoiz@uni-hamburg.de

Abb. 6 Umsetzung des genetischen Monitorings mit der Baumart Rotbuche (*Fagus sylvatica*) (Anonymus 2007)

Fig. 6 Realisation of the genetic monitoring by testing it on the tree species European beech (*Fagus sylvatica*) (Anonymous 2007)

Mit diesem zeitlich allerdings eng begrenzten Projekt soll u.a. geprüft werden, inwieweit die Rotbuche für die Einzelaspekte des genetischen Monitorings geeignet ist und ob aus diesem Testlauf konkrete Handlungsweisen für ein flächenmäßig erweitertes genetisches Monitoring abgeleitet werden können.

Insbesondere soll auch die Möglichkeit geprüft werden, ob sich aufgrund der bei der Durchführung gemachten Erfahrungen Empfehlungen für andere Baumarten geben lassen. Der Abschlussbericht zu diesen umfangreichen Untersuchungen für die Rotbuche wie auch für die Vogelkirsche wird Ende 2007 vorgelegt werden.

Fazit

Vor dem Hintergrund zukünftiger Umweltveränderungen u.a. infolge des weiter fortschreitenden Klimawandels ist die Bewertung der Anpassbarkeit und der Anpassungsfähigkeit von Waldbaumpopulationen zur Abschätzungen der Risikopotenziale dringend erforderlich. Hierzu sind längerfristige Beobachtungen des genetischen Systems insbesondere der langlebigen Waldbaum- und Gehölzarten im Wald-Ökosystem zwingend notwendig. Das Konzept für ein genetisches Monitoring hat hierzu die grundlegenden Rahmenbedingungen geschaffen. Mit den auf einer Reihe von verschiedenartigen Dauerbeobachtungsflächen bundesweit durchgeführten Studien zum genetischen Monitoring werden erste Ergebnisse erwartet, die für die Etablierung eines nicht nur bundesweiten genetischen Monitorings von größter Bedeutung sind. Basierend auf diesen Erfahrungen ist daher das Netzwerk eines europaweiten genetischen Monitors zu fordern und entsprechend vorzubereiten.

BLAG-Expertengruppe „Genetisches Monitoring“

Die Expertengruppe „Genetisches Monitoring“ wurde im Februar 1997 von der vormaligen Bund-Länder-Arbeitsgruppe (BLAG) „Erhaltung forstlicher Genressourcen“ ins Leben gerufen und mit der Konzeption eines genetischen Monitorings beauftragt.

Seither sind bzw. waren die nachstehend genannten Personen Mitglieder der BLAG-Expertengruppe „Genetisches Monitoring“ und haben an der Erstellung des Konzeptes zum genetischen Monitoring mitgearbeitet wie auch externe Experten zur Umsetzung des genetischen Monitorings in die Praxis beratend beigetragen haben (Stand 12/2006):

Koordination

Dr. Werner Maurer, FAWF Rheinland-Pfalz, Trippstadt (seit 2001)
FOR Albrecht Franke, FVA Baden-Württemberg,
Freiburg i. Br. (1997-2001)

Dr. habil. Bernd Degen, BFH Großhansdorf (seit 2005)

Dr. Aikaterini Dounavi, FVA Baden-Württemberg,
Freiburg i. B. (seit 2002)

Dr. Karl Gebhardt, Hessen-Forst, NW-FVA,
Standort Hann. Münden (bis 2006)

Dr. Joachim Heyder, LÖBF Nordrhein-Westfalen,
Forstgenbank Arnsberg

Dr. Alwin Janssen, NW-FVA, Standort Hann. Münden (bis 2002)

Dr. habil. Ralf Kätzel, Landesforstanstalt (LFE) Eberswalde

Dr. Monika Konnert, ASP Teisendorf

Prof. Dr. Florian Scholz, BFH Großhansdorf (bis 2005)

Dr. Wilfried Steiner, NW-FVA, Standort Hann. Münden (seit 2006)

FOR'in Ute Tröber, LB Sachsenforst Pirna (seit 2004)

Externe beratende Experten

Prof. Dr. Erwin Hussendörfer, FH Weihenstephan

Prof. Dr. Michael Köhl, Universität Hamburg

Literatur

Anonymus (1997): Erhaltung der biologischen Vielfalt - Wissenschaftliche Analyse deutscher Beiträge. Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.), S.17ff.

Anonymus (2003): Gesetz zum Übereinkommen über die biologische Vielfalt. Bundesgesetzblatt BGBI II, S. 1741 und Übereinkommen über die biologische Vielfalt, BgBl II, S. 1742-1772.

Anonymus (2004): Konzept zum genetischen Monitoring für Waldbaumarten in der Bundesrepublik Deutschland, erarbeitet von der Expertengruppe „Genetisches Monitoring“, deutsche und englische Version, aktualisiert 2006, siehe unter <http://www.genres.de/fgardeu/genetisches-monitoring/>

Anonymus (2006): Konzeption und erste Erfahrungen bei der Umsetzung des genetischen Monitorings mit der Baumart Buche (*Fagus sylvatica*). In: Ökosystem Wald - Rohstoff Holz - Prinzip Nachhaltigkeit, Tagungsband zur Forstwissenschaftlichen Tagung 2006 Tharandt/Dresden (H. RÖHE & S. BONN, Hrsg.), Kurzfassung zum Poster der Expertengruppe „Genetisches Monitoring“ der BLAG „Forstliche Genressourcen und Forstsaatgutrecht“, S.163.

Balcar, P. & Maurer, W.D. (2004): Möglichkeiten der Generhaltung und genetisches Monitoring in Naturwaldreservaten. In: W.D. Maurer (Hrsg.): Zwei Jahrzehnte Genressourcen-Forschung in Rheinland-Pfalz. Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, Nr. 52/04: S.177-182.

Gebhardt, K. (2004): Genetische Diversität der Buche (*Fagus sylvatica* L.) im hessischen Staatswald. In: (W.D. Maurer, Hrsg.) Zwei Jahrzehnte Genressourcen-Forschung in Rheinland-Pfalz. Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, Nr. 52/04: S.189-196.

Gebhardt, K. (2006): *Genetic differentiation of beech at the level-II-plot 606* (Zierenberg, Hesse). Posterpräsentation beim ICP *Forest Focus* Symposium in Göttingen am 25.-28.10.2006.

Gregorius, H.-R. & Degen, B. (2007): Monitoring genetischer Ressourcen - Prinzipien und Methoden. Agrobiodiversität, dieser Band.

Kätzel, R.; Maurer, W.D.; Konnert, M. & Scholz, F. (2005): Genetisches Monitoring in Wäldern. Forst und Holz, 60. Jg. Nr.5, 179-183.

Maurer, W.D.; Tabel, U.; Hosius, B. & Leinemann, L. (2001): Einleitung eines genetischen Langzeitmonitorings in Rheinland-Pfalz am Beispiel der Buche (*Fagus sylvatica* L.). In: Nachhaltige Nutzung forstgenetischer Ressourcen (LAF Pirna, Hrsg.), Proceedings zur 24. Internationalen Tagung der AG Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung am 14.-16.200 in Pirna, ISBN 3-932967-93-3, S.132-144.S.132-144.

Maurer, W.D. (2005): „Genetisches Langzeitmonitoring im Wald unter Berücksichtigung von *In-situ*- und *Ex-situ*-Erhaltungsmaßnahmen“. *In: Analyse und Bewertung der genetischen Vielfalt in der Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft zur Ableitung von Entscheidungskriterien für Erhaltungsmaßnahmen*. ZADI-Band 24, S.82-90.

Maurer, W.D. (2006): Genetische Untersuchungen am Douglasien-Naturwaldreservat (NWR) Grünberg in Rheinland-Pfalz. *In: Forstliche Genressourcen als Produktionsfaktor*. NW-FVA, Abt. Waldgenressourcen, Standort Hann.-Münden, Hrsg.) Proceedings zur 26. Internationalen Tagung der AG Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung am 20.-22. Oktober 2005 in Fulda, S.180-187.

Namkoong, G.; Boyle, T.; Gregorius, H.-R.; Joly, H.; Savolainen, O.; Wickneswari, R. & Young A. (1996): *Testing criteria and indicators for assessing the sustainability of forest management: Genetic criteria and indicators*. Center for International Forestry Research (CIFOR) Working Paper No. 10, Bogor, Indonesia, 12 pages.

Paul, M.; Hinrichs, T.; Janssen, A.; Schmitt, H.P.; Soppa, B.; Stephan, B.R. & Dörflinger, H. unter Mitarbeit von W. Arenhövel, A. Franke, R. Kätzel, J. Kleinschmit, H.-J. Muhs, E. Natzke, W. Ruetz, W. Schilling & U. Tabel [Bund-Länder-Arbeitsgruppe „Forstliche Genressourcen und Forstsaatgutrecht“ (2000): Konzept zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung forstlicher Genressourcen in der Bundesrepublik Deutschland. Sächsische Landesanstalt für Forsten [LAF] Pirna-Graupa (Hrsg), ISBN 3-932967-25-9, 66 Seiten.

Danksagung

Die Autoren danken Dr. Karl Gebhardt (NW-FVA Standort Hann. Münden) für dessen kollegiale Bereitschaft, die in Abb. 5 gezeigten Daten zur Verfügung zu stellen.

Monitoring der genetischen Vielfalt landwirtschaftlicher Nutztiere auf Grundlage der Zentralen Dokumentation Tiergenetischer Ressourcen - TGRDEU

Monitoring genetic diversity of farm animals based on the Central Documentation of Animal Genetic Resources in Germany

Jörg Bremond

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE),
Informations- und Koordinationszentrum für Biologische Vielfalt (IBV),
Deichmanns Aue 29, 53179 Bonn, joerg.bremond@ble.de

Zusammenfassung

Als nationales Verzeichnis aller Tierzuchtorganisationen sowie der bei diesen geführten Nutztierassen der Tierarten Pferd, Rind, Schwein, Schaf, Ziege, der Geflügelarten (Huhn, Zwerghuhn, Gans, Ente, Pute und Perlhuhn) und der Kaninchen wird in der TGRDEU bereits seit 1997 ein Bestandsmonitoring für die Nutztierassen Pferd, Rind, Schwein, Schaf und Ziege durchgeführt. Dafür werden jährlich die bei den anerkannten Zuchtorganisationen vorliegenden Herdbuchbestandszahlen zur Anzahl weiblicher und männlicher Tiere zusammengetragen. Auf der Grundlage dieser Bestandszahlen wird die „effektive Populationsgröße“ als Maß zur Einschätzung der Bestandsgefährdung berechnet. Die Daten der TGRDEU werden veröffentlicht und auch in internationale Informationssysteme „*Animal Genetic Data Bank*“ der *European Association of Animal Production* (EAAP) und DAD-IS (*Domestic Animal Diversity Information System*) der FAO geliefert.

Mit Hilfe der effektiven Populationsgröße können zwar genauere Aussagen über den Zustand von Populationen als durch das einfache Zählen von Zuchttieren getroffen werden. Ziel ist es jedoch, die effektive Populationsgröße und auch die Inzucht auf der Grundlage zusammengeführter Einzeltier-Zuchtbuchdaten auf Rasseebene zu berechnen. So werden Verwandtschaften und die Dynamik einer aktiven Zuchtpopulation im Monitoring berücksichtigt.

Ziel muss letztlich eine abgestimmte und möglichst EU-weit vergleichbare Berechnung des Gefährdungsstatus sein. Dazu müssen alle relevanten Organisationen, staatliche und nichtstaatliche Stellen und Institute der Tierzuchtwissenschaften in den Prozess eingebunden werden.

Die TGRDEU wird in diesem Zusammenhang als Datenquelle für alle Verfahren und Prozesse eines Monitorings der Agrobiodiversität etabliert und in die europäischen Prozesse zur Beschreibung und Dokumentation der Agrobiodiversität eingebunden. Indikatoren zum Monitoring tiergenetischer Ressourcen auf europäischer Ebene wurden im IRENA-Projekt („Indicator reporting on the integration of environmental concerns into agricultural policy“) entwickelt. Die IRENA-Indikatoren 25.2 und 25.3 sind gegenwärtig die EU-weit vereinbarten Berichtswerte. Dabei beschreibt der Indikator 25.2 die Anzahl der weiblichen und männlichen Zuchttiere einer Rasse und der Indikator 25.3 den Gefährdungsstatus der entsprechenden Rasse. Eine Fortentwicklung dieser Indikatoren findet derzeit im SEBI 2010 - Prozess („Streamlining European 2010 Biodiversity Indicators“) statt. Dabei hat sich bewährt, als Grundlage des Monitorings die in Herdbüchern registrierten Tiere zu verwenden.

Abstract

A national inventory of German animal breeding organisations and the breeds they register has been kept at TGRDEU since 1997. The inventory includes all breeds of the species horse, cattle, pig, sheep, goat, poultry (chicken, bantam, goose, duck, turkey and guinea fowl) and rabbit. To monitor the size of populations the number of male and female herdbook animals is gathered annually. Based on these counts the effective population size is calculated which serves as an indicator for the status of endangerment. The data are published in TGRDEU and are made available to

two international information systems. One is the “Animal Genetic Data Bank” of the European Association of Animal Production (EAAP) and the other is the “Domestic Animal Diversity Information System” (DAD-IS) of the FAO.

The effective population size gives a more detailed picture of the status of a population than simply counting the number of males and females would do. The long-term goal is, however, to calculate effective population size and inbreeding using individual herdbook data. This will allow to take kinship and dynamics of breeding populations into consideration.

To establish a EU-wide comparable calculation of the endangerment status of animal breeds, all relevant organisations, governmental and non-governmental, as well as animal breeding research institutes have to be involved in the co-ordination process.

TGRDEU serves as an important data basis for the monitoring of agrobiodiversity and is integrated into the European processes of characterisation and documentation of agrobiodiversity. Indicators for the monitoring of animal genetic resources in Europe were developed in the IRENA-project (“Indicator reporting on the integration of environmental concerns into agricultural policy“). IRENA indicator 25.2 describes the number of male and female breeding animals and IRENA indicator 25.3 shows the endangerment status of breeds, both have been agreed Europe-wide. These indicators have been taken over by the SEBI-process (“Streamlining European 2010 Biodiversity Indicators“) for further development. Limited consideration of animals registered in herdbooks has proved worth in this context.

Einleitung

Der Begriff des Monitorings lässt sich in vielerlei Richtungen deuten, interpretieren, nutzen, oder verstehen. Im Bereich der Biologie und der artverwandten Wissenschaften bekommt er zwar eine etwas eingeschränktere Bedeutung, dennoch zeigt sich auch hier eine Mannigfaltigkeit an Ideen, Verfahren und Möglichkeiten des Agierens und Reagierens, des Beschreibens und des Gestaltens.

Das Online-Lexikon „Wikipedia“ beschreibt und erläutert den Begriff wie folgt:

- Monitoring ist ein Überbegriff für alle Arten der Erfassung, Beobachtung oder Überwachung eines Vorgangs oder Prozesses mittels technischer Hilfsmittel oder anderer Beobachtungssysteme.
- Ein Monitoringsystem ermöglicht zum Teil auch Eingriffe bzw. Steuerung der betreffenden Prozesse, sofern sich abzeichnet, dass der Prozess nicht den gewünschten Verlauf nimmt.
- In der Ökologie wird der Begriff Biomonitoring (auch Biobeobachtung) für das zeitlich regelmäßig wiederholte Beobachten und Messen („Monitoring“) des Zustandes und Bestandes von Pflanzen und Tieren sowie deren Gemeinschaften verwendet.

In speziellen Fragen der Tierzucht und vor der prinzipiellen Anforderung der Beschreibung des Bereiches der nationalen Tierzucht und eines in diesem Zusammenhang stehenden grundlegenden Monitorings kann und muss der Begriff hingegen weiter spezifiziert werden. Zwei generelle Formen des Monitorings lassen sich dabei nach aktueller Anschauung unterscheiden.

- Bestandsmonitoring
- Populationsmonitoring

Bestandsmonitoring

Das Bestandsmonitoring bezeichnet eine einfache, jedoch wesentliche und daher unverzichtbare Form des Monitorings.

Ein Bestandsmonitoring der in Deutschland gezüchteten Nutztierassen wird bereits seit 1997 durchgeführt. Dieses Monitoring geschieht auf der Grundlage der in übergeordnetem Rahmen gesetzlich geregelten Umsetzung und Durchführung der Tierzucht.

Wesentliche Bereiche der organisierten Tierzucht der Tierarten Pferd, Rind, Schwein, Schaf und Ziege obliegen in Deutschland den Zuständigkeiten der Bundesländer. Ausschließlich die durch die Bundesländer anerkannten Züchtervereinigungen sind berechtigt eine gesetzlich geregelte und ordnungsgemäße Tierzucht zu führen. Dazu zählen exakte Formulierungen und Beschreibungen über Zuchtziele, Zuchtprogramme, Zuchtverfahren und - wesentlich für ein Monitoring - eine eindeutige Identifizierung und Qualifizierung

der Zuchtpopulationen und der Einzeltiere, die von den Landwirten und Züchtern letztlich in das Zuchtprogramm eingebracht werden. Der weitere Rahmen ergibt sich dadurch, dass ein durchgeführtes Zuchtprogramm für eine meist geschlossene Gruppe und Anzahl von Individuen / Einzeltieren gestaltet ist. Die so zusammengefasste Gruppe von Zuchttieren erhält mit einer Benennung bzw. übergeordneten Bezeichnung als „Rasse“ eine zumindest formale und rechtlich beschreibbare Größe. In diesem Organisationsrahmen erfassbare Daten und Informationen sind Basis für ein grundlegendes Monitoring.

Das aktuell in Deutschland durchgeführte Bestandsmonitoring umfasst alle in Deutschland anerkannten Züchtervereinigungen und die von diesen registrierten und gezüchteten Rassen. Bereits seit 1997 werden diesbezüglich kontinuierlich jährlich fortgeschriebene Daten und Informationen erfasst und dokumentiert. Dazu gehören als zentraler Bestandteil auch die von den Züchtervereinigungen herdbuchgeführten Zuchttierbestände der einzelnen Rassen.

Wichtigstes Werkzeug dieser offiziellen Zusammenstellung von Daten und Informationen aus dem Bereich der Tierzucht ist die „Zentrale Dokumentation Tiergenetischer Ressourcen in Deutschland (TGRDEU)“. Diese Dokumentation wurde durch das Informations- und Koordinationszentrum für Biologische Vielfalt (IBV) im Auftrag des heutigen Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) erstellt. Auch weiterhin ist das IBV, als ein Referat der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), mit der Pflege und dem weiteren Ausbau der TGRDEU befasst.

Die TGRDEU ist ein datenbankbasiertes und jederzeit aktuelles Dokumentations- und Informationssystem über den Bereich der organisierten Tierzucht in Deutschland. Die Inhalte werden in der TGRDEU umfassend und objektiv dargestellt. Diese sind mit den Züchtervereinigungen und den staatlichen Stellen der Tierzuchtverwaltungen abgestimmt und bedienen als nationale Daten auch internationale Berichtspflichten. Sie stehen der Welternährungsorganisation der Vereinten Nationen / *Food and Agriculture Organisation of the United Nations* (FAO) für deren *Domestic-Animal-Diversity - Information-System* (DAD-IS) der Europäischen Union sowie der Europäischen Vereinigung für Tierproduktion (EVT) für deren Dokumentationssystem zur Verfügung. Darüber hinaus steht die TGRDEU jedermann zur freien Recherche im Internet (www.genres.de/tgrdeu) zur Verfügung.

Folgende Daten sind in der TGRDEU dokumentiert:

- Registrierung aller anerkannten Züchtervereinigungen für die Tierarten Pferd, Rind, Schwein, Schaf und Ziege in Deutschland.
- Objektive Beschreibung aller in Deutschland geführten Nutztier-rassen der genannten Tierarten.
- Bestandsmonitoring der Haustierrassen in Deutschland.
- Ergänzungen um die Rassen der Tierarten des Geflügels und der Kaninchen.
- Registrierung aller durch die Bundesländer im Rahmen der EU-Verordnung 1257/99 umgesetzten Fördermaßnahmen zur Erhaltung und Nutzung gefährdeter Haustierrassen.
- Gesondert dargestellte Informationen mit besonderer Relevanz bezüglich des Gefährdungstatus von Rassen.

Das mit der Pflege und Aktualisierung der TGRDEU jederzeit aktuell verfügbare Bestandsmonitoring des nationalen Tierzuchtgebietes erlangt nunmehr eine wichtige Bedeutung hinsichtlich der Umsetzung des „Nationalen Fachprogramms zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung tiergenetischer Ressourcen“ (BMELV, 2003) und der Verfolgung seiner formulierten Ziele. Dieses Fachprogramm entstand im Zuge der Erstellung eines „Nationalen Berichtes“ als Zulieferung und nationaler Beitrag zum ersten Weltzustandsbericht zur Situation tiergenetischer Ressourcen, der durch die FAO zur Zeit zusammengestellt wird. (*State of the World* - Prozess der FAO). Mit dem „Nationalen Fachprogramm“ gibt sich die Bundesrepublik selbst einen Auftrag zur Erhaltung und Pflege seiner tiergenetischen Ressourcen. Gemäß der Zuständigkeiten der Länder wurde das „Nationale Fachprogramm“ im Jahr 2003 anlässlich der „Konferenz der Agrarminister des Bundes und der Länder“ (Agrarministerkonferenz) verabschiedet. Als erste Konsequenz konnte sich daraufhin der „Fachbeirat Tiergenetische Ressourcen“ konstituieren. Er vereint Personen aus allen Bereichen der organisierten Tierzucht, der Tierzuchtverwaltung und der Wissenschaft und versteht sich als Mittler zwischen den Zielen des „Nationalen Fachprogramms“ und den umsetzenden Gremien, Institutionen und Personen. Als eine grundlegende Aufgabe des „Nationalen Fachprogramms“ wird das Monitoring genannt, welches sich jedoch ausschließlich auf einheimische Rassen beschränkt.

Damit soll, aufbauend auf den allgemein genannten Zielen eines Monitorings, speziell der Bereich der tiergenetischen Ressourcen beleuchtet werden.

Es sollen jederzeit Aussagen über den Grad der Bestandsbedrohung der Nutztierassen in Deutschland gemacht werden. Die jährlich erfassten Bestandszahlen liefern hierfür die Datengrundlage. Über den Zeitraum von nunmehr fast zehn Jahren können mittlerweile Tendenzen über die Bestandsentwicklung erkannt werden, die es ermöglichen, rechtzeitig eine drohende Bestandsgefährdung zu erkennen und entsprechende Gegenmaßnahmen einzuleiten. Glücklicherweise - und vielleicht auch aufgrund der Tatsache, dass eine aktuelle Dokumentation das Interesse des Staates an seinen tiergenetischen Ressourcen dokumentiert - ist in den letzten 30 Jahren keine Nutztier-rasse mehr in Deutschland ausgestorben.

Wie schon erwähnt, ist das Monitoring als Ziel des „Nationalen Fachprogramms“ genannt. Unter dieser Aufgabenstellung werden nunmehr die in der TGRDEU dokumentierten Bestandszahlen einer erweiterten Form des Monitorings zur Verfügung gestellt.

Das „Nationale Fachprogramm“ berücksichtigt nunmehr nicht ausschließlich die Bestandsgrößen der einzelnen Rassen / Populationen, sondern bedient sich des populationsgenetischen Parameters der „effektiven Populationsgröße“ (N_e). Mit der Berechnung dieses Parameters können, wenn auch nur annähernd, die realen Situationen in Nutztierpopulationen besser berücksichtigt werden. Insbesondere der verstärkte Zuchteinsatz speziell geprüfter und selektierter Vartiere begründet eine starke Selektionsintensität und dadurch begründet ein ungleichgewichtiges Geschlechterverhältnis und damit weiterhin eine verstärkte Weitergabe der Gene eines Einzeltieres, also auch eine Verdrängung vorhandener Vielfalt.

Mit der einfachen Formel (1) lässt sich die effektive Populationsgröße als Basisgröße ermitteln, wohlwissend, dass diese Berechnung nur in Ansätzen den tatsächlichen Zustand einer Population beschreiben kann, da wesentliche populationsspezifische Gegebenheiten in dieser Formel nicht berücksichtigt werden können.

$$\text{Effektive Populationsgröße } (N_e) = \frac{4 \cdot m \cdot f}{(m+f)} \quad (1)$$

m = Anzahl männlicher Zuchttiere, f = Anzahl weiblicher Zuchttiere

Dennoch ist diese Vorgehensweise im „Nationalen Fachprogramm“ vereinbart und verbindlich vorgegeben.

Um eine weiterführende Qualifizierung der Nutztierpopulationen vorzunehmen, sieht das „Nationale Fachprogramm“ die Kategorisierungen der Tabelle 1 vor. Das Kriterium zur Einstufung einer Rasse ist ausschließlich der ermittelte Wert der effektiven Populationsgröße.

Tab. 1 Kategorien der Gefährdung basierend auf der effektiven Populationsgröße

Tab. 1 Categories of endangerment based on the effective population size

Kategorie	ermittelter Wert der effektiven Populationsgröße (Basis TGRDEU)
phänotypische Erhaltungspopulation (PERH)	Ne < 50
ERH, Erhaltungspopulation (ERH)	Ne zwischen 50 und <200
Beobachtungspopulation (BEO)	Ne zwischen 200 und 1000
nicht gefährdete Population (NG)	Ne >1000

Die Feststellung des Gefährdungsstatus der einheimischen Nutztierpopulationen auf dieser Basis und die Einstufung in die genannten Kategorien war eine der ersten Aktivitäten des „Fachbeirates Tiergenetische Ressourcen“. Die für die Berechnung der effektiven Populationsgröße notwendigen Daten wurden und werden weiterhin durch die in der TGRDEU dokumentierten Bestandszahlen geliefert. Im November 2003 konnte der „Fachbeirat Tiergenetische Ressourcen“ damit eine „Liste der Tiergenetischen Ressourcen für Ernährung und Landwirtschaft in Deutschland, das Verzeichnis einheimischer Nutztierpopulationen mit Einstufung in Kategorien der Bestandsgefährdung“ verabschieden.

In Tabelle 2 findet sich eine aktuelle Übersicht, wie viele Rassen den jeweiligen Kategorien zugeordnet werden. Diese Zusammenstellung wird im Rahmen des Bestandsmonitorings regelmäßig überprüft und aktualisiert.

Tab. 2 Gefährdungsstand der Nutztierpopulationen in Deutschland

Tab. 2 Status of endangerment of breeds in Germany

	einheimische Rassen	Erhaltungspopulationen (PERH / ERH)	Beobachtungspopulationen (BEO)	nicht gefährdete Populationen (NG)
Pferd	13	9	1	3
Rind	19	15	-	4
Schwein	5	3	-	2
Schaf	21	6	13	2
Ziege	5	3	-	2

Populationsmonitoring

Als nächster Schritt ist eine Verfeinerung der Bestandsmonitorings hin zu einem Populationsmonitoring geplant. Dabei sollen weitergehende und aussagekräftigere Parameter für die zu betrachtenden Rassen/Populationen nunmehr allerdings auf der Basis der Einzeltierdaten der in den Herdbüchern registrierten Zuchttiere ermittelt werden.

Ein Beispiel dazu findet sich in der folgenden Auflistung:

- eindeutige Identifikation des Tieres, Geburtsdatum
- eindeutige Identifikation der Mutter des Tieres
- eindeutige Identifikation des Vaters des Tieres
- Rasse des Tieres
- Geschlecht des Tieres

Berechnung folgender tierindividueller Kenngrößen:

- Inzuchtkoeffizient (F) des Tieres
- Anzahl der Ahnen (Vaterseite, Mutterseite) und
- Ahnengenerationen des Tieres als Grundlage für die Berechnung des Inzuchtkoeffizienten
- Blutanteile des Tieres (% reine Rasse, % Fremdgenanteil, welche anderen Rassen)
- mittlere Verwandtschaft jedes einzelnen potentiellen noch verfügbaren Vaternotiers mit allen potentiellen noch verfügbaren Muttertieren

Berechnung folgender Parameter zur Bewertung der genetischen Diversität:

- Inzuchtentwicklung
- effektive Populationsgröße (N_e) auf Basis des Inzuchtzuwachses über Generationen in einer Population
- effektive männliche Tiere (N_m), effektive weibliche Tiere (N_w)
- Anzahl bekannter Gründertiere (weiblich, männlich) und deren mittlerer Genanteil in der aktuell lebenden Population
- Anzahl effektiver Gründertiere

Die Zuchtpopulationen der Rassen sind mit folgenden Angaben zu beschreiben:

- Populationsgröße (männliche und weibliche Zuchttiere)
- Anteil Tiere unter Leistungsprüfung
- Anzahl Tierhalter
- Anzahl Zuchtbetriebe (Herdbuchbetriebe)
- räumliche Verbreitung

Die Zuchtprogramme sind mit folgenden Angaben zu beschreiben:

- Anzahl und Benennung beteiligter Zuchtorganisationen
- Besamungszucht / Natursprung (Anteile)
- Prüfprogramm
- Selektionsmerkmale (Gewichtung)
- Selektionsintensität
- geschlossene Zuchtpopulation oder (dis)kontinuierlicher Import von Zuchtmaterial (Tiere, Sperma / welche Rassen bzw. Populationen)

Um die Einzeltierdaten der Herdbuchtiere zusammenzuführen, muss jedoch die Bereitschaft der Züchtervereinigungen für eine derartige Verwendung der Daten vorliegen. Verbindliche Absprachen und Regelungen mit und unter den Züchtervereinigungen müssen vereinbart und erarbeitet werden. Weiterhin muss eine technische Infrastruktur zur regelmäßigen Zusammenführung der Herdbuchdaten (Einzeltierdaten) entwickelt und installiert werden. Eine ebenfalls notwendige Konvertierung der unterschiedlichen Datenherkünfte in einen konsolidierten Datenbestand muss darüber hinaus gewährleistet sein.

Dabei bestehen inzwischen konkrete Vorstellungen und Planungen eines Populationsmonitorings für die Rassen der Tierarten Pferd, Rind, Schwein, Schaf und Ziege. Auf Basis der in TGRDEU gespeicherten Informationen über die in Deutschland gezüchteten Nutztierassen konnte bisher der Umfang eines künftigen Monitorings quantifiziert werden, sowie Vorbereitungen zur logischen und technischen Installation der Datenflüsse getroffen werden (siehe Abbildung 1).

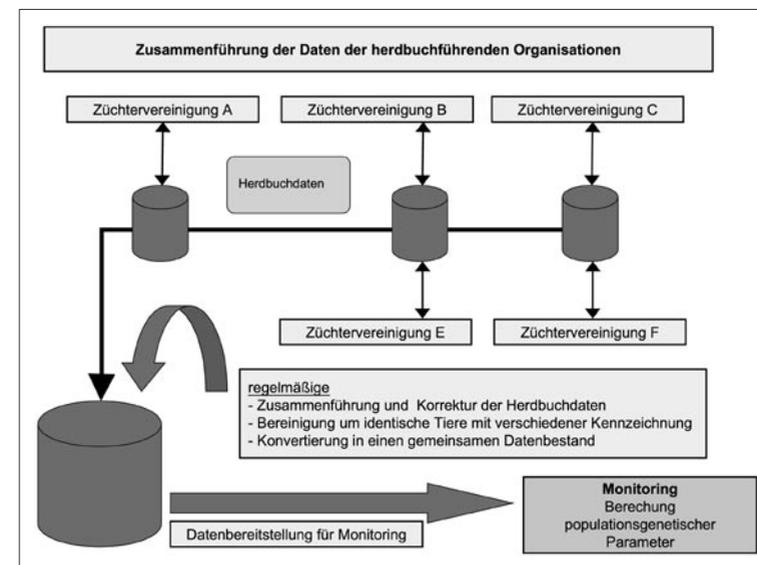


Abb. 1 Modell der Zusammenführung der Herdbuchdaten einheimischer Nutztierassen zur Durchführung eines Populationsmonitorings

Fig. 1 Process chart exemplifying the match of the herdbook data of several breeding organisations

Entsprechende Strukturen eines erweiterten Populationsmonitorings sollen in den nächsten Jahren erarbeitet, installiert und genutzt werden. Diese schaffen die Voraussetzungen für eine umfassende und objektive Berechnung und Beurteilung des populationsgenetischen Status der heimischen Nutztierassen. Die Ergebnisse des Monitorings liefern jederzeit eine aktuelle Daten-, Informations- und damit Entscheidungsgrundlage, die den Fachbeirat über potenzielle Gefährdungssituationen in Kenntnis setzt und Maßnahmen zur Unterstützung und zur nachhaltigen Sicherung und Erhaltung von Rassen initiieren kann.

Literatur

BMELV (2003) Nationalen Fachprogramms zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung tiergenetischer Ressourcen, Publikation des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Bonn.

Genetische Diversität bei Fischen in Meeren, Binnengewässern und Aquakultur

Fish genetic diversity in oceans, inland waters and aquaculture

Jochen Trautner¹ und Andreas Müller-Belecke²

¹ Bundesforschungsanstalt für Fischerei (BFAFi),
Palmaille 9, 22767 Hamburg

² Institut für Binnenfischerei e.V. Potsdam-Sacrow,
Im Königswald 2, 14469 Potsdam

Zusammenfassung

Die genetische Diversität bei marinen Fischarten ist noch sehr wenig erforscht. Dies liegt u.a. an der enormen Ausdehnung des Lebensraums und den sich daraus ergebenden Schwierigkeiten für eine flächendeckende Probennahme. Für einige kommerziell wichtige Arten gibt es aber genetische Daten, die ausreichen sind, um beim Management dieser Arten berücksichtigt zu werden. Informationen über nicht befischte Arten gibt es so gut wie keine.

Ein genetisches Monitoring bei Meeresfischen ist nicht vorhanden, aber besonders bei stark befischten Arten wünschenswert. In Deutschland werden an der Bundesforschungsanstalt für Fischerei in Hamburg genetische Untersuchungen an Fischbeständen durchgeführt. Als Hauptgefährdungsursachen für die genetische Diversität bei marinen Fischarten gelten Umweltverschmutzung, die Zerstörung von Lebensräumen, der Klimawandel und die Fischerei. Die Überfischung einzelner Bestände und die selektive Fischerei beeinflussen die genetische Diversität nachhaltig. Gegenwärtig werden besonders diese Themen erforscht.

Die in Deutschland in Binnengewässern existierenden Fischzönosen sind durch besiedlungsgeschichtliche und zoogeografische Unterschiede zwischen den Einzugsgebieten der großen Ströme geprägt. So sind in verschiedenen Einzugsgebieten endemische Arten bekannt. Phänotypische Abgrenzungen von Lokalpopulationen zwischen Einzugsgebieten oder auch zwischen Gewässersystemen in einem Einzugsgebiet weisen weiterhin auf eine große genetische Diversität innerhalb Arten hin. Als mögliche Beeinflussungs- und Gefährdungsursachen für biologische und genetische Diversität sind beispielsweise Gewässerverbauung, Stoffeintrag und genetische Verfremdung durch Besatzmaßnahmen zu nennen. Entgegenwirken können hier Artstützungsmaßnahmen wie die Renaturierung von Gewässern und Initialbesatz mit geeigneten Genotypen. Die Erfassung genetischer Parameter in Populationen in Verbindung mit einer Quantifizierung der Wirkung anthropogener Einflüsse auf die effektive Populationsgröße könnten zukünftig zu geeigneten Maßnahmen zur Erhaltung genetischer Variabilität innerhalb und zwischen Populationen führen.

Laichfischbestände als eine wichtige Basis der Aquakulturerzeugung können bedeutende genetische Ressourcen, etwa für die Verfolgung neuer Zuchtziele darstellen. Anders als bei anderen landwirtschaftlichen Nutztieren fehlen in Deutschland sowohl Informationen zum aktuellen Zustand der Laichfischbestände (Anzahl, Größe, Region, Haltungform, züchterische Bearbeitung) als auch zu morphologischen und genetischen Charakteristika. Vor diesem Hintergrund ist das IfB von der BLE beauftragt worden, eine entsprechende Datenbasis zu schaffen (Projektlaufzeit 7/05 - 7/07). Es konnten bundesweit 190 Haupterwerbsbetriebe und Institutionen dokumentiert werden, in denen die Haltung von insgesamt 486 Laichfischbeständen 36 verschiedener Fischarten erfolgt. Derzeit werden ausgesuchte Laichfischbestände acht wichtiger Nutzfischarten im Rahmen von Vor-Ort-Befragungen, Vermessung von Fischen und Mikrosatellitenmarkerstudien näher untersucht.

Abstract

The genetic diversity of marine fishes is poorly investigated. This is mainly caused by the enormous size of the habitat and the resulting difficulties in sampling the entire habitat. For a few commercially important species genetic data are available sufficient to be incorporated in fisheries management. There is no genetic monitoring which would be desirable especially for fish stocks under heavily fishing pressure. In Germany the Federal Research Centre for Fisheries is investigating the genetic diversity of marine fishes. The main threats for the genetic diversity of marine fishes are pollution, distortion of habitats, climate change and over-fishing. Over-fishing of certain fish stocks and selective fisheries affects the genetic diversity. Nowadays these topics are under investigation.

The fish communities existing in the inland waters of Germany are formed by differences in colonisation history and zoogeography between the catchment areas of the large rivers. Thus endemic species in different catchment areas were proven. Furthermore phenotypic differentiation of local populations between catchment areas and also within different waters of one catchment area are an indicator for genetic diversity within species. As possible causes for influences and threats on biologic and genetic diversity e.g. man made barriers, pollutants or genetic alienation by stocking have to be named. Measures to support fish species like renaturation of waters and initial stocking with adequate genotypes can counteract. The determination of genetic parameters within populations in combination with approaches to quantify the effect of man made influences on effective population sizes might lead to adequate steps to maintain genetic diversity within and between populations.

Stocks of spawners are an important basis of aquaculture production and can represent important genetic resources e.g. for the realisation of new breeding goals. In contrast to other livestock animals information about the present state of stocks of spawners (number, size, location, rearing environment, performed breeding) as well as morphologic and genetic characteristics are lacking in Germany. Against this background the Institute of Inland Fisheries, Potsdam-Sacrow (IfB) was instructed by the Federal Agency for Agriculture and Food (BLE) to develop a corresponding database (term of the project: 7/05 - 7/07).

Nation-wide 190 fish farms and institutions were documented in which 486 stocks of spawners from 36 different fish species were kept. At present selected stocks from eight commercially important fish species were analysed in detail by help of on-farm-interviews, fish sampling and microsatellite marker studies.

Genetische Diversität bei Fischen in Meeren

Der Lebensraum Meer hat, gegenüber dem Lebensraum Erde und der Binnengewässer, einige Besonderheiten, die sich auf die genetische Diversität der dort beheimateten Fischarten auswirken. Im Laufe der Evolution hat das Meer nicht so dramatische Veränderungen erfahren wie die Binnengewässer und ist insgesamt homogener. Der Lebensraum ist zudem weniger stark strukturiert und die Habitate sind weniger vielfältig. Die Meere bilden in großen Teilen ein Kontinuum, so dass es den Tieren zumindest theoretisch möglich ist, große Strecken zu wandern, ohne durch physikalische Grenzen daran gehindert zu werden. Diese Besonderheiten spiegeln sich auch in der Diversität der dort lebenden Fische wieder. Durch die enorme Ausdehnung kommen oft riesige Anzahlen von Individuen einer Art vor, besonders bei im Freiwasser lebenden Arten wie Hering, Sprotte und Makrele. Durch die geringere Anzahl von Habitaten haben sich im Lauf der Evolution auch weniger Fischarten (bezogen auf die Lebensraumgröße von 71% der Erdoberfläche) herausgebildet, als dies im Süßwasser (etwa 1% der Erdoberfläche) der Fall ist. Innerhalb der Arten ist die Differenzierung in Populationen ebenfalls deutlich geringer als bei Süßwasserarten, was besonders durch den ständig möglichen Genfluss zwischen Populationen bedingt ist.

Die Erforschung der genetischen Diversität bei marinen Fischen hat in den letzten Jahren durch den Einsatz moderner molekulargenetischer Methoden gute Fortschritte gemacht. Am häufigsten werden die Methoden der Mikrosatellitenanalyse, der direkten Sequenzierung von meist mitochondrialen Genen sowie Allozym- und AFLP (*amplified fragment length polymorphisms*) eingesetzt. Das primäre Ziel der meisten Untersuchungen ist die Identifikation von Fortpflanzungsgemeinschaften (Populationen), um die Ressourcen der wirtschaftlich genutzten Fischbestände besser zu managen und nachhaltiger nutzen zu können.

Einige der Hauptzielfischarten der Fischerei in Nord- und Ostsee sowie im Nord-Atlantik sind zwar bereits auf ihre genetische Diversität hin untersucht, aber es bestehen noch Lücken. Vorrangig werden solche Untersuchungen mit dem Ziel durchgeführt, Populationsstrukturen aufzuklären, um das fischereiliche Management der Arten zu verbessern. Die Arbeitsgruppe Genetik des ICES (Internationaler Rat für Meeresforschung) hat eine Liste der Arten erstellt, bei der die genetischen Daten als ausreichend erachtet wurden, um die daraus gewonnenen Erkenntnisse über Populationsstrukturen und genetische Vielfalt für ein verbessertes fischereiliches Management nutzen zu können.

Fische, die von der Fischerei nicht genutzt werden und solche, die als Beifang oft in großen Mengen gefangen werden, sind praktisch nicht untersucht. Ein Monitoring der genetischen Vielfalt über einen längeren Zeitraum findet noch bei keiner der Arten statt, so dass es derzeit nicht möglich ist, Veränderungen im Genpool von Arten nachzuweisen.

An der Bundesforschungsanstalt für Fischerei, im Institut für Fischereiökologie werden Untersuchungen zur genetischen Diversität mariner Fischarten durchgeführt. In dem von der Europäischen Union geförderten Projekt „Redfish“ wurden die vier Atlantischen Rotbarscharten *Sebastes mentella* (Tiefenrotbarsch), *S. marinus* (Großer Rotbarsch), *S. fasciatus* und *S. viviparus* mit molekulargenetischen Methoden charakterisiert. Hierbei wurde die Methode der Mikrosatelliten- und AFLP-Analyse eingesetzt, sowie ein mitochondriales Gen sequenziert. Mit diesen Methoden konnten die Verwandtschaftsbeziehungen der Arten untereinander geklärt werden. Es zeigte sich, dass die Arten *S. mentella* und *S. marinus* sehr eng miteinander verwandt sind und der genetische Unterschied zwischen den Arten nur in etwa der Größenordnung von Unterschieden zwischen Populationen des Atlantischen Lachses aus verschiedenen Flüssen entspricht. Für diese beiden Arten wurden auch die Populationsstrukturen untersucht. Die bei *S. mentella* festgestellten Unterschiede zwischen den einzelnen Beständen waren gering und lassen darauf schließen, dass hier eine Trennung von Fortpflanzungsgemeinschaften innerhalb des Nord-Atlantiks kaum stattgefunden hat und ständiger Genfluss zwischen den einzelnen Beständen gegeben ist. Bei *S. marinus* war die genetische Differenzierung innerhalb der Art wesentlich ausgeprägter.

Die Analysen lassen den Schluss zu, dass es sich bei den Tieren, die als *S. marinus* beschrieben werden, in Wirklichkeit um zwei getrennte Arten, sog. „cryptic species“ handeln könnte, die sich morphologisch zwar nicht feststellbar unterscheiden, genetisch aber eindeutig voneinander getrennt werden können. Verkompliziert wird die Situation noch dadurch, dass die Tiere auch sympatrisch im gleichen Seegebiet vorkommen, was ein getrenntes Management der beiden Arten unmöglich macht.

Als Hauptgefährdungsursachen für die genetische Diversität mariner Fischarten gilt, neben Umweltverschmutzung, der Zerstörung von Lebensräumen und dem Klimawandel, die Fischerei. Die Fischerei steht seit langem im Verdacht die genetische Diversität von Fischarten durch massive Überfischung einzelner Bestände zu reduzieren. Dies konnte beispielsweise für eine Fischart, den „Orange Roughy“, nachgewiesen werden. Für überfischte Bestände z.B. des Kabeljaus/Dorsches in Nord- und Ostsee fehlen derzeit noch Untersuchungen, die dies zweifelsfrei nachweisen. Hierzu geplante Untersuchungen werden aber in nächster Zeit Klarheit bringen.

Ein weiterer Einfluss der Fischerei auf den Genpool von Fischarten besteht in der Selektion, die durch die gezielte Entnahme bestimmter Größenklassen entsteht. Der Einfluss der Fischerei auf den Genpool von stark befischten Arten durch das gezielte Fischen großer Tiere soll in naher Zukunft bei Kabeljau und Scholle untersucht werden. Beim Dorsch/Kabeljau wurde beobachtet, dass das mittlere Alter beim Erreichen der Geschlechtsreife im Laufe der Jahre immer stärker abgenommen hat, so dass die Tiere heute im Schnitt mit etwa 2-3 Jahren geschlechtsreif sind, früher jedoch erst mit etwa 5-7 Jahren geschlechtsreif waren. Durch die Untersuchung der genetischen Vielfalt ehemals vorhandener Bestände über sog. „ancient“ DNA, die aus alten Schuppen und Otholiten (Gehörsteinchen) extrahiert werden kann, soll ein Vergleich mit der genetischen Struktur von heutigen Fischpopulationen ermöglicht werden. Von diesen Untersuchungen erhofft man sich einerseits Erkenntnisse über den möglichen Verlust von genetischer Vielfalt, andererseits Erkenntnisse über den Einfluss der größenselektiven Fischerei.

Gegenwärtig wird versucht die genetische Diversität durch Maßnahmen wie die Verminderung der fischereilichen Sterblichkeit durch die Verringerung des Fischereiaufwands, Verwendung von selektiven Netzen und die Verringerung der Auswirkungen der Fischerei auf

Nicht-Zielarten (Beifang) zu kontrollieren. Eine Kontrolle des Erfolges dieser Maßnahmen durch ein Monitoring der genetischen Diversität ist dringend erforderlich.

Genetische Diversität bei Fischen in Binnengewässern

Die Fischgemeinschaften nördlich der Alpen haben eine nacheiszeitliche Bestandsentwicklung gemeinsam. Die in Deutschland in Binnengewässern existierenden Fischzönosen sind jedoch durch besiedlungsgeschichtliche und zoogeografische Unterschiede zwischen den Einzugsgebieten der großen Ströme Donau, Rhein, Weser, Elbe und Oder geprägt. So sind in verschiedenen Einzugsgebieten endemische Arten wie etwa Streber und Zingel in der Donau oder Finte und Maifisch im Rhein zu finden. Phänotypische Abgrenzungen von Lokalpopulationen zwischen Einzugsgebieten oder auch zwischen Gewässersystemen in einem Einzugsgebiet weisen weiterhin auf eine große genetische Diversität innerhalb Arten hin. Mangels populationsgenetischer Untersuchungen ist in den meisten Fällen bislang nicht geklärt, ob und wie stark sich Kleinpopulationen, etwa aus stehenden Gewässern, voneinander unterscheiden.

Als mögliche Beeinflussungs- und Gefährdungsursachen für Biodiversität und genetische Diversität bei Fischen in Binnengewässern sind folgende Faktoren zu nennen:

- Gewässerverbauung, Wasserkraftnutzung (Behinderung der ökologischen Durchgängigkeit; Habitatveränderungen; Schädigung / Tötung von potenziellen Laichfischen)
- Eintrag von Nährstoffen, Schadstoffen und Sedimenten (Veränderung essentieller Wasserqualitätsmerkmale; Schädigung von Laichplätzen durch Verschlammung)
- Schifffahrt, Freizeitnutzung (Beeinträchtigung von Laichhabitaten durch Wellenschlag und Störung)
- Fischerei, Einfluss fischfressender Vögel (Schädigung / Tötung von potenziellen Laichfischen)
- Einbringung von genetisch ungeeignetem Besatzmaterial / Neozoen (genetische Verfälschung)

Die Dokumentation des gegenwärtigen Zustandes auf Fischartenebene erfolgt in den einzelnen Bundesländern über die Aufstellung von Fischartenkatastern und in letzter Zeit zunehmend durch Untersuchungen im Rahmen der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRRL). In der vom Informations- und Koordinationszentrum für Biologische Vielfalt (IBV) der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) geführten Datenbank „AGRDEU“ werden die Informationen aus den Bundesländern zusammengeführt. Die vorliegende Datenbank dokumentiert die in der Bundesrepublik Deutschland vorkommenden autochthonen und allochthonen Süßwasserfische und listet aktuell 86 Neunaugen- und Fischarten. Auf der durch das Bundesamt für Naturschutz (BfN) geführten „Roten Liste“ werden hiervon vier Arten als „ausgestorben“, neun Arten als „vom Aussterben bedroht“, 23 Arten als „stark gefährdet“ und 20 Arten als „gefährdet“ eingestuft.

Indirekte Maßnahmen zur Erhaltung der genetischen Diversität von Fischen in Binnengewässern sind in Arterhaltungs- und Stützungsmaßnahmen zu sehen. Hierzu zählen Ansätze zur Gewässerrenaturierung durch die Wiederherstellung der ökologischen Durchgängigkeit, die Habitatverbesserung durch Schaffung adäquater Ufer- und Sohlenstrukturen und Wiederansiedlungsmaßnahmen durch Initialbesatz mit geeigneten Genotypen. Vergleichsweise gering sind die bisherigen Erkenntnisse zur genetischen Variabilität innerhalb und zwischen Populationen der einzelnen Fischarten. Die Untersuchung entsprechender genetischer Parameter in Verbindung mit Ansätzen zur Quantifizierung der Wirkung anthropogener Einflüsse auf die effektive Populationsgröße könnten zukünftig zu geeigneten Maßnahmen zur Erhaltung der genetischen Diversität innerhalb Fischarten der Binnengewässer führen.

Genetische Diversität bei Fischen in der Aquakultur

Die Aquakultur repräsentiert den bedeutendsten Wirtschaftszweig der deutschen Binnenfischerei. Den hier vorhandenen Laichfischbeständen kommen dabei wichtige Funktionen zu:

- Sie bilden die genetische Basis für die derzeitige Aquakulturerzeugung.
- Durch ihre züchterische Bearbeitung ist, wie an allen wichtigen landwirtschaftlichen Nutztieren und inzwischen auch einigen Nutzfischarten darstellbar, eine deutlich verbesserte Ausnutzung von gegebenen Produktionsfaktoren möglich (ein Beitrag zum Nachhaltigkeitsprinzip).
- In ihrer Vielfalt können die existierenden Laichfischbestände langfristig wichtige genetische Ressourcen für eine Adaptation an besondere Haltungsumwelten und/oder die Verfolgung neuer Zuchtziele darstellen.

Anders als bei anderen landwirtschaftlichen Nutztieren fehlen in Deutschland sowohl Informationen zum aktuellen Zustand der Laichfischbestände (Ort, Haltungsform, Größe, züchterische Bearbeitung) als auch zu morphologischen, leistungsspezifischen und genetischen Charakteristika. Selbst eine bundesweite Zusammenstellung über Betriebe mit eigener Laichfischhaltung existiert derzeit nicht. Damit sind eine Einschätzung der aktuellen Situation der genetischen Ressourcen in der Aquakultur und die eventuelle Ableitung von Maßnahmen zur Erhaltung der genetischen Diversität aufgrund der fehlenden Datenbasis derzeit nicht realisierbar.

Vor diesem Hintergrund ist das Institut für Binnenfischerei e.V. Potsdam-Sacrow in Zusammenarbeit mit regionalen Kooperationspartnern von der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung beauftragt worden, eine Erfassung und Dokumentation der in Deutschland züchterisch tätigen Fischereibetriebe sowie der dort gehaltenen Laichfischbestände durchzuführen. Die Laufzeit des Projektes „Erfassung der genetischen Ressourcen aquatischer Kulturen“ erstreckt sich von Juli 2005 bis Juli 2007.

Es konnten 190 Haupterwerbsbetriebe und Institutionen erfasst werden, in denen Laichfische gehalten werden. Die hier gehaltenen 486 Laichfischbestände sind 36 verschiedenen Spezies zuzuordnen. Derzeit werden ausgesuchte Laichfischbestände der Nutzfischarten Regenbogenforelle, Bachforelle, Bachsaibling, Seesaibling, Äsche, Karpfen, Schleie und Zander im Rahmen von Vor-Ort-Befragungen, Vermessung von Fischen und Genmarkerstudien näher untersucht. Im Rahmen der genetischen Charakterisierung werden anhand der Allelfrequenzen bei 10 ausgewählten Mikrosatellitenmarkern pro Art die genetische Variabilität innerhalb der Bestände und Verwandtschaftsverhältnisse zwischen Beständen innerhalb Arten determiniert.

Monitoring häufiger Brutvögel in der Normallandschaft Deutschlands

The monitoring of common breeding birds in the wider countryside of Germany

**Alexander Mitschke¹, Christoph Sudfeldt²,
Holger Heidrich-Riske³ und Rainer Dröschmeister⁴**

¹ Dachverband Deutscher Avifaunisten e.V. (DDA),
Hergartweg 11, 22559 Hamburg, mitschke@dda-web.de

² Dachverband Deutscher Avifaunisten e.V. (DDA),
Am Diekamp 12, 48157 Münster, sudfeldt@dda-web.de

³ Statistisches Bundesamt (Destatis), Gustav-Stresemann-Ring 11,
65189 Wiesbaden, holger.heidrich-riske@destatis.de

⁴ Bundesamt für Naturschutz (BfN), Konstantinstr. 110, 53179 Bonn,
rainer.droeschmeister@bfm.de

Zusammenfassung

Zunächst parallel zu einem bereits seit 1989 bestehenden Monitoringprogramm für häufige Brutvögel in Deutschland wurde 2004 mit dem Aufbau eines Brutvogelmonitorings begonnen, das auf insgesamt 1.000 Probeflächen erstmals für die Entwicklung in ganz Deutschland statistisch repräsentative Trenddaten ermitteln soll. Die jeweils 100 ha großen, quadratischen Untersuchungsflächen wurden dabei als geschichtete Zufallsstichprobe gezogen, die gewährleistet, dass sowohl die sechs Hauptlebensraumtypen (Wald, Siedlung, Grünland, Ackerland, Sonderbiotope, Sonderkulturen, Tab. 1) als auch 21 Standorttypen ausreichend in der Stichprobe vertreten sind. Als Erfassungsmethode wurde die Linienkartierung gewählt, bei der beiderseits einer ca. 3 km langen Route innerhalb der quadratischen Probefläche an vier Terminen pro Saison alle möglichen Brutvögel erfasst werden (vereinfachte Revierkartierungsmethode). Diese Route berührt dabei alle flächenmäßig bedeutsamen Lebensräume der Probefläche.

Für die anschließende Auswertung gibt es standardisierte Vorgaben zur Interpretation der Nachweise. Damit wurde eine wenig zeitaufwändige Feldmethode erarbeitet, die die Mitarbeit von mehr als tausend Freiwilligen über mehrere Jahre ermöglicht.

Im dritten Jahr des neuen Monitoringprogramms konnten so bereits 639 von 1000 Probeflächen an Bearbeiter vergeben werden. Dazu kommen weitere 497 Probeflächen, die 2006 in einem zusätzlich gezogenen Netz von Landesmonitoringflächen ebenfalls mittels der Linienkartierung bearbeitet wurden. Abschließend werden beispielhaft einzelne Ergebnisse vorgestellt.

Abstract

Common and widespread breeding birds are probably among the best indicators of the effects of large scale changes in agricultural and land management practice on wildlife. DDA started in 2004 a monitoring scheme based on a stratified randomised sampling design using land cover (ATKIS, Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem) and abiotic characteristics for classification. The latter are previously combined to "land classes", which reflect natural regions and landscapes. The procedure determining 1.000 monitoring sites (1 km² squares) of national interest was similar to that given by the nation-wide Ecological Area Sampling approach and was developed in co-operation with the German Federal Agency for Statistics and the Federal Agency for Nature Conservation. Skilled volunteers have been surveying the 1.136 plots in Germany (639 of 1.000) and in the "Länder" (497 of 1.637) during four visits per breeding season (10 March to 20 June). Along a square-specific route of nearly 3 km length, the survey aims at locating as many as possible occupied territories (simplified territory mapping method) of every diurnal avian species occurring in a square. Preliminary results are given and some perspectives of the monitoring program are discussed.

Zielsetzung

Die Bundesrepublik Deutschland hat sich auf der Weltkonferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung (UNCED) in Rio de Janeiro im Jahr 1992 zur Erhaltung und Überwachung der biologischen Vielfalt sowie zur nachhaltigen Nutzung der natürlichen Ressourcen verpflichtet. Darüber hinaus ist Deutschland durch verschiedene internationale Regelwerke (EU-Vogelschutzrichtlinie, Ramsar-Konvention, Afrikanisch-Eurasisches Wasservogelabkommen im Rahmen der Bonner Konvention u.a.) aufgerufen, regelmäßig die Brutbestände von Vogelarten zu überwachen, um aus nationaler Sicht deren Erhaltungssituation ermitteln und Anforderungen an Schutzmaßnahmen und Nutzungskonzepte formulieren zu können.

In Frühjahr 2002 hat die Bundesregierung eine nationale Nachhaltigkeitsstrategie verabschiedet (Bundesregierung 2002). Bestandteil dieser Strategie sind 21 Indikatoren, mit deren Hilfe verfolgt werden soll, ob und in welchem Maße die Ziele der Nachhaltigkeitsstrategie erreicht werden. Sieben dieser Indikatoren betreffen den Bereich Umwelt, von denen der „Nachhaltigkeitsindikator für die Artenvielfalt“ (NHI) die Veränderung des Zustandes von Natur und Landschaft darstellt (Achtziger *et al.* 2004; Bundesamt für Naturschutz 2004b). Dieser Indikator beruht auf bundesweiten Bestandstrends von 59 Vogelarten, die als Indikatorarten - stellvertretend für andere Organismen - ganz allgemein für die Qualität der Landschaft stehen. Für die von ihnen besiedelten Hauptlebensraumtypen Agrarland, Wälder, Siedlungen, Gewässer, Küsten/Meere und Alpen können darüber hinaus Teilindikatoren berechnet werden (z. B. Teilindikator Agrarland; Abb. 1). Die Artenauswahl hat das Bundesamt für Naturschutz (BfN) in Zusammenarbeit mit den Fachbehörden der Bundesländer und dem Dachverband Deutscher Avifaunisten (DDA) auf der Grundlage gemeinsam abgestimmter Kriterien festgelegt (Achtziger *et al.* 2004; dort auch umfassende Informationen zum NHI).

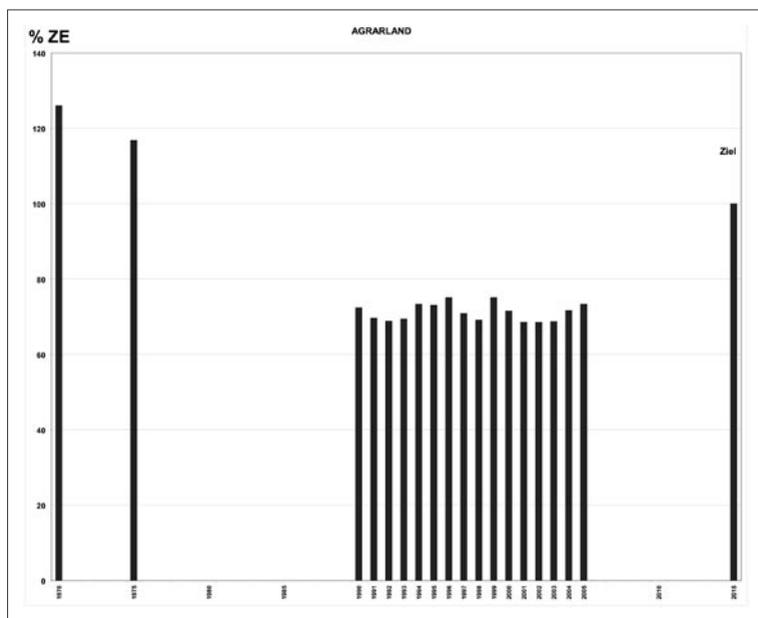


Abb. 1 Die zeitliche Entwicklung des Nachhaltigkeitsindicators für die Artenvielfalt (NHI) in Deutschland für den Teilindikator „Agrarland“. Der für 2015 angestrebte Zielwert der Bestände ausgewählter Vogelarten (s. Dröschmeister, in diesem Band) ist auf 100% normiert. Die Angaben für 1970 und 1975 wurden aus den Roten Listen rekonstruiert. Der NHI-Teilindikator für das Agrarland zeigt von 1990 bis 2005 einen nahezu stabilen Verlauf. Starke Bestandsrückgänge der meisten der 10 Indikatorarten wurden hingegen vor 1990 festgestellt (Bundesamt für Naturschutz, in Vorbereitung).

Fig. 1 Trend of the German Sustainability Indicator for Species Diversity, in particular the German farmland bird indicator. The aggregated population size of a specific set (10 breeding species; see Dröschmeister, this volume) of farmland bird species targeted for 2015 is normalized at 100%. The data given for 1970 and 1975 are reconstructed by Red List data of these years. The measured trend of the German farmland bird indicator between 1990 and 2005 is stable. Stronger declines of most farmland bird populations were determined before 1990.

Parallel hat die Europäische Union Indikatoren für die Artenvielfalt ausarbeiten lassen, mit deren Hilfe dargestellt werden kann, ob die für die Mitgliedstaaten festgesetzten Ziele zur nachhaltigen Entwicklung bzw. zur Erhaltung der biologischen Vielfalt erreicht werden. Mit dem „Farmland Bird Index“ hat die EU-Kommission einen wichtigen Indikator zur Entwicklung der Biodiversität in der Agrarlandschaft etabliert, der sich ebenfalls auf die Beobachtung der Bestandsveränderungen ausgewählter Vogelarten stützt. Aufgrund des europäischen Bezugsraums weicht das Artenset allerdings vom deutschen ab.

Im Gegensatz zum NHI werden die Bestandsindizes zudem auf das Bezugsjahr 1980 normiert, während der NHI die Bestände der einzelnen Arten zu einem realistisch optimistischen Zielwert für 2015 in Bezug setzt. Die Daten werden über das sogenannte *Pan-European Common Bird Monitoring* (PECBM 2006) gewonnen, für das das „Monitoring häufiger Brutvögel“ des DDA die Basisdaten aus Deutschland liefert. Abb. 2 zeigt beispielhaft die aggregierte Bestandsentwicklung a) für ausgewählte Vogelarten der Agrarlandschaft, b) Vogelarten der Wälder und c) alle anderen häufigen Vogelarten in den Ländern der EU.

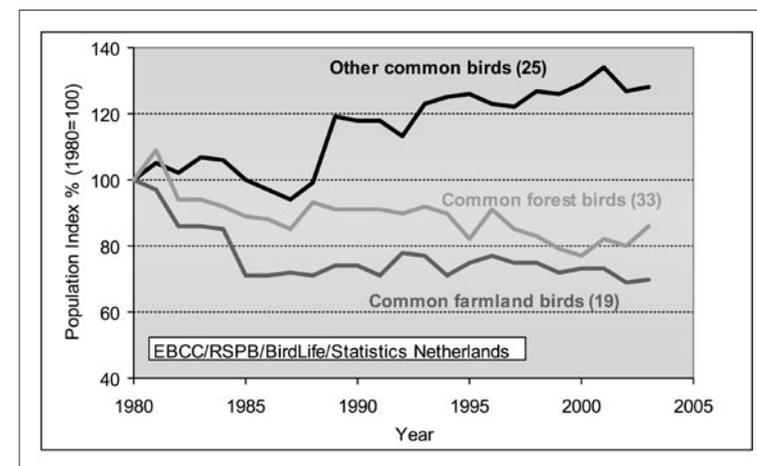


Abb. 2 Vogelindikatoren auf europäischer Ebene. In Klammern angegeben ist die den Berechnungen zu Grunde liegende Artenzahl (PECBM 2006).

Fig. 2 The wild bird indicator for Europe. Number of related species are given in brackets (PECBM 2006).

Brutvogelmonitoring in Deutschland

Dem Artenset des deutschen Nachhaltigkeitsindicators für die Artenvielfalt gehören sowohl häufige als auch seltene Brutvogelarten an. Diese beiden Artengruppen werden durch zwei unterschiedliche Monitoringprogramme erfasst (DDA 2007):

- (1) Die Erfassung häufiger Brutvögel in der Normallandschaft findet auf 1.000 vorgegebenen Probestellen nach einheitlich definierter Erfassungsmethode statt („Monitoring häufiger Brutvögel“).

(2) Die Bestandserhebungen der seltenen Arten („Monitoring gefährdeter und geschützter Brutvögel“) erfolgt entweder durch bundesweite Kompletterfassungen (z.B. Seeadler) oder in für die einzelnen Arten oder Artengruppen dafür ausgewiesenen Zählgebieten (z.B. Uferschnepfe).

Aufbauend auf dem „Konzept für ein naturschutzorientiertes Tierartenmonitoring“ (Stickroth *et al.* 2003) wurde der DDA u. a. damit beauftragt, im Rahmen des Forschungs- und Entwicklungsvorhabens „Monitoring von Vogelarten in Deutschland“ ein auf ehrenamtlicher Datenerhebung basierendes Monitoringprogramm für die Erfassung häufiger Brutvögel einzurichten, das bestimmte Mindestvoraussetzungen erfüllt. Dazu gehören

- eine für ganz Deutschland repräsentative Abdeckung aller Regionen und Lebensräume,
- eindeutige Ergebnisse auf Basis einer einheitlichen, standardisierten Feldmethode,
- Trendanalysen mit ausschließlichem Bezug auf Brutvögel unter weitestgehendem Ausschluss von Durchzügler oder Nahrungsgästen.

Eine weitere Voraussetzung betraf das Probeflächendesign, das an der Ökologischen Flächenstichprobe (Dröschmeister 2001) ausgerichtet wurde, um die Option offen zu halten, auf den Flächen ggf. weitere ökologische Parameter wie Biotoptypen, Gefäßpflanzen oder andere Tierartengruppen erheben zu können.

Probeflächenziehung für das Monitoring häufiger Brutvögel

Die Stichprobe zur Festlegung der Beobachtungsflächen für das neue Monitoringprogramm häufiger Brutvögel wurde vom Statistischen Bundesamt [StBA] im Auftrag des DDA gezogen. Auf Wunsch der Mehrzahl der Bundesländer wurde neben der Stichprobe für das bundesweite Monitoring zusätzlich eine Stichprobe für jedes Bundesland ausgewiesen, welche ggf. vertiefte Programme auf Ebene der interessierten Bundesländer ermöglicht. Dabei wurde festgelegt, dass die Stichprobe für das bundesweite Programm als Unterstichprobe

(Grundprogramm) aus der Gesamtstichprobe, die sich über die bundeslandinternen Ziehungen für alle sechzehn Bundesländer ergibt, realisiert wird.

Um der Heterogenität der Normallandschaft Rechnung zu tragen, wurde die Stichprobe als geschichtete Stichprobe konzipiert. Als Grundlage für die Schichtung der Stichprobe wurden zwei inhaltlich unterschiedliche Flächengliederungen verwendet, zum einen die Objektarten des DLM25 (Digitales Landschaftsmodell im Erfassungsmaßstab 1:25.000) aus der Produktpalette von ATKIS (Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem) der AdV (Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland), zum anderen eine Standorttypenkarte, die im Rahmen eines vom Umweltbundesamt betreuten Projektes für Umweltbeobachtungsfragen in Deutschland entwickelt worden ist (Schröder *et al.* 2001). Während die Objektarten des DLM25 im Wesentlichen die aktuelle Nutzung der Oberfläche des Bundesgebietes beschreiben, liegen den Standorttypen vorwiegend längerfristig gleich bleibende, abiotische Parameter zu Grunde (Bundesamt für Naturschutz 2004a). Beide Schichtungsgrundlagen liegen flächendeckend für die Bundesrepublik Deutschland vor und wurden für die Ziehung der Stichprobenflächen miteinander verschnitten. Innerhalb jeder Schicht wurden quadratische, 100 ha große, untereinander überlappungsfreie Probeflächen mit flächenproportionaler Auswahlwahrscheinlichkeit bestimmt.

Zwölf Objektarten des DLM25 werden zu insgesamt sechs Schichten (DLM25-Schicht = Lebensraumtyp) zusammengefasst (Tab. 1). Fortgelassen wurde jede Objektart aus dem Objektbereich „Gewässer“, da die linienhaften Strukturen der Gewässerlebensräume (kleinere Fließgewässer, Gewässerufer mit Röhrich- und Verlandungszonen von Still- und größeren Fließgewässern) es nicht als sinnvoll erscheinen lassen, hier die häufigen, für diesen Lebensraum typischen Vogelarten auf quadratischen Probeflächen zu erfassen.

Der Gesamtstichprobenumfang für das Bundesprogramm wurde auf 1.000 Stichprobenflächen (Grundprogramm) festgelegt. Für die bundeslandinternen Programme wurden insgesamt 2.637 Probeflächen (Vertiefungsprogramm) gezogen. Weitergehende Informationen zur Probenflächenauswahl finden sich bei Mitschke *et al.* (2005).

**Tab. 1 Schichtenbildung anhand der Objektarten des DLM25
(Digitales Landschaftsmodell im Erfassungsmaßstab 1 : 25.000)**

Tab. 1 Stratification by the objects of DLM25.

„DLM25-Schicht“ <i>DLM25 layer</i>	Objektart des DLM25 <i>object type</i>	Anzahl der Probeflächen <i>number of plots</i>
Ackerland <i>arable land</i>	4101 Ackerland <i>arable land</i>	201
	4103 Gartenland <i>gardens</i>	
Sonderkultur <i>special plantation</i>	4109 Sonderkultur <i>special plantation</i>	49
Grünland <i>grassland</i>	4102 Grünland <i>grassland</i>	200
Sonderbiotope <i>special habitats</i>	4104 Heide <i>heathland</i>	200
	4105 Moor, Moos <i>mires</i>	
	4106 Sumpf, Ried <i>swamp, reeds</i>	
	4110 Brachland <i>fallows</i>	
	4120 Vegetationslose Fläche <i>bare soil</i>	
Wald <i>forest</i>	4107 Wald, Forst <i>forest</i>	198
	4108 Gehölz <i>small woods</i>	
Siedlung <i>human settlements</i>	2101 Ortslage <i>settlements</i>	152

Erfassungsmethode

In Anlehnung an vergleichbare Monitoringprogramme des europäischen Auslands (z.B. Schmid *et al.* 2004) wurde als Erfassungsmethode die Linienkartierung eingeführt. Dabei werden die Brutbestände entlang einer etwa 3 km langen, vorgegebenen Strecke innerhalb der quadratischen, 100 ha großen Probefläche erfasst (Abb. 3). Die Methode hat den Vorteil, dass einerseits damit Brutvögel punktgenau kartiert werden können (Lebensraumbezug), andererseits die Erfassung mit einem vertretbaren Aufwand verbunden ist, so dass das Programm für ehrenamtliche Mitarbeiter attraktiv bleibt.

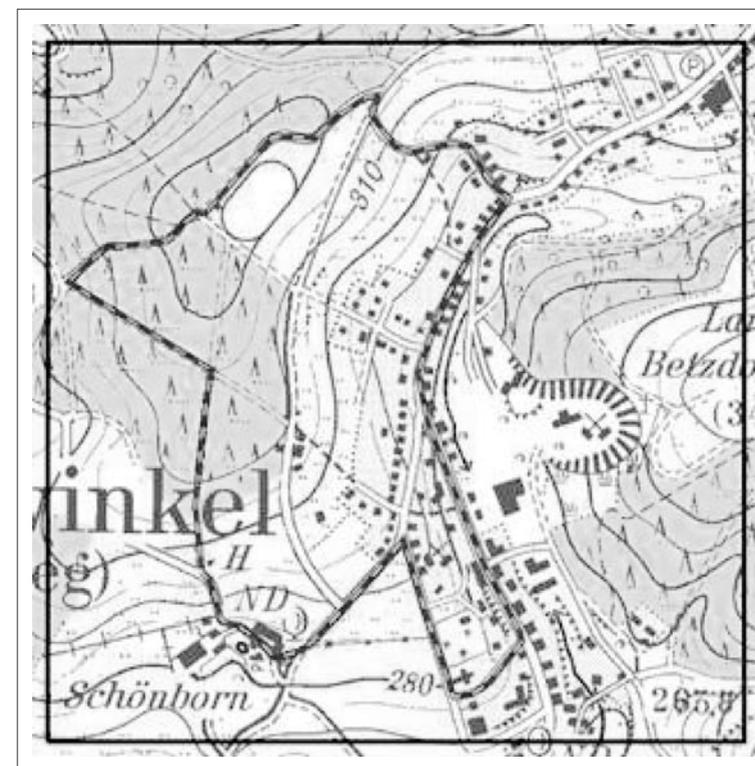


Abb. 3 Probefläche mit Routenverlauf der Linienkartierung (gestrichelt).
Fig. 3 Study plot with line transect (dotted).

Pro Saison finden vier Begehungen (1. Periode: 10. März bis 31. März; 2. Periode: 1. April bis 30. April; 3. Periode: 1. Mai bis 20. Mai; 4. Periode: 21. Mai bis 20. Juni) in den frühen Morgenstunden (Beginn bei Sonnenaufgang) und bei geeigneter Witterung (niederschlagsfrei, Wind < 4 Bft.) statt. Bei den Begehungen werden entlang der - alle wichtigen Lebensräume der Fläche - durchlaufenden Route alle Beobachtungen möglicher Brutvögel in eine Karte (bevorzugter Maßstab 1:5.000) eingetragen. Dabei gibt es keine Erfassungsgrenzen beiderseits der Strecke, sondern alle von der Route aus gemachten Beobachtungen werden notiert und am Ende der Saison bewertet. Begonnen wird immer an demselben Startpunkt. Route und Startpunkt müssen auch über die Jahre hinweg konstant eingehalten werden. Durchzügler und Gäste, die kurzfristig auch revieranzeigende Verhaltensweisen zeigen können, werden nach Ende der Brutsaison während der Ermittlung des Bestandes ausgeschlossen. Ergebnis einer Kartiersaison ist die Zahl der Brutpaare oder Reviere für jede Vogelart unterteilt nach Lebensräumen entlang der Route (keine Schätzwerte für die gesamte PF). Eine wichtige Standardisierung betrifft die Vorgabe von Wertungsperioden für Einzelbeobachtungen (Mitschke *et al.* 2005). Eine detaillierte Methodenanleitung inklusive wichtiger Tipps zur Erstellung der Artkarten kann den Methodenstandards zur Erfassung der Brutvögel Deutschlands (Südbeck *et al.* 2005) entnommen werden.

Stand der Umsetzung 2006

Das Programm wurde zur Brutsaison 2004 gestartet. In Absprache mit den Staatlichen Vogelschutzwarten bzw. den Länderfachbehörden sowie den ornithologischen Landesfachverbänden wurde ein Netz von 16 Länderkoordinatoren aufgebaut, die - teilweise mit finanzieller Unterstützung durch die Bundesländer - die Sammlung der erhobenen Daten auf Ebene der Bundesländer übernommen haben. Nach drei Jahren Laufzeit wurden 2006 639 Probeflächen aus der Bundesstichprobe von 1.000 Flächen bearbeitet (Tab. 2) sowie 497 Landesmonitoringflächen. Insgesamt wurden die häufigen Brutvögel also auf 1.136 Flächen erfasst (Abb. 4).

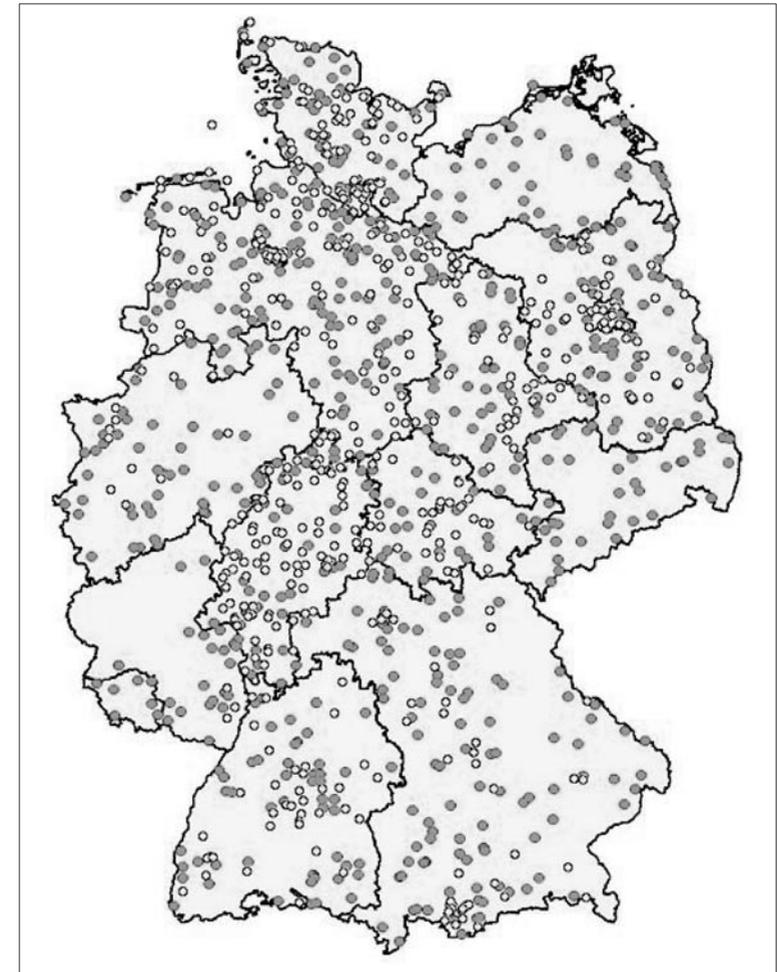


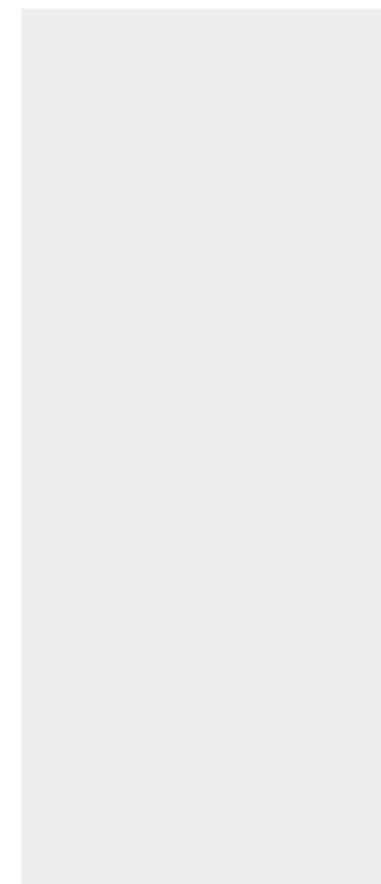
Abb. 4 Lage der 1.136 Probeflächen des bundesweiten Brutvogelmonitorings, die 2006 erfasst wurden (dunkelgraue Punkte = Bundesmonitoring (Grundprogramm), hellgraue Punkte = Landesmonitoringflächen (Vertiefungsprogramm)).

Fig. 4 Location of 1.136 monitoring plots surveyed in 2006.

Tab. 2 Probeflächen der geschichteten Zufallsstichprobe für das Bundesmonitoring („Bund“, n = 1.000) bzw. für das ergänzende Landesmonitoring („Land“, n = 1.637) - Stichprobenumfang, Zahl besetzter Bundes- bzw. Landesflächen (2006) und deren prozentualer Anteil an der Landesstichprobe in den einzelnen Bundesländern. Bei der Ziehung der Unterstichprobe bilden die Bundesländer kein Schichtungsmerkmal. Insbesondere sind daher die Stichprobenumfänge der Flächen von bundesweiter Relevanz mit Ausnahme der Summe in der letzten Zeile zufallsabhängig und nicht vorgegeben.

Tab. 2 Survey plots based of stratified randomised sampling for monitoring in Germany („Bund“, n = 1,000) and in the federal states („Land“, n = 1,637) - total number of plots, number and percentage of occupied plots. (BW = Baden-Wuerttemberg, BY = Bavaria, BE = Berlin, BB = Brandenburg, HB = Free Hanseatic City of Bremen, HH = Free and Hanseatic City of Hamburg, HE = Hesse, MV = Mecklenburg-Western Pomerania, NI = Lower Saxony, NW = Northrhein-Westphalia, RP = Rhineland-Palatinate, SL = Saarland, SN = Saxony, ST = Saxony-Anhalt, TH = Thuringia).

		Gezogen (drawn)			Besetzt (surveyed)		in Prozent %	
		Bund	Land	gesamt	Bund	Land	Bund	Land
BE	Berlin	2	28	30	2	7	100	25
HB	Bremen	3	15	18	3	16	100	107
HH	Hamburg	4	42	46	3	13	75	31
SL	Saarland	7	23	30	3	0	43	0
TH	Thüringen	31	89	120	26	34	84	38
HE	Hessen	47	107	154	39	73	83	68
ST	Sachsen-Anhalt	47	103	150	45	33	96	32
SH	Schleswig-Holstein	48	72	120	42	54	88	75
SN	Sachsen	49	91	140	35	0	71	0
RP	Rheinland-Pfalz	60	90	150	19	3	32	3
MV	Mecklenburg-Vorpommern	73	87	160	38	2	52	2
NW	Nordrhein-Westfalen	87	92	179	46	13	53	14
BB	Brandenburg	98	112	210	66	82	67	73
BW	Baden-Württemberg	103	297	400	59	42	57	14
NI	Niedersachsen	153	127	280	114	85	75	67
BY	Bayern	188	262	450	99	40	53	15
		1.000	1.637	2.637	639	497	64	30
					Summe	1.136		



Erste Ergebnisse

Abb. 5 zeigt den Vergleich der Brutbestände einiger ausgewählter häufiger Vogelarten von 2004 auf 2005. Die Bestände der meisten häufigen Arten wie Buchfink, Amsel und Kohlmeise haben zugenommen, lediglich Zilpzalp und Feldlerche haben in ihren Beständen abgenommen. Die starke Bestandsabnahme des Zilpzalps wurde überregional und in allen Hauptlebensraumtypen festgestellt (Abb. 6).

Aufgrund der kurzen Laufzeit des Programms können derzeit noch keine abgesicherten Aussagen über den mittel- oder gar langfristigen Trend zu den Brutbeständen der häufigen Brutvogelarten gemacht werden, denn die langfristigen Entwicklungen werden durch kurzfristige Schwankungen stark überlagert.

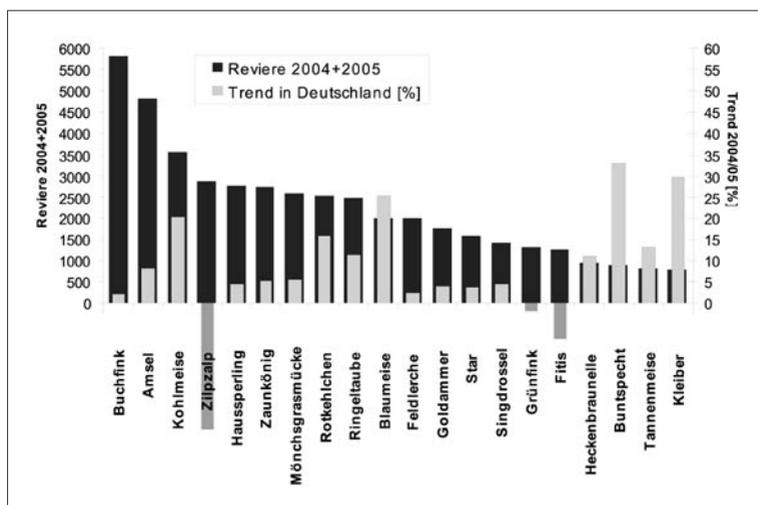


Abb. 5 Vergleich der Kartierungsergebnisse zwischen den beiden Brutsaisons 2004 (Startjahr) und 2005. Die linke Ordinate und die dunkelgrauen Säulen geben die Zahl der dem Vergleich zugrunde liegenden erfassten Reviere wieder, die rechte Ordinate und die hellgrauen Säulen prozentuale Bestandszu- oder -abnahmen von 2004 auf 2005.

Fig. 5 The vertical axis and the dark-grey columns show the number of mapped territories from the comparison. The horizontal axis and light-grey columns show the percentage of increase or decrease in numbers between 2004 and 2005. The numbers of most common species such as Chaffinch, Blackbird and Great Tit have increased; only Chiffchaff and Willow Warbler have declined in number.

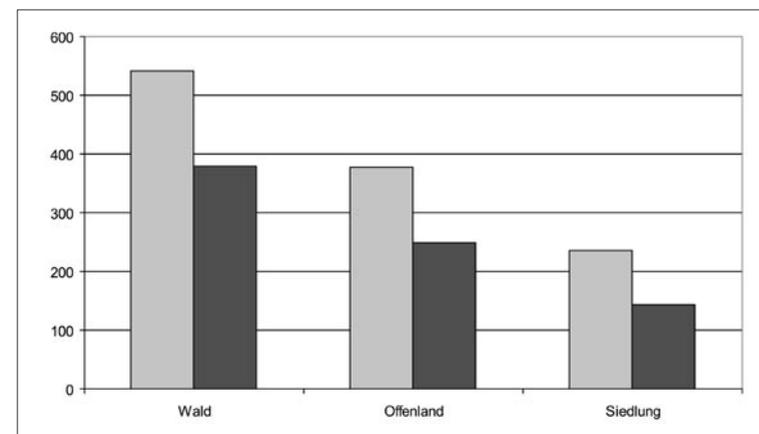


Abb. 6 Festgestellte Revierzahl des Zilpzalps (*Phylloscopus collybita*) auf Probeflächen, die sowohl in 2004 (hellgraue Säulen) als auch in 2005 (dunkelgraue Säulen) kartiert wurden, aufgeteilt nach Hauptlebensraumtypen. Offenbar hat sich der starke Bestandseinbruch unabhängig vom besiedelten Hauptlebensraumtyp vollzogen.

Fig. 6 Number of mapped territories (vertical axis) of Chiffchaff on monitoring plots, surveyed in 2004 and 2005. Light-grey columns: 2004, dark-grey columns: 2005. The strong decrease of around 30 % was observed over all main habitats (left to right: forests, cultural landscape and urban areas).

Rückblick und Ausblick

Für rückwirkende Analysen greift der DDA deshalb auf ein älteres Monitoringprogramm zurück, das bereits 1989 etabliert wurde. Dieses Programm basiert auf der wiederholten Erfassung von Probeflächen mittels Revierkartierungen und Punkt-Stopp-Zählungen (Flade & Schwarz 2004). Die Auswahl der Probeflächen oder Punkt-Stopps blieb jedoch dem Kartierer überlassen, was in der Praxis dazu führte, dass bestimmte Lebensräume, z.B. stadtnahe attraktive Flächen mit interessanten Vogelarten über-, jedoch schwer kartierbare Probeflächen in unattraktiven Siedlungsbereichen, wie z.B. in Industrie- und Gewerbegebieten, unterrepräsentiert sind. Zudem beteiligten sich die Landesverbände des DDA mit unterschiedlich großem Engagement an dem Programm, was zu einer regionalen Ungleichverteilung der Probeflächen führte. Trotz dieser methodischen Einschränkungen liefert das Programm für mehr als 75 % der häufigen Vogelarten sehr gute Ergebnisse, wie ein Vergleich von Bestandstrends zeigt, die basierend auf beiden Erfassungsmethoden (Revierkartierung, Punkt-Stopp-Zählungen) unabhängig von einander errechnet wurden (Flade & Schwarz 2004).

Als Beispiele für die hohe Sensibilität des „alten“ Brutvogelmonitoringprogramms werden in Abb. 7 die Ergebnisse zur Bestandsentwicklung von Zaunkönig und Rotkehlchen vorgestellt.

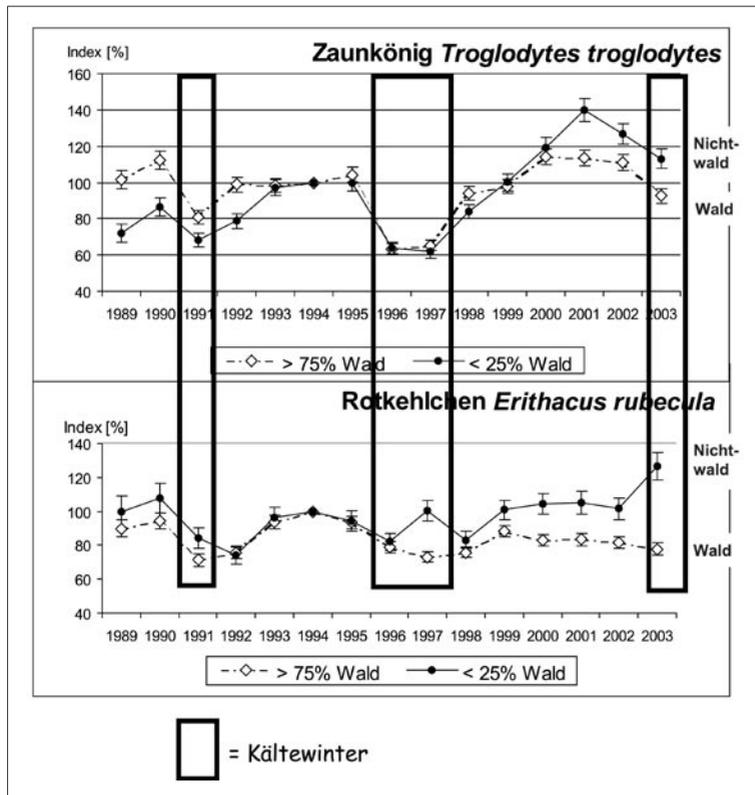


Abb. 7 Bestandstrends von Zaunkönig und Rotkehlchen von 1989-2003. Der Zaunkönig zeigt in den waldarmen Flächen (Waldanteil < 25%) eine positive Bestandsentwicklung, in den Flächen mit größeren Waldanteilen (> 75%) ist sein Bestand jedoch stabil. Sehr augenfällig ist die starke Abhängigkeit der Brutbestände des Zaunkönigs von der Härte des vorangegangenen Winters. Auch das Rotkehlchen zeigt außerhalb waldreicher Probeflächen einen positiveren Trend als in waldreichen Probeflächen (nach Flade & Schwarz 2004).

Fig. 7 Examples of species which show significantly different population trends in forests compared to habitats outside forests (urban areas, gardens, half-open landscapes) and impact of the winter weather on resident and partly migratory birds: examples of Wren and Robin (the four relatively cold or snow-rich winters are marked with boxes).

Nach dem Vorbild aus Großbritannien, wo der *British Trust for Ornithology* seit 1994 ebenfalls eine methodische Umstellung seines Monitorings häufiger Brutvögel zugunsten zufällig ausgewählter

Probeflächen vorgenommen hat (Noble *et al.* 2003), werden auch in Deutschland die Revierkartierungen und Punkt-Stopp-Zählungen zumindest bis 2008 - parallel zum neuen Monitoring mittels Linienkartierungen - fortgesetzt. Durch die fünf Jahre lang parallel erhobenen Daten wird die Basis geschaffen, Trends - basierend auf beiden Stichprobennetzen - miteinander zu vergleichen und Berechnungsgrundlagen abzuleiten, die schließlich einen lückenlosen Anschluss beider Programme gewährleisten werden, so dass künftig gesicherte Aussagen über die Bestandsentwicklung der häufigen Brutvogelarten ab dem Zeitpunkt der Wiedervereinigung der beiden deutschen Teilstaaten getroffen werden können.

Serciveleistungen für Mitarbeiter ...

Das Informationssystem „Mitmachen! - Vogelzählung in Deutschland“ auf der Internetseite des DDA (www.dda-web.de) soll allen Interessierten die Beteiligungsmöglichkeiten an Vogelerfassungen in Deutschland näher bringen. Beispielsweise stehen für alle Probeflächen des Monitorings häufiger Brutvögel Karten und Luftbilder zur Verfügung. Potenzielle Mitarbeiter können sich vorab informieren, wo sich in ihrer Nähe Probeflächen befinden und ob diese noch frei sind, und sich - in Vorbereitung der Kartierungen - anhand von Luftbildern aus der Vogelperspektive ansehen, wie die Fläche strukturiert ist.

... und Fachleute aus Fachbehörden und -verbänden

Im Informationssystem „Vögel in Deutschland“ des Dachverbandes Deutscher Avifaunisten (ebenfalls www.dda-web.de) finden sich hingegen zahlreiche Informationen über in Deutschland auftretende Vogelarten, z.B. Angaben zu Bestandsentwicklung, Verbreitungskarten, Rote-Liste-Status, Brut- und Rastbestände, Schutzinstrumente - Fakten und Daten, die bisher in nur schwer zugänglichen Quellen versteckt waren.

Literatur

Achtziger, R., Stickroth, H. & R. Zieschrank (2004): Nachhaltigkeitsindikator für die Artenvielfalt - ein Indikator für den Zustand von Natur und Landschaft in Deutschland. *Angew. Landschaftsökol.* 63: 1-137.

Bundesamt für Naturschutz (2004a): Daten zur Natur 2004. Monitoring in der Normallandschaft, S. 260 - 262. Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster.

Bundesamt für Naturschutz (2004b): Daten zur Natur 2004. Nachhaltigkeitsindikator für die Artenvielfalt, S. 270 - 271. Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster.

Bundesregierung (2002): Perspektiven für Deutschland - Unsere Strategie für nachhaltige Entwicklung. (www.bundesregierung.de/Anlage259153/Nationale+Nachhaltigkeitsstrategie+%28Deutsche+Fassung%29.pdf)

DDA (2007): Monitoring. (www.dda-web.de/index.php?cat=Monitoring&id=1&subid=0&ssc=0&lang=de)

Dröschmeister, R. (2001): Bundesweites Naturschutzmonitoring in der „Normallandschaft“ mit der Ökologische Flächenstichprobe. *Natur und Landschaft* 76: 58-69.

Flade, M. & J. Schwarz (2004): Ergebnisse des DDA-Monitoringprogramms, Teil II: Bestandsentwicklung von Waldvögeln in Deutschland 1989-2003. *Vogelwelt* 125: 177-213.

Mitschke, A., C. Sudfeldt, H. Heidrich-Riske & R. Dröschmeister (2005): Das neue Brutvogelmonitoring in der Normallandschaft Deutschlands - Untersuchungsgebiete, Erfassungsmethode und erste Ergebnisse. *Vogelwelt* 126: 127-140

PECBM (2006): *State of Europe's Common Birds, 2005. CSO/RSPB, Prague, Czech Republic.*

Schmid, H., Zbinden, N. & V. Keller (2004): Überwachung der Bestandentwicklung häufiger Brutvögel in der Schweiz. *Schweizerische Vogelwarte, Sempach.*

Schröder, W., Schmidt, G., Pesch, R., Matejka, H. & H. Eckstein (2001): Konkretisierung des Umweltbeobachtungsprogramms im Rahmen eines Stufenkonzeptes der Umweltbeobachtung des Bundes und der Länder. Teilvorhaben 3. Förderkennzeichen (UFOPLAN) 299 82 212 / 02; 182 S. und 4 Anhänge (www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten/daten/umweltbeobachtungsmethoden.htm)

Stickroth, H., Schmitt, G., Achtziger, R., Nigmann, U., Richert, E. & H. Heilmeyer (2003): Konzept für ein naturschutzorientiertes Tierartenmonitoring - am Beispiel der Vogelfauna. *Angew. Landschaftsökol.* 50: 1-397.

Südbeck, P., Andretzke, H., Fischer, S., Gedeon, K., Schikore, T., Schröder, K. & C. Sudfeldt (Hrsg.) (2005): Methodenstandards zur Erfassung der Brutvögel Deutschlands. Radolfzell.

Weitere Informationen: www.dda-web.de

Biodiversitätsindikatoren und Biodiversitätsmonitoring für Agrarlandschaften

Indicators and monitoring of biodiversity in agrarian landscapes

**Beatrix Wuntke, Gerd Lutze, Marion Voß, Joachim Kiesel,
Ralf Wieland und Karl-Otto Wenkel**

Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsplanung (ZALF),
Institut für Landschaftssystemanalyse,
Eberswalder Straße 84, 15374 Müncheberg
wuntke@zalf.de, glutze@zalf.de, mvoss@zalf.de, jkiesel@zalf.de,
rwieland@zalf.de, wenkel@zalf.de

Zusammenfassung

1. Zur Ermittlung der Biodiversität am Beispiel der Brutvögel auf Agrarlandschaften hat sich das auf stichprobentheoretischer Grundlage basierende, großräumige Monitoring in den Erprobungsjahren 2005 und 2006 flächendeckend für Brandenburg und im Jahr 2006 für Baden-Württemberg sowohl bezüglich der fachlichen Aussagetiefe als auch der technisch-organisatorischen Durchführbarkeit bewährt.
2. Das Monitoringverfahren ist kompatibel zum nationalen Brutvogelmonitoring der Normallandschaft und die Erhebungsbefunde führen zu einer neuen Qualität der Zustandsanalyse und -bewertung für den Agrarraum.
3. Die durchgeführten Brutvogelerhebungen und die Auswertungen erbrachten fundierte, repräsentative Erkenntnisse über die Biodiversität in den Agrarlandschaften der Bundesländer Brandenburg und Baden-Württemberg.

4. Die abzuleitenden Befunde über Zusammenhänge zwischen Brutvogelaufreten und Landschaftsstruktur bzw. Bewirtschaftungseinfluss liefern Grundlagen für die nationale und internationale Berichterstattung zum Status und zur Entwicklung der Artenvielfalt. Sie stellen auch eine Möglichkeit zur Erfolgskontrolle von Agrarumweltmaßnahmen und für die Ableitung von zielorientierten zukünftigen Maßnahmen dar.

5. Im Rahmen des Pilotprojektes wurden die Parameter Stetigkeit, Abundanz (Revierdichte) und Artenzahl als geeignete Basisdaten für die Entwicklung des Artenvielfaltsindikators im Agrarland am Beispiel der Brutvögel ermittelt. Mit den Daten des entwickelten Monitorings lassen sich durch Verschneidung mit weiteren digitalen Rauminformationen Gilden für die differenzierte Indikatorentwicklung ableiten. Die erhobenen Daten bieten darüber hinaus die Möglichkeit, Hochrechnungen für Bestandsabschätzungen der Agrarvogelarten mit statistisch begründeten Qualitätsangaben durchzuführen. Mit der Darstellung von ermittelten Bestandszahlen und auf den Mittelwert bezogenem relativem Fehler wurde ein Instrument geschaffen, das die Bewertung von Trends in der Bestandsentwicklung der Agrarvogelarten ermöglicht.

6. Das erprobte Monitoringverfahren einschließlich seiner GIS- und modellbasierten Analysemöglichkeiten kann als Basisverfahren für ein Agrar-Umwelt(Biodiversitäts)monitoring dienen. Mit ihm können weitere relevante Agrobiodiversitätsmerkmale effektiv erhoben werden.

7. Nach der Erprobungsphase ist eine agrarpolitische Entscheidung zur routinemäßigen Durchführung des Monitorings in Rahmen einheitlicher Strukturen erforderlich. Eine wissenschaftliche Begleitung erscheint beiderseits vorteilhaft.

Abstract

The assessment of the ecological quality of agrarian landscapes and especially their biodiversity requires the definition of a biodiversity indicator which reflects the specific influence of agricultural management as well as effects arising from natural differentiation of landscapes. The presented project has the following objectives: definition of a biodiversity indicator for agrarian landscapes using breeding birds; development of a

procedure for surveying the bird species in agrarian landscapes within the scope of an effective, random-sampling based monitoring; testing of the monitoring procedure in the federal states Brandenburg (two years) and Baden-Württemberg (1 year). The indicator and the monitoring approach make possible the assessment of the present condition and changes in the inventory of agrarian landscapes using breeding birds, the analysis of causes of possible changes and the development of concepts for purpose-directed agrarian environment measures. Finally, the results should also be appropriate to the monitoring of birds for the national sustainability strategy.

The biodiversity indicator developed in this project should enable efficient national and international reporting by the Federal Ministry of Food, Agriculture and Consumer Protection (BMELV).

Einleitung

National und international hat die Problematik des anhaltenden Verlustes an Biodiversität in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen. Eine besondere Relevanz besitzt dabei die Biodiversität von Agrarlandschaften sowohl unter dem Aspekt der generellen Verantwortung für die biologische Vielfalt als Lebensgrundlage zukünftiger Generationen als auch unter dem Aspekt der Suche nach Lösungen für nachhaltige Nutzungen der natürlichen Ressourcen. Intensive Landwirtschaft wird häufig als ein maßgeblicher Faktor des Rückganges der Biodiversität angeführt, deren Ausmaß und mögliche Ursachen werden bisher jedoch nur bedingt auf nachvollziehbarer Datenbasis von vorrangig landwirtschaftlich genutzten Arealen belegt. Deshalb wurde vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) das Projekt zur Entwicklung eines für Agrarlandschaften spezifischen Biodiversitätsindikators auf der Basis eines entsprechenden Monitorings gefördert.

Das Projektziel ist die Erarbeitung eines Monitoringverfahrens, welches die Datenbasis zur Ermittlung eines Artenvielfaltsindikators für Agrarlandschaften liefert. Das Verfahren wurde am Beispiel des Bundeslandes Brandenburg entwickelt und in den Jahren 2005 und 2006 erprobt. Im Jahr 2006 wurde das Verfahren auch auf das Bundesland Baden-Württemberg übertragen und getestet.

Mit diesem Artenvielfaltindikator soll die effiziente nationale und internationale Berichterstattung des BMELV unterstützt werden. Er bildet die Grundlage für die Ermittlung des Zustandes und von Veränderungen der Ausstattung der Agrarlandschaften mit Brutvögeln, der Analyse von Ursachen möglicher Veränderungen und des Ableitens zielgerichteter Agrar-Umwelt-Maßnahmen. Schließlich sollen die Ergebnisse auch kompatibel mit dem Monitoring für die nationale Nachhaltigkeitsstrategie sein. Die Vorhabensentwicklung erfolgte in Korrespondenz zur Projektgruppe des Bundesamts für Naturschutz (BfN), die die Erarbeitung eines Nationalen Nachhaltigkeitsindikators auf der Basis des Brutvogelmonitorings Deutschland (BMD) koordiniert.

Biodiversitätsmonitoring von Agrarlandschaften

Um zuverlässige Informationen über den Zustand der Biodiversität von Agrarlandschaften zu erhalten, ist ein Monitoring-Ansatz notwendig, der sowohl statistisch-stichprobentheoretischen und ornithologisch-fachlichen Anforderungen als auch ökonomisch-aufwandstechnischen Belangen gerecht wird, um letztendlich auch praktikabel zu sein. Unter Monitoring wird hier die systematische, routinemäßige und kontinuierliche (Dauer-)Erfassung von Biodiversitätsmerkmalen (Artenvielfalt u. a.) nach einem Überwachungsprogramm mit definierter Zielstellung und mit standardisierten Methoden, die zu statistisch abgesicherten Ergebnissen führen, verstanden (Lutze *et al.* 2006).

Bei der Entwicklung des Monitoringverfahrens wurden folgende Schwerpunkte gesetzt:

- Optimierung von Arbeitsaufwand und Aussagegenauigkeit,
- Möglichkeit aktueller, flächenbezogenen Hochrechnungen von Erhebungsmerkmalen mit statistischen Genauigkeitsangaben und
- Durchführung von multivariablen statistischen Analysen zur Untersuchung von Wechselwirkungen und Abhängigkeitsbeziehungen verschiedener Merkmale (raumbezogene Extrapolation von Auftretenswahrscheinlichkeiten und deren Generalisierung (Modellbildung)).

Für flächenbezogene Monitoringverfahren stellt das Raum- und Stichprobenkonzept eine wichtige Grundlage dar. Dabei bildet die Stratifizierung der Bezugsflächen der Testländer die Voraussetzung für das Ziehen der Stichproben. Auf der Basis der naturräumlichen Landschaftsgliederung wurden für Brandenburg 4 Straten und für Baden-Württemberg 5 Straten gebildet. Für das Ziehen der Stichproben wurden die ackerland- bzw. grünlanddominierten Bezugsflächen GIS-gestützt herausgearbeitet und so eine klare Fokussierung auf die landwirtschaftlich genutzten Areale erreicht.

Warum wurden die Brutvögel als Indikatorgruppe ausgewählt?

Vögel bieten als Bioindikatoren eine Reihe von Vorteilen (nach George 2004, Gregory 2005, Wiens 1989 u. a.):

- Vogelarten/-bestände lassen sich gut erfassen;
- Vögel werden seit langem beobachtet;
- Es gibt allgemein gute Kenntnisse hinsichtlich Verbreitung als auch Bestandsentwicklung, Ökologie und Gefährdungsursachen;
- Vögel sind in allen Lebensräumen präsent, aber auch mit differenzierten Aktionsräumen;
- Vögel stehen weit oben in der Nahrungskette;
- Vögel gestatten Aussagen zu Lebensraumqualität, Struktur-reichtum und Diversität großer Räume / Landschaften;
- Vögel besitzen hohe Sensitivität gegenüber Umweltveränderungen und
- Vögel sind eine attraktive, beliebte Tiergruppe – „politikfähig“.

Allerdings gibt es auch einige Grenzen/Nachteile:

- Die Einpassung der Vögel in die Bedingungen der Agrarlandschaft ist ein vielschichtiges Problem, das nicht nur aus der augenblicklichen Situation zu sehen ist, sondern auch unter Berücksichtigung der historischen Entwicklung;
- Die Mobilität und der relativ großer Aktionsradius lassen keine kleinräumige, parzellenscharfe Aussage zu;
- Das mögliche hohe Alter und die Standorttreue können über sich verschlechternde Lebensraumbedingungen hinwegtäuschen (zeitlich puffern);
- Es bestehen Einflüsse von „außerhalb“ auf die Bestandsentwicklung z.B. bei Zugvögeln und
- es gibt Defizite bei Details zur Ökologie häufiger (gewöhnlicher) Arten.

Im Jahr 2005 erfolgte im Land Brandenburg die Aufnahme der Vogelarten und ihrer Abundanz auf 65 Beobachtungsflächen von je 1 km². Von den ausgewählten Flächen waren 31 grünlanddominierte und 34 ackerlanddominierte Agrarflächen. Im Jahr 2006 wurden die Erhebungen wiederholt und zusätzlich in Baden-Württemberg weitere 70 Probe-flächen einbezogen. Die Ergebnisse der Stratifizierung und die Verteilung der Beobachtungsflächen zeigt Abb. 1.

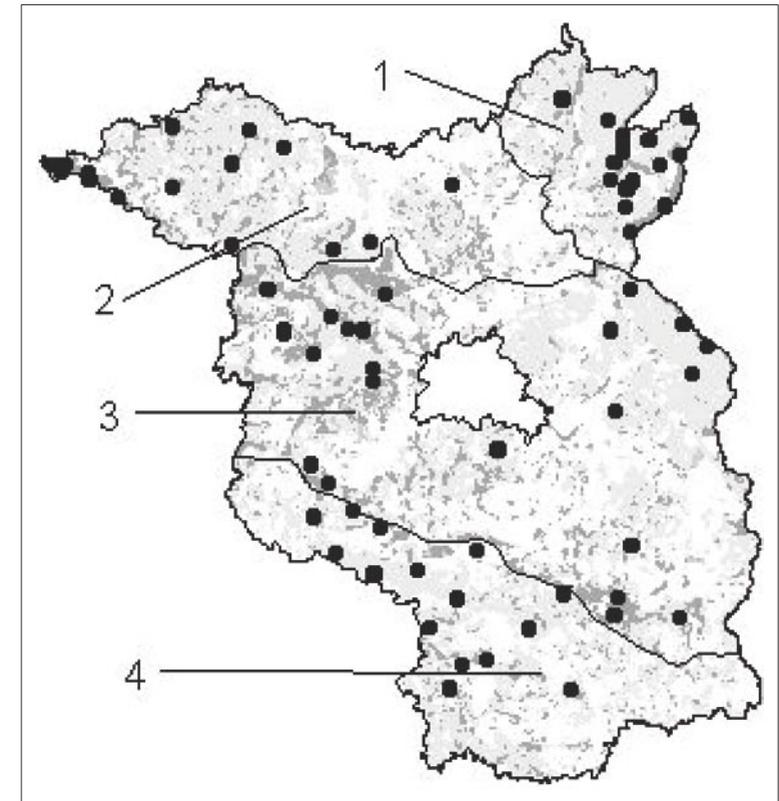


Abb.1 Stratifizierung in Brandenburg und Verteilung der Beobachtungsflächen
Fig.1 Stratification in Brandenburg and distribution of study areas

Die Brutvögel wurden mittels Revierkartierung auf 5 Kontrollgängen während der Brutsaison auf der gesamten Fläche gemäß den ornithologisch üblichen Methodenstandards (Südbeck *et al.* 2005) kartiert.

Die Erhebung der Vogeldaten übernahmen jeweils ca. 20 vertraglich gesicherte, ornithologisch qualifizierte Kartierer. Zusätzlich wurden Bewirtschaftungsinformationen von den Flächen erhoben. Alle Erhebungsdaten wurden digitalisiert (geografisch verortet) und in eine Datenbank aufgenommen. Außerdem wurde für GIS-gestützte Untersuchungen ein umfassender Geodatenpool (Landnutzungsverteilung, Landschaftsstrukturen, Biotopstrukturen, Geomorphologie, aktuelle Luftbilder) aufgebaut. Die Datenbank wurde zunächst für die Stratifizierung bzw. das Ziehen der Stichproben genutzt. Das stratifizierte Stichprobefahren bietet nun die Möglichkeiten der raumdifferenzierten Hochrechnung der Brutvogelraten und der umfassenden Durchführung raumbezogener Analysen, von denen im Folgenden ausgewählte Ergebnisse vorgestellt werden.

Ergebnisse der Brutvogelkartierungen

Artenausstattung

Bei der Kartierung wurden alle vorkommenden Vogelarten erfasst. Für die Auswertung im Rahmen der Pilotstudie erfolgte eine Schwerpunktsetzung auf typische Agrararten. Dabei orientierten wir uns analog zum Ansatz des Bundesamtes für Naturschutz im Rahmen der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesrepublik an den Schwerpunkttarten für den Lebensraum Agrarlandschaft: Braunkehlchen, Goldammer, Heidelerche, Feldlerche, Neuntöter, Steinkauz, Grauammer, Rotmilan, Uferschnepfe, Kiebitz.

Im Rahmen der Kartierungen wurden 104 (im Jahr 2005) bzw. 107 (im Jahr 2006) der 220 für das Land Brandenburg nachgewiesenen Brutvogelarten auf den Untersuchungsflächen festgestellt. Das bedeutet, ca. 50 % der brandenburgischen Brutvögel nutzen die Agrarlandschaft zumindest als Teillebensraum während der Brutzeit.

Die Abbildungen 3 und 4 zeigen die festgestellten Revierzahlen (= Brutpaare) für die jeweils 10 häufigsten Arten im Ackerland und Grünland.

Zur Abschätzung der Aussagefähigkeit brandenburgischer Daten wurden die Anteile der brandenburgischen Bestände an den veröffentlichten, bundesweiten Bestandsschätzungen ermittelt (Abb. 2).

Von den 10 im bundesweiten Ansatz benannten Arten weisen Braunkehlchen, Feldlerche, Grauammer, Heidelerche und Neuntöter Anteile von über 10 % am gesamtdeutschen Bestand auf (Abb. 2). Weitere typische Arten der Agrarlandschaft mit über 10 % sind die Dorngrasmücke und der Ortolan.

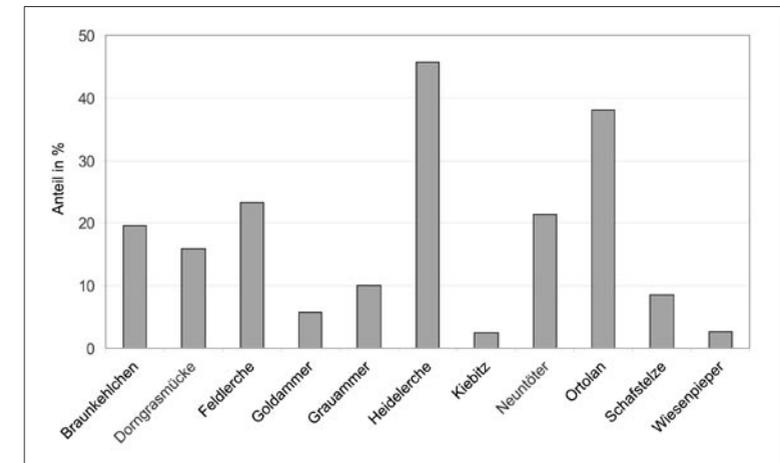


Abb. 2 Anteil der brandenburgischen Bestände ausgewählter Arten am jeweiligen gesamtdeutschen Bestand
Fig. 2 Proportion of selected bird populations in Brandenburg in relation to the whole German populations

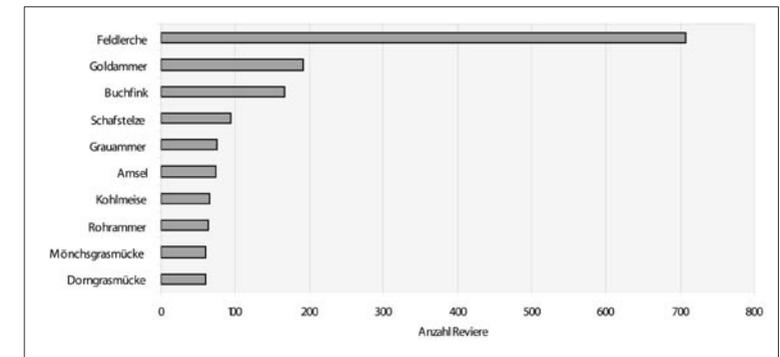


Abb. 3 Die 10 häufigsten Arten des Ackerlandes
Fig. 3 Top 10 in field areas

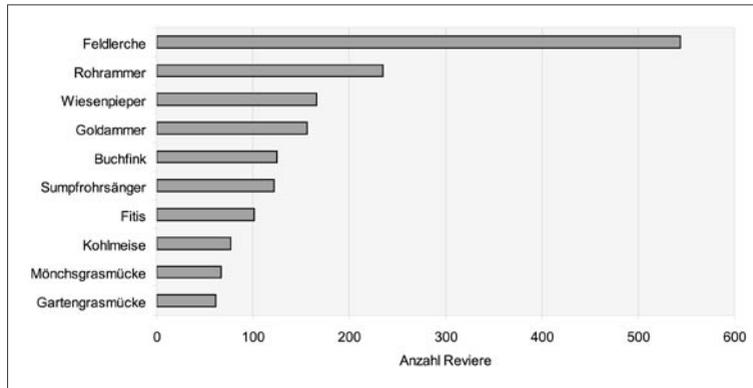


Abb. 4 Die 10 häufigsten Arten im Grünland
Fig. 4 Top 10 in grassland areas

Die Artenzahlen auf den Beobachtungsflächen schwankten zwischen 5 und 61. Die Zahl der ermittelten Reviere/km² lag zwischen 23 und 230, im Mittel bei 80 + 39. Diese enorme Streubreite verweist einerseits auf eine hohe Artendiversitäts- bzw. Abundanzpotenziale auf den Agrarlandschaften und andererseits aber auch auf eine große Armut bestimmter Flächen. Die struktur- und bewirtschaftungsbedingten Ursachen für diese Unterschiede gilt es weiter zu analysieren, um Ansatzpunkte für Veränderungen zu erkennen.

Die mittels des großräumigen, repräsentativen Erhebungsverfahrens erzielten Befunde geben erstmals eine fundierte und detaillierte Information über den Zustand aller naturräumlich bedeutsamen Agrarlandschaften des Landes Brandenburg. Im Gegensatz zu den zahlreichen Einzeluntersuchungen wird so auf Basis einer repräsentativen Stichprobe eine raumbezogene Wertung der erhobenen Daten möglich.

Gildenbildung, Landschafts- und Habitatstruktur

Mit Hilfe einer Clusteranalyse wurden die Lebensraumnutzung bzw. -ansprüche der in den Agrarlandschaften beobachteten Brutvogelarten untersucht. Dabei kristallisierten sich größere Artengruppen heraus, die auch als Gilden mit gleichen oder ähnlichen Habitatansprüchen angesehen werden können:

1. Gruppe von Arten, die auf Arealen brüten, die „frei an Landschaftsstrukturelementen“ sind (z.B. auf Äckern)

Dabei ist der häufig gebrauchte Begriff „strukturlos“ nicht zutreffend, denn auch auf den freien, offenen Äckern oder Grünlandflächen sind natürlich Strukturen in Form der verschiedenen Bestände der Feldkulturen vorhanden. Zutreffender ist hier der Begriff „frei an Landschaftsstrukturelementen“. Markante Vertreter dieser Gilde sind die Feldlerche und die Schafstelze.

2. Gruppe von Arten, an Landschaftsstrukturelemente gebundenen sind (Hecken- und „Strukturbewohner“)

Als charakteristische Strukturelemente werden in der Jungmoränenlandschaften einerseits die mit Söllen bzw. Ackerhohlformen vergesellschafteten Landschaftselemente und andererseits die Flurgehölze verschiedener Ausprägung angetroffen (Lutze *et al.* 2006). Die charakteristischen Vertreter dieser Gilde sind die Goldammer, die Dorngrasmücke, die Rohrammer, der Sumpfrohrsänger u. a.

3. Gruppe von Arten der „Großvögel“ der Agrarlandschaft

Diese Gilde der Brutvögel der Agrarlandschaft wird mit der verwendeten Methode der Revierdichtekartierung bekanntlich nur unzureichend erfasst, da ihr „home range“ in der Regel über das Gebiet der abgegrenzten Untersuchungsflächen hinausgeht und die Horststandorte sich mitunter nicht auf den Flächen sondern auf angrenzenden Arealen befinden. Als charakteristische Vertreter für das Untersuchungsgebiet können der Kranich, der Weißstorch und die Greifvogelarten (Habicht, Mäusebussard, Rotmilan, Schleiereule, Fischadler) angeführt werden.

Diese Gildenbildung bestätigt die Erfahrungen von Feldornithologen und die Befunde aus Studien anderer Agrarlandschaften (George 2004, Voigtländer *et al.* 2003 u.a.).

Mit der klaren Zuordnung der Vogelpopulationen und ihrer Habitatsprüche ebnet man einen Weg zum Erkennen und Erklären von Einflüssen der Landschaftsstrukturierung und der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung auf das Arteninventar und deren Abundanz in den Agrarlandschaften.

Dabei bestehen z.B. bei der ersten Gilde mit ihrem Habitat auf dem „offenen“ Acker bzw. Grünland besonders enge Bezüge zur landwirtschaftlichen Nutzung und Bewirtschaftung. Veränderungen in der Bewirtschaftungsweise bzw. der eingesetzten Technologie können sich direkt auf die Habitate dieser Arten auswirken.

Bei den Arten der zweiten Gilde bestehen hingegen enge Beziehungen zur naturräumlich vorgeprägten und landnutzungsseitig beeinflussten Landschaftsstrukturvielfalt bzw. -armut.

Strukturreichtum ermöglicht eine hohe Artenvielfalt auch in der Agrarlandschaft. So sind die registrierten Artensets ein Ausdruck der differenzierten Strukturausstattung.

Die Abbildungen 5 bis 7 zeigen einen Vergleich der mittleren Revierzahlen für die Arten Feldlerche, Wiesenpieper und Schafstelze in den 4 untersuchten Regionen mit den Werten einer Studie von Lohn (2000) auf Extensivgrünland im Nordwesten Brandenburgs. Das kleinflächig parzellierte Extensivgrünland wies deutlich überdurchschnittliche Brutvogelzahlen auf. Ursache hierfür sind sowohl die differenzierte Bewirtschaftung als auch am Brutvogelschutz orientierte späte Mahdtermine.

Für das Ackerland werden bereits in der Literatur die Intensivierung der Bearbeitung (große Schläge, mehrfach in der Brutsaison intensive Befahrung zwecks Düngung, Unkrautbekämpfung etc.) und die Abnahme der Fruchtartenvielfalt als bedeutsame Gründe für den Rückgang der Vogelbestände angeführt (Berthold 2003, Brickle *et al.* 2000, George 2004, Müller *et al.* 2005). Abb. 8 zeigt die Flächenverteilung der einzelnen Fruchtarten auf den 65 Probeflächen für das Jahr 2005. Deutlich zeigt sich die Dominanz des Wintergetreides. Im Jahr 2006 sah die Anbauverteilung ähnlich aus.

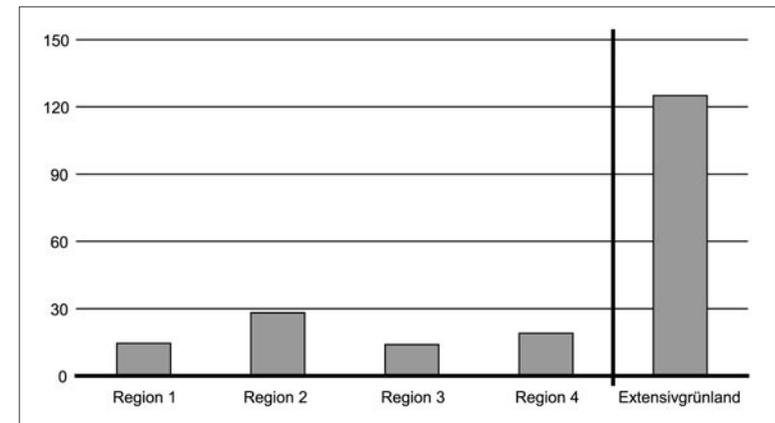


Abb. 5 Revierdichte/100 ha der Feldlerche in Brandenburg
Fig. 5 Breeding density per 100 ha for the Skylark in Brandenburg

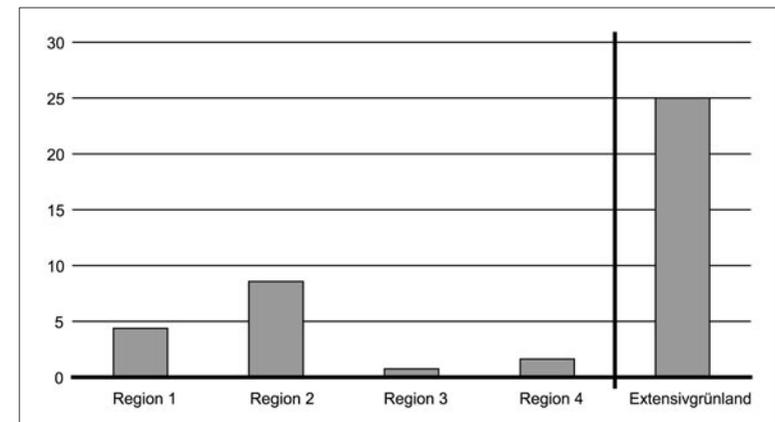


Abb. 6 Revierdichte/100 ha der Schafstelze in Brandenburg
Fig. 6 Breeding density per 100 ha for the Yellow Wagtail in Brandenburg

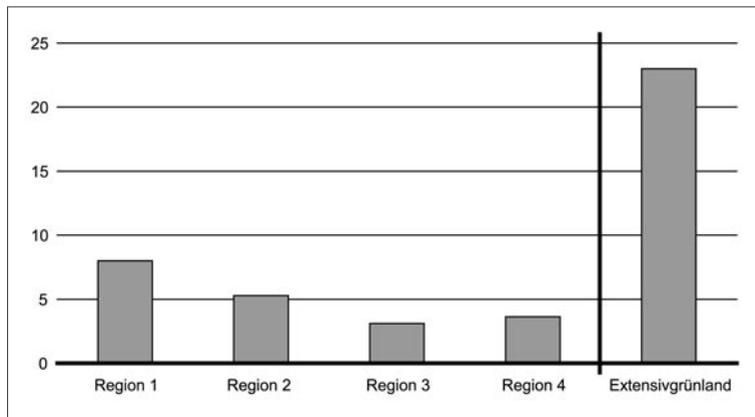


Abb. 7 Revierdichte/100 ha des Wiesenpiepers in Brandenburg
Fig. 7 Breeding density per 100 ha for the Meadow Pipit in Brandenburg

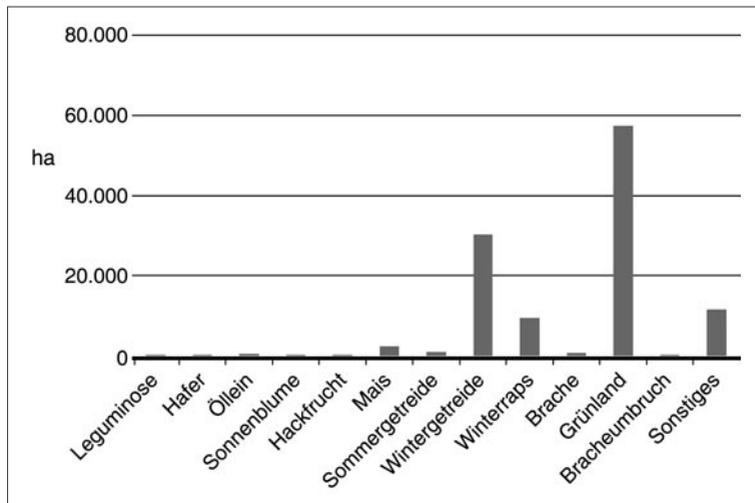


Abb. 8 Flächenanteile der einzelnen Fruchtarten
Fig. 8 Proportion of the different field crops

Indikatoransatz - Indikatorkonstruktion

Zur Ermittlung des Indikators erfolgte eine Untergliederung des Hauptlebensraumes Agrarland zunächst in die Lebensräume Ackerland und Grünland, da sich deren Artenkomposition mehr oder weniger unterscheiden. Hier dominiert die jeweilige Nutzungsart auf über 70 % der Fläche.

Im nächsten Schritt wurden diese Lebensräume weiter untergliedert

- nach Arealen der freien, offenen Äcker und Grünlandflächen („frei an Landschaftsstrukturelementen“) und
- nach Arealen mit Landschaftsstrukturelementen.

Die Komposition der Gesamtlandschaft aus diesen beiden Teil Lebensräumen (Anteil offener Bereiche bzw. Landschaftsstrukturelemente) und auch die Konfiguration (das räumliche Verteilungsmuster) bestimmen als wesentliche Einflussfaktoren das zu erwartende Artenspektrum und auch die Abundanz der häufigsten Arten. Diese pragmatisch geprägte Gliederung ist ein Resultat der Clusteranalysen und ermöglicht sowohl eine gut nachvollziehbare Indikatorgestaltung aus diesen Gruppen als auch eine detaillierte Ursachenanalyse.

Komposition und Konfiguration werden im Wesentlichen von der naturräumlichen Vorprägung als auch von der Landnutzungsgeschichte und der aktuellen Bewirtschaftungsweise bestimmt. Deshalb muss auch aus diesen das naturräumlich differenzierte Ausstattungspotenzial abgeleitet werden.

So ist es ein Spezifikum der Brandenburger Agrarlandschaft, dass die Landschaftsstrukturelemente einmal in gehölzdominiert und in gewässerdominiert untergliedert werden.

Zur Ermittlung des Indikators erfolgte eine Untergliederung des Hauptlebensraumes Agrarland in Teil Lebensräume:

- I Grünlanddominierte Agrarlandschaft
 - a) freie Grünlandflächen
 - b) Strukturen im Grünland
 - b1) Strukturen gehölzdominiert
 - b2) Strukturen gewässerdominiert

II Ackerdominierte Agrarlandschaft

- a) freie Ackerflächen
- b) Strukturen im Ackerland
 - b1) Strukturreichtum gehölzdominiert
 - b2) Strukturreichtum gewässerdominiert

Diesen Teillebensräumen wurden anhand von Clusteranalysen den ermittelten Vogelartengilden zugeordnet.

Der weitere Ansatz sieht eine artenspezifische Hochrechnung der 10 wichtigsten Arten für Lebensräume (AL, GL mit entsprechender Untergliederung) und die anschließende Aggregation für den Lebensraum Agrarland vor. Dieser Ansatz weist eine hohe Kompatibilität mit dem BfN-Ansatz u. *EU-farmland-bird-indicator* auf.

In einer zweiten Stufe können bei Fortführung der jährlichen Bestandserfassungen erreichbare Zielwerte für den Agrarraum abgeleitet werden (Abb. 9).

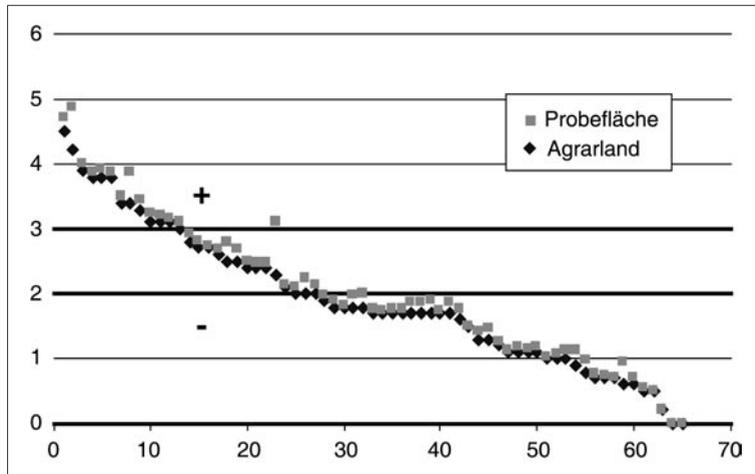


Abb. 9 Bewertung der Siedlungsdichten für die Feldlerche. Aufgetragen wurden in absteigender Reihenfolge die ermittelten Reviere/10 ha für jede Untersuchungsfläche. Die eingezeichneten Grenzwerte für eine positive bzw. negative Bewertung sind in einem Abstimmungsprozess vorab festzulegen.

Fig. 9 Assessment of the breeding density per 10 ha for the Skylark

Setzt man die aktuellen Werte mit den Mittelwerten der vorangegangenen Monitoringjahre in Bezug, so lassen sich jährliche Schwankungsbreiten (Abb. 10) aufzeigen und Trends ermitteln.

Bei der Entwicklung dieses Schrittes wurde deutlich, dass ca. 50 % der Variabilität der Brutvogelausstattung durch die Landschaftsstruktur bedingt sind. Sie ließen sich durch Einbeziehung der Daten der Biotoptypenkartierung des Landes Brandenburg herleiten. Die verbleibenden 50 % sind ein Gefüge aus Ursachen, die vor Ort zu suchen und zu beeinflussen sind (Bewirtschaftung) und Ursachen außerhalb der Brutgebiete, wie Nahrungsangebot in den Überwinterungsgebieten (Bsp. in der Literatur für Weißstorch und Dorngrasmücke), Bedingungen während des Zuges (Bsp. in der Literatur für Weißstorch und Neuntöter) oder auch klimatische Veränderungen in den Brutgebieten, die sich ebenfalls der direkten Einflussnahme vor Ort entziehen.

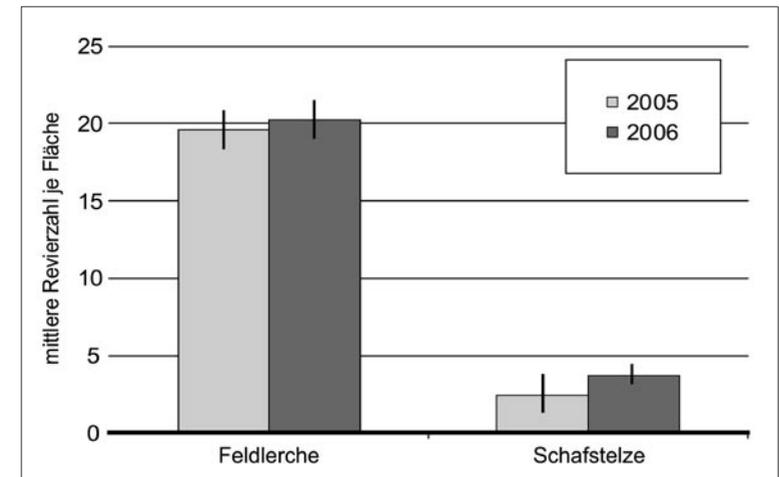


Abb. 10 Spannbreiten zur Bewertung ermittelter Trends. Exemplarisch dargestellt für die vorliegenden 2 Beobachtungsjahre des Pilotprojektes.

Fig. 10 Range for the assessment of detected trends (only 2 years) in bird populations

Das Ursachengefüge vor Ort wird im Wesentlichen durch 2 Faktoren bedingt: Nahrungs- und Brutplatzverfügbarkeit. Für bodenbrütende Arten wie Feldlerche und Schafstelze nimmt die Landbewirtschaftung einen direkten Einfluss auf die Brutplätze. Für alle den Agrarraum zur Nahrungssuche nutzenden Vogelarten beeinflusst die Bewirtschaftung das Nahrungsangebot. Zum einen über die Verminderung des Insektenangebots durch die intensive Bewirtschaftung, zum anderen durch die Verringerung des Angebots an vegetarischer Kost.

Letzteres beeinflusst insbesondere die im Gebiet überwinternden Arten durch die Verringerung von Stoppelflächen, da durch den verstärkten Anbau von Wintergetreide ein Stoppelumbruch bereits im Herbst erfolgt.

Danksagung

Für die Förderung und Unterstützung des Projektes wird dem Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz und der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (Projektträger) gedankt.

Unser Dank geht auch an Herrn A. Krismann für die hervorragende Zusammenarbeit bei Vorbereitung und Durchführung der Projektarbeiten in Baden-Württemberg.

Literatur

Berthold, P. (2003): Die Veränderung der Brutvogelfauna in zwei süddeutschen Dorfgemeindebereichen in den letzten 5 bzw. 3 Jahrzehnten oder: verlorene Paradiese. *J. Ornithol.* 144 (4), 385 - 410.

Brickle, N.W., Harper, D.G.C., Aebischer, N.J. & S.H. Cockayne (2000): *Effects of agricultural intensification on the breeding success of corn buntings *Miliaria calandra**. *J. Appl. Ecol.* 37, 742 - 755.

George, K. (2004) : Veränderungen der ostdeutschen Agrarlandschaft und ihrer Vogelwelt insbesondere nach der Wiedervereinigung Deutschlands. Diss., Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 138 S.

Gregory, R.D. (2005): *Bird monitoring at a European scale*. Vortrag DDA-Tagung, Gnevikow, Okt. 2005.

Löhn, J. (2000): Der Dreifelderversuch in der Elbtalaue bei Lenzen 1997 - 1999. II. Nachtrag: Die faunistische Entwicklung. Forschungsbericht Humboldt-Univ. Berlin, FG Nutztierökologie.

Lutze, G., U. Stachow, S. Naumann, R. Oppermann, J. Hoffmann, A. Schultz & E. Borg (2006): TAPAS: Konkretisierung und Stichprobenkonzept für die bioökologische Indikatoren „Artenvielfalt“ (28) und „Gebiete mit hohem Naturschutzwert“ (26) am Beispiel des Grünlandes in Brandenburg und Baden-Württemberg. Zielstellung und methodischer Ansatz. Forschungsbericht. Müncheberg, unveröffentlicht, Oktober 2006, 178 S.

Lutze, G., J. Kiesel & T. Kalettka (2006): Ackerhohlformen und Flurgehölze als charakteristische Ausstattungselemente von Jungmoränenlandschaften - dargestellt am Beispiel der Ziethener Moränenlandschaft. In: Lutze, G., A. Schultz & K.-O. Wenkel (Hrsg.): *Landschaften beobachten, nutzen und schützen. Landschaftsökologische Langzeit-Studie in der Agrarlandschaft Chorin 1992-2006*. Teubner Verlag, Wiesbaden, im Druck.

Müller, M., Spaar, R., Schifferli, L. & L. Jenni (2005): *Effects of changes in farming of supalpine meadows on a grassland bird, the whinchat (*Saxicola rubetra*)*. *J. Ornithol.* 146 (1): 14 - 23.

Südbeck, P., H. Andretzke, S. Fischer, K. Gedeon, T. Schikore, K. Schröder & C. Sudfeld (2005): Methodenstandards zur Erfassung der Brutvögel Deutschlands. Radolfzell, 777 S.

Voigtländer, U., W. Scheller & C. Martin (2001): Ursachen für die Unterschiede im biologischen Inventar der Agrarlandschaft in Ost- und Westdeutschland. *Angewandte Landschaftsökologie*, Heft 40, Bundesamt für Naturschutz, 408 S.

Die Ökologische Flächenstichprobe (ÖFS) als Biodiversitätsmonitoring NRW

Ecological area sampling (ÖFS) as instrument of biodiversity monitoring in North Rhine-Westphalia

Heinrich König

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV) NRW,
Fachbereich 25 - Monitoring, Effizienzkontrolle, Leibnizstr. 10,
45659 Recklinghausen, heinrich.könig@lanuv.nrw.de

Zusammenfassung

Analog zum Biodiversitätsmonitoring der Schweiz ist die Ökologische Flächenstichprobe ein zentrales Modul des nordrhein-westfälischen Biodiversitätsmonitorings. Dabei stehen die Ebenen Vielfalt an Lebensräumen (Biototypen, Ökosysteme) und Artenvielfalt innerhalb eines Lebensraumes im Vordergrund.

Die ÖFS in NRW basiert auf einem zufallsverteilten Netz von 170 je 100 ha großen Untersuchungsflächen und erfasst u.a. Parameter wie Biotop- und Nutzungstypen, Strukturparameter, quantitativ die biotop-typenspezifische Flora und alle Brutvögel. In der aktuellen Diskussion über ein Klimafolgemonitoring und das Design eines bundes- bzw. europaweiten FFH-Monitorings (Berichtspflicht) gewinnt die ÖFS an Bedeutung.

Mehrere Beispiele geben einen Überblick über die Auswertungsmöglichkeiten der ÖFS.

Abstract

Similar to biodiversity monitoring in Switzerland the ecological area sampling (ÖFS) is the main instrument of biodiversity monitoring in NRW. Main objectives are the diversity of habitats (types of habitats, ecosystem) and the diversity at species level within the habitats.

The 170 ecological area samplings with the size of 1 square kilometre are randomly distributed in NRW. Habitat type, structure of habitat, landuse, flora and avifauna are assessed and documented. Currently the ecological area sampling gains in importance because of growing monitoring needs due to climate change and increasing monitoring commitments at national and European level (i.e. FFH-directive).

Examples are given to demonstrate main analysis options of the ecological area samplings.

Einleitung

Die Ökologische Flächenstichprobe (ÖFS) ist ein auf 100 Hektar großen Untersuchungsflächen basiertes Monitoringkonzept, welchem in Deutschland ein zufallsverteiltes repräsentatives Netz von 1000 Untersuchungsflächen zugrunde liegt (Dröschmeister 2001, König 2003) (Abb. 1).

In Nordrhein-Westfalen werden z.T. seit 1997 mit Beginn dieses Monitoring-Programmes auf 170 Untersuchungsflächen, was einem Flächenanteil des Landes von 0,5 % entspricht, folgende Parameter erhoben:

Biotop- und Nutzungstypen

- Strukturparameter
- numerischer Biotopwert
- Erhaltungszustand bei FFH-Lebensraumtypen
- Maßnahmen- bzw. Vertragspakete (z.B. des Kulturlandschaftsprogrammes)

Flora / Gefäßpflanzen

- quantitativ (prozentuale Deckungsgrade) und biotoptypenspezifisch

Fauna

- Brutvogelkartierung (Siedlungsdichteuntersuchung)
- Zielartenkartierung (qualitativ, ausgewählte Vertreter mehrerer Artengruppen auf Quadrantenbasis)

Monitoring genveränderter Organismen (GVO-Monitoring)

- Pflanzenproben von Raps und acht weiteren Kreuzblütlern

Der Wiederholungsrhythmus der Geländearbeiten beträgt 6 Jahre. Jährlich werden 1/6 aller ÖFS-Untersuchungsflächen bearbeitet bzw. die Daten aktualisiert. Mittels des „Gleitenden Mittelwertes“ ergeben sich jedoch somit jährlich aktuelle Zahlen für alle Parameter.

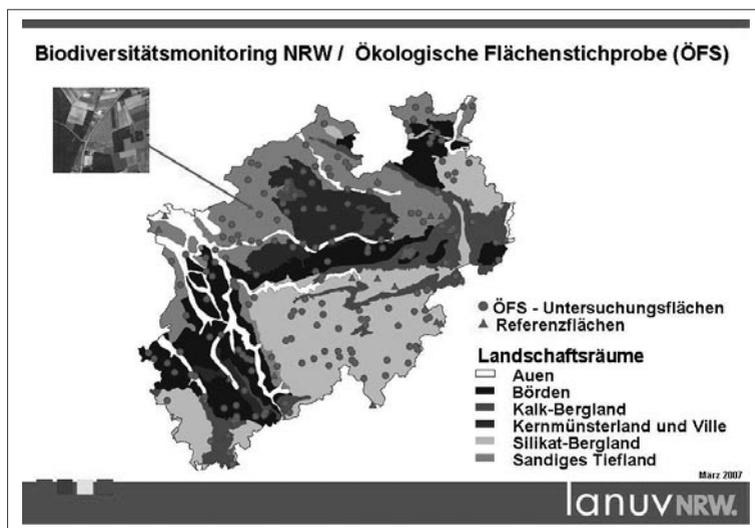


Abb.1 Untersuchungsflächen der Ökologischen Flächenstichprobe (ÖFS) des Biodiversitätsmonitorings in NRW

Fig.1 Study areas of the ecological area sampling in NRW

Auswertungsbeispiele

Grünland

Die Intensivierung der Grünlandnutzung der letzten Jahrzehnte, insbesondere Entwässerung, Düngung und frühere bzw. häufigere Mahd sowie Erhöhung der Viehdichte und verändertes Weidemanagement, haben allgemein zum Verlust von Extensivgrünland geführt. Eine Bilanz für 2005 zeigt, dass in NRW Mager- und Feuchtgrünland insgesamt nur einen Flächenanteil von 7,5 % einnehmen.

In der Abb. 2 ist eine Differenzierung in einzelne Mager- und Feuchtgrünlandtypen dargestellt sowie deren Anteil an FFH-Lebensraumtypen (6510 Glatthaferwiesen und 6530 Goldhaferwiesen).

Die Intensivierung der Grünlandbewirtschaftung wirkt sich auch direkt auf die Artenzusammensetzung bzw. Artenvielfalt der Grünlandbiotoptypen aus. So werden konkurrenzschwache Pflanzenarten von schnell- und hochwüchsigen Arten des Intensivgrünlandes mit hoher Toleranz von früher und mehrmaliger Mahd sowie/ bzw. oder hohem Beweidungsdruck verdrängt.

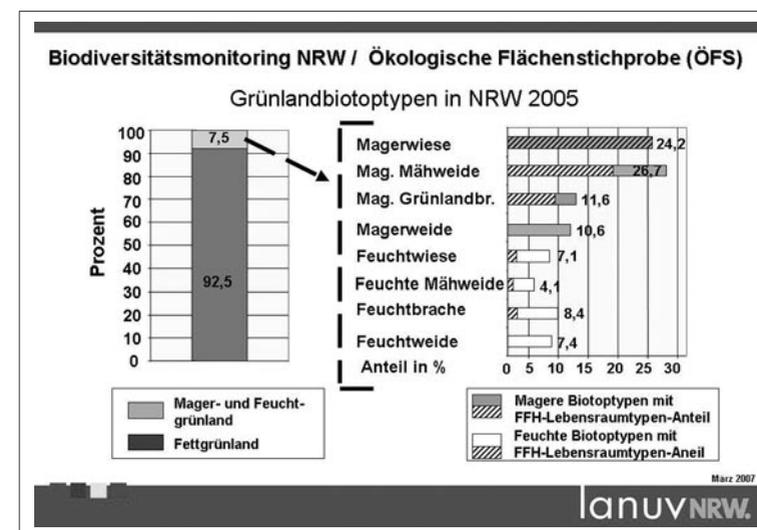


Abb.2 Differenzierung des Grünlandes in Biotoptypen und deren Prozentanteil an FFH-Lebensraumtypen

Fig.2 Differentiation of grassland to habitat types of the FFH-Directive and their percentage of all habitats

In der Abb. 3 sind alle Grünlandbiotoptypen nach Vorkommen und Anzahl von Magerkeitszeigern differenziert. Magerkeitszeiger sind als diejenigen Pflanzenarten definiert, die nährstoffarme Standorte anzeigen. Je höher die Zahl der Magerkeitszeiger, umso höher der Extensivierungsgrad der entsprechenden Grünlandbiotoptypen. In mehr als 1.000 dieser Auswertung zugrunde liegenden Grünlandbiotoptypen konnten in 56,7 % keine Magerkeitszeiger festgestellt werden.

Lediglich in 15,1% der Grünlandflächen kommen 1 und in 11,3% 2 Magerkeitszeiger vor.

Die Prozentanteile von artenreichen Grünlandbiotoptypen mit ≥ 9 Magerkeitszeigern liegen jeweils unter einem Prozentpunkt.

Besonders artenreiche Magergrünlandflächen könnten lediglich in zwei Flächen mit 30 Magerkeitszeigern als Maximum festgestellt werden.

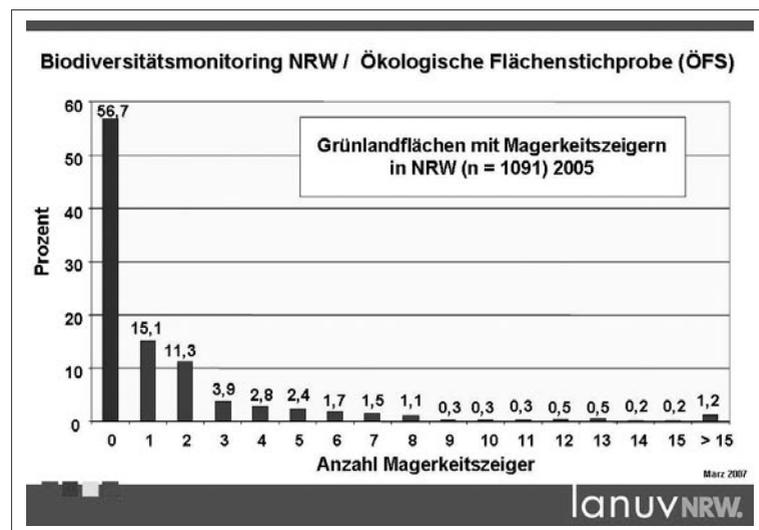


Abb. 3 Anzahl der Magerkeitszeiger in Grünlandbiotoptypen in NRW 2005
Fig. 3 Number of plant species indicating oligotrophic grassland in grassland habitats of NRW in 2005

Ackerwildkrautflora

Der Verlust an Artenvielfalt ist auch für die Ackerbegleitflora in vielen Einzeluntersuchungen belegt.

Kornblume und verschiedene Mohnarten als typische Begleitarten des Getreideanbaus prägten einst die Feldfluren der bäuerlichen Kulturlandschaft und zählten zu den häufigsten Wildkräutern. Mittlerweile gehören sie eher zu den selteneren Pflanzenarten. Ihnen kommt für die biologische Vielfalt auf Äckern eine Weiserfunktion zu. In Abb. 4 wird deutlich, dass Kornblumen nur noch in 5,6% und Mohnarten

nur noch in 16,5% der durch die ÖFS untersuchten Getreidefeldern vorkommen. Ihr Fehlen ist vor allem auf den Herbizideinsatz zurückzuführen.

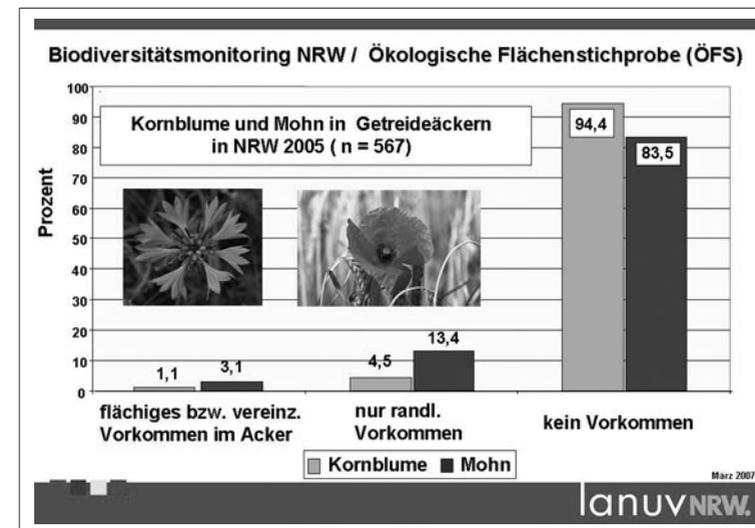


Abb. 4 Vorkommen von Mohn (*Papaver spec.*) und Kornblume (*Centaurea cyanis*) in Getreidefeldern von NRW 2005
Fig. 4 Distribution of poppy (*Papaver spec.*) and cornflowers in cornfields of NRW in 2005

Rauchschwalbe als Indikatorart

Die Rauchschwalbe ist in ihren mitteleuropäischen Brutgebieten besonders eng an landwirtschaftliche Betriebe gebunden. Dies gilt vor allem dann, wenn dort Großviehhaltung (Pferde, Rinder, Schweine) in für die Vögel zugänglichen Warmställen betrieben wird. Dort findet der Koloniebrüter durch das üppige Insektenangebot auch ausreichend Nahrung. Die Daten der ÖFS lassen eine Verknüpfung der Ergebnisse der Biotoptypenkartierung einerseits und der Brutvogelkartierung andererseits zu. Sie bestätigen in Abb. 5 eine Habitatbindung der Rauch- bzw. Stallschwalbe, denn 94% aller Rauchschwalben Nordrhein-Westfalens brüten auf Bauernhöfen.

Auf der anderen Seite werden aber nahezu die Hälfte (47,7%) der landwirtschaftlichen Betriebe nicht (mehr) von Rauchschwalben besiedelt. Es überwiegen Einzelpaare bzw. zwei Brutpaare pro Hof.

Größere Brutkolonien mit mehr als 10 Brutpaaren kommen auf weniger als 1% aller untersuchten Höfe vor. Die größte Kolonie wurde mit 20 Brutpaaren festgestellt (Abb. 5).

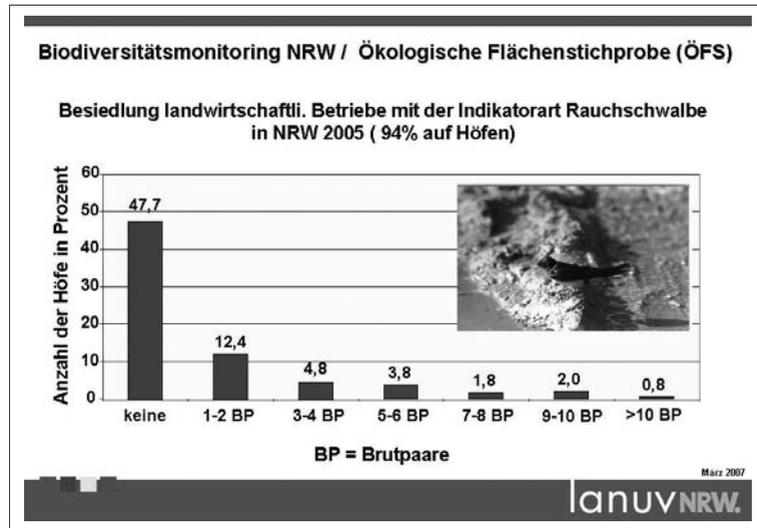


Abb. 5 Besiedlungstreue und Koloniegröße der Rauchschnalbe auf Bauernhöfen in NRW 2005
Fig. 5 Population density and colony size of barn swallows on farms of NRW in 2005

FFH-Erhaltungszustand und Strukturen in Wäldern

Der häufigste FFH-Lebensraumtyp im NATURA-2000-Netz Nordrhein-Westfalens ist der Hainsimsen-Buchenwald (FFH-Code 9110) (König 2005). Ein wesentliches Ziel der FFH-Richtlinie ist es, einen günstigen Erhaltungszustand der natürlichen Lebensraumtypen zu bewahren bzw. wiederherzustellen. Nach Artikel 11 der Richtlinie sind die Mitgliedstaaten verpflichtet, im Rahmen der Berichtspflicht nicht nur Daten über die FFH-Lebensraumtypen in FFH-Gebieten, sondern repräsentative Daten über den jeweiligen Erhaltungszustand insgesamt, d.h. auch außerhalb von FFH-Gebieten zur Verfügung zu stellen (Die Kommission der Europäischen Gemeinschaft 1997).

In NRW bietet die ÖFS das einzige repräsentative Monitoring-Untersuchungsnetz, das auf jeweils 100 Hektar großen Untersuchungsflächen basiert (König 2003) und damit die Möglichkeit bietet, flächige (Wald-)Biotoptypen zu erfassen. Zur Bestimmung des FFH-Erhaltungszustandes ist die Erfassung von Strukturparametern, wie die Anzahl von großdimensionierten Totholzbäumen, die Bestandesstruktur, der Anteil lebensraumtypischer Baumarten (z. B. Buchen) und Gefährdungen notwendig. Die Anzahl der biologisch wertvollen Bäume (Uraltbäume, Großhöhlenbäume, Totholzbäume) ist ein wichtiger Indikator für die Naturnähe der Wälder (Abb.6).

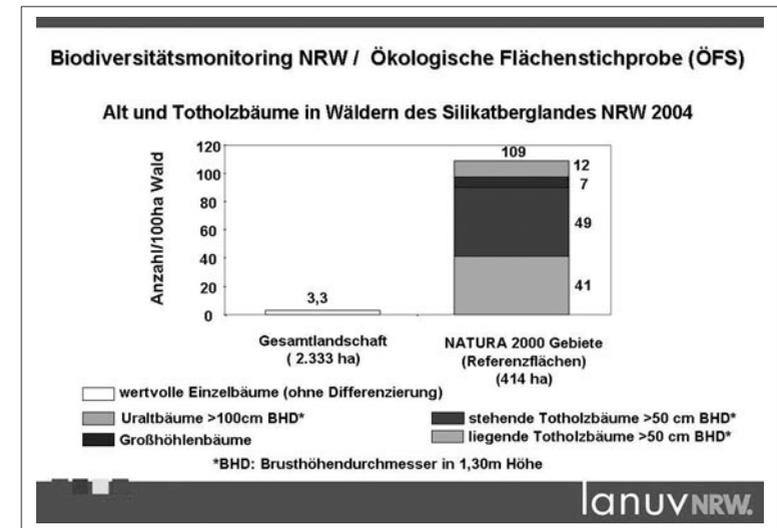


Abb. 6 Häufigkeit von Uraltbäumen, Großhöhlenbäumen und großdimensioniertem Totholz in Wirtschaftswäldern des Landschaftsraumes „Silikat-Bergland“ im Vergleich zu ausgewählten NATURA-2000 Gebieten als Referenzflächen
Fig. 6 Abundance of very old trees, deadwood and trees with caves in production forests of the landscape region "Silikat-Bergland" compared with designated NATURA 2000 areas

In Abb. 7 wird bezüglich dieser wertvollen Waldrequisiten der Unterschied zwischen allen Waldtypen (incl. Fichtenforste) der Gesamtlandschaft und der besten Buchenwälder in NATURA-2000-Gebieten als ÖFS-Referenzflächen deutlich.

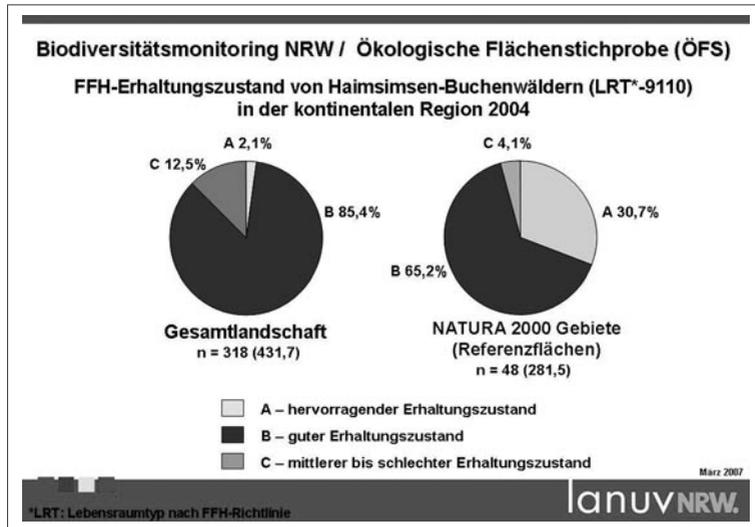


Abb. 7 Erhaltungszustand des FFH-Lebensraumtyps „Hainsimsen-Buchenwald“ (9110) in allen Wäldern der kontinentalen Region NRW 2005 im Vergleich zu Referenzflächen in NATURA-2000-Gebieten

Fig. 7 State of preservation of *Luzulo-Pagetum* beech forests in all forests in the atlantic region of NRW in 2005 compared with designated NATURA 2000 areas

In der Gesamtlandschaft erreicht die Summe dieser wertvollen Einzelbäume nur einen Mittelwert von 3,3 Bäumen auf 100 Hektar Wald. In den untersuchten Referenzflächen der NATURA 2000 Gebieten wird mit 109 Bäumen pro 100 Hektar Wald ein etwa 30fach höherer Wert erreicht.

Die Bewertung des Erhaltungszustandes von FFH-Lebensraumtypen erfolgt anhand einer lebensraumtypischen Erhaltungsmatrix. Die führt im Ergebnis zu den drei Wertkategorien „hervorragend“ = A, „gut“ = B und „durchschnittlicher bis beschränkter“ = C Erhaltungszustand.

Die Hainsimsen-Buchenwälder (LRT 9110) in der kontinentalen Region Nordrhein-Westfalens sind mehrheitlich in einem guten (= 85,4%) Erhaltungszustand. Lediglich 12,5% weisen einen durchschnittlichen bis beschränkten Erhaltungszustand auf. Mit einem prozentualen Anteil von 2,1 ist der hervorragende Erhaltungszustand nur gering vertreten. Die Flächenanteile mit hervorragendem Erhaltungszustand erreichen in den Referenz-Buchenwäldern der untersuchten

NATURA-2000-Gebiete dagegen einen Wert von 30,7%, der Anteil mit durchschnittlichem bis beschränktem Erhaltungszustand beträgt lediglich 4,1%.

ÖFS als Klimafolgemonitoring

Es besteht kein Zweifel mehr, dass der schon begonnene Klimawandel sich verstärkt fortsetzen wird. Inzwischen wird auch über die global zu erwartenden, immensen ökonomischen Auswirkungen diskutiert. Die Klimaerwärmung wird auch auf Ökosysteme und Flora und Fauna erhebliche Auswirkungen haben. So lässt sich jetzt schon feststellen, dass der rasante Anstieg des Brutbestandes des Grünspechtes eng mit dem Ausbleiben von schneereichen und starkfrostillen Wintern korreliert.

Der Grünspecht musste in der Vergangenheit, wie z. B. 1962/63 oder 1978/79 erhebliche Bestandseinbußen hinnehmen, was gebietsweise sogar zum Erlöschen von Teilpopulationen geführt hat. Die ÖFS weist klimabedingt für die Jahre ab 1998 einen stetigen Bestandsanstieg auf (Abb. 8).

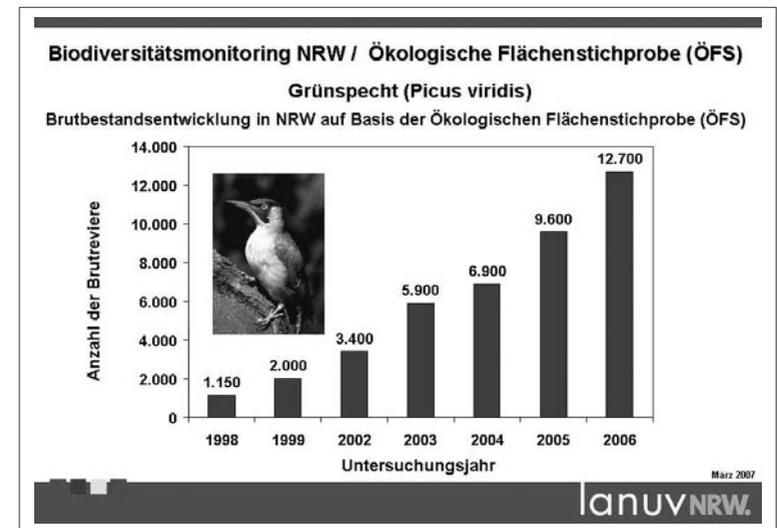


Abb. 8 Brutbestandsentwicklung des Grünspechtes (*Picus viridis*), der in der Vergangenheit in schneereichen und kalten Wintern erhebliche Bestandeseinbrüche hinnehmen musste

Fig. 8 Breeding population of green woodpecker (*Picus viridis*) showed heavy losses in snowy and cold winter in the past

Fazit

Die Ökologische Flächenstichprobe ist im Rahmen des Biodiversitätsmonitorings eine wichtige Grundlage zur Dokumentation nutzungsbedingter bzw. allgemein anthropogener Landschaftsveränderungen in Nordrhein-Westfalen. Zustand, Bestand, Veränderung und Entwicklung u. a. von mittelhäufigen bis häufigen Biotop- und Nutzungstypen, Strukturen, Häufigkeit von Gefäßpflanzen sowie Brutvögeln werden landesweit auf repräsentativen Stichprobenflächen erfasst. Auch die erforderlichen Grundlagendaten eines Klimafolge-monitorings sowie GVO-Monitorings können bereitgestellt werden.

Literatur

Die Kommission der Europäischen Gemeinschaft (1997): Entscheidung der Kommission vom 18. Dezember 1996 über das Formular für die Übermittlung von Informationen zu den im Rahmen von NATURA 2000 vorgeschlagenen Gebieten. - Rechtsvorschriften 97/266/EG: L 107/1-L 107/156

Dröschmeister, R. (2001): Bundesweites Naturschutzmonitoring in der „Normallandschaft“ mit der Ökologischen Flächenstichprobe. *Natur und Landschaft* 76 (2): 58-69

König, H. & Bouvron, M. (2005): Die ökologische Flächenstichprobe als Beitrag zur FFH-Berichtspflicht. - *LÖBF-Mitt.* 3/5; 20-25

König, H. (2003): Naturausstattung der nordrhein-westfälischen Normallandschaft. - *LÖBF-Mitt.* 2/03: 15-23

Monitoring und Berichtspflichten im Kontext der FFH-Richtlinie: Konzepte zur bundesweiten Erfassung des Erhaltungszustandes von nutzungs- abhängigen Arten und Lebensraumtypen*

*Monitoring and reporting under the Habitats Directive: Design of a country wide monitoring of the conservation status of species and habitats depending on agricultural land use**

**Klaus Weddeling¹, Christoph Eichen⁴, Melanie Neukirchen¹,
Götz Ellwanger¹, Jens Sachteleben² und Martin Behrens³**

¹ Bundesamt für Naturschutz (BfN), Konstantinstraße 110,
53179 Bonn, melanie.neukirchen@bfn.de, goetz.ellwanger@bfn.de,
klaus.weddeling@bfn.de

² PAN-Partnerschaft, Rosenkavalierplatz 10, 81925 München,
jens.sachteleben@pan-gmbh.com

³ Institut für Landschaftsökologie (ILÖK),
Westfälische Wilhelms-Universität, Robert-Koch-Str. 26, 48149
Münster,
martin.behrens@uni-muenster.de

⁴ Referat N I 4, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit (BMU), Robert-Schuman-Platz 3, 53175 Bonn,
christoph.eichen@bmu.bund.de

* Zusammenfassender Beitrag der Vorträge gehalten von K. Weddeling und G. Ellwanger. *Combined proceeding of the lectures given by K. Weddeling and G. Ellwanger.*

Zusammenfassung

Dem Monitoring des Erhaltungszustandes von Arten und Lebensraumtypen nach Art. 11 der Fauna-Flora-Habitatrichtlinie kommt eine entscheidende Bedeutung bei der Wirkungskontrolle und Weiterentwicklung dieser zentralen europäischen Naturschutzrichtlinie zu. Mehr als ein Drittel aller in der Richtlinie für Deutschland als Schutzgut definierten 258 Arten und 91 Lebensraumtypen sind in ihrem Fortbestand an den wirtschaftenden Menschen gebunden und an typische Standortbedingungen in der Kulturlandschaft adaptiert. Das FFH-Monitoring bildet daher auch Trends in der Artenvielfalt im Agrarraum ab. In Zusammenarbeit mit Länderfachbehörden und Forschungsnehmern entwickelt das Bundesamt für Naturschutz derzeit in einem F+E-Vorhaben den methodischen Rahmen für ein bundesländerübergreifendes Erhebungsdesign, das Empfehlungen zum Untersuchungsumfang, zur Datenaggregation, zur Methodenstandardisierung und zur Stichprobenverteilung macht. Dabei kann auf umfangreiche methodische Vorarbeiten aus Bund-Länder-Arbeitskreisen zu den Felderhebungsmethoden zurückgegriffen werden, die nun unter Berücksichtigung von Synergieeffekten mit bestehenden anderen Monitoringprogrammen zu einem Gesamtkonzept verbunden werden. Der vorliegende Artikel stellt die wesentlichen Eckpunkte dieses Vorhabens dar, skizziert die Methoden und hebt die Bedeutung des FFH-Monitorings auch über die eigentlichen Berichtspflichten hinaus hervor.

Abstract

Monitoring of the conservation status of species and habitats according to article 11 of the Habitats Directive provides the crucial mechanism for the control of success and further enhancement of this important European nature conservation directive. About one third of all 258 species and 91 habitats of the Annexes mentioned for Germany depend on human activity in agricultural landscapes. Thus monitoring according to the Habitats Directive will also partly cover trends in agricultural biodiversity. In the framework of a research project, the federal agency for nature conservation is currently developing a country wide monitoring design which gives recommendations for appropriate sample size and distribution, data aggregation on different spatial scales and standardised field methods.

Existing monitoring recommendations from several previous Federal working committees and other monitoring schemes have to be integrated in order to establish a sound design for the whole country. The article describes the main aspects and results of this process and emphasizes the meaning of this monitoring beyond the duties of the Habitats Directive.

Einführung

Mit der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (92/43/EWG, kurz FFH-Richtlinie) hat die EU 1992 ein zentrales Instrument zur Erhaltung von Arten und Lebensräumen in den Mitgliedsstaaten geschaffen. Weit mehr als viele nationale rechtliche Vorgaben hat diese Richtlinie dem Schutz von Arten und Lebensräumen eine Schlagkraft und Tragweite im Rahmen von Schutzgebietsausweisungen, Planungen und Eingriffen in Deutschland verliehen, die es ermöglicht, das nationale Naturerbe effektiv zu erhalten (z.B. Trautner *et al.* 2005, Schink 2002). Nach einer fast 15-jährigen Phase der Datensammlung und Etablierung des erforderlichen Schutzgebietssystems in den Mitgliedsstaaten treten mit dem vorläufigen Abschluss des Meldeverfahrens in Deutschland (vgl. Raths *et al.* 2006) andere Verpflichtungen aus der Richtlinie in den Vordergrund. Zu diesen Aufgaben gehört nach Artikel 11 der Richtlinie auch die Etablierung eines bundesweiten Systems zur kontinuierlichen Überwachung des Erhaltungszustandes von Arten und Lebensräumen, über deren Ergebnisse im Rahmen der Berichtspflichten (Art. 17) alle 6 Jahre zu berichten ist. Der kommende Bericht in 2007 deckt die Jahre 2001-2006 ab, der Bericht für die Jahre 2007 – 2012 muss der Kommission in 2013 vorgelegt werden.

Im Auftrag und in enger Abstimmung mit den zuständigen Fachbehörden der Bundesländer entwickelt das Bundesamt für Naturschutz im Rahmen eines F+E-Vorhabens derzeit (Stand Januar 2007) ein länderübergreifendes Monitoringkonzept, dessen bisherige Ergebnisse hier skizziert werden sollen.

Ziele, rechtliche Grundlagen und zentrale Begriffe im Kontext der FFH-Richtlinie

Von zentraler Bedeutung im Sinne der RL ist der Begriff des Erhaltungszustandes von Arten und Lebensraumtypen (LRTs).

In Artikel 1 e) und 1 i) definiert die Richtlinie den günstigen Erhaltungszustand als eine Situation, in der u.a. das Verbreitungsgebiet und die eingenommene Fläche einer Art/eines LRT beständig sind oder sich ausdehnen, in der die notwendigen Strukturen und spezifischen Funktionen eines LRT aktuell und zukünftig bestehen bzw. eine Art ein lebensfähiges Element des natürlichen Lebensraumes, dem sie angehört, bildet und langfristig weiterhin bleiben wird (Europäische Kommission 2005). Im Rahmen des Monitorings nach Artikel 11 müssen also Parameter erhoben werden, die Rückschlüsse auf den Erhaltungszustand zulassen. In Tabelle 1 sind diese wesentlichen Parameter unterstrichen, bei Arten sind dies v.a. Angaben zu Bestandsgrößen und Bestandesstruktur (z.B. Reproduktionserfolg, Altersstruktur usw.), bei den LRTs sind Daten zur bedeckten Fläche und zur Ausstattung mit typischen Arten von Bedeutung.

Tab. 1 Wesentliche Parameter zur Definition des günstigen Erhaltungszustandes bei Arten und Lebensraumtypen

Tab. 1 Main parameters for the definition of a favourable conservation status of species and habitats

Lebensraumtypen	Arten
Natürliches Verbreitungsgebiet , ausreichend groß, beständig oder in Ausdehnung	Natürliches Verbreitungsgebiet ausreichend groß, absehbar nicht abnehmend
LRT-Fläche ausreichend groß, LRT-Struktur auf absehbare Zeit günstig und die spezifische Funktionen des LRT bestehen aktuell und zukünftig	Populationsstruktur und -dynamik indiziert langfristiges Überleben
Erhaltungszustand der charakteristischen Arten günstig	Ausreichend großes/gutes Habitat aktuell und zukünftig vorhanden

Als Bezugsraum zur Bewertung des Erhaltungszustandes einer Art bzw. eines LRTs hat die Kommission die biogeographischen Regionen innerhalb eines Mitgliedsstaates festgelegt, d.h. im Rahmen des bundesweiten FFH-Monitoring sind Daten zur Bestandssituation von Arten und LRTs auf Ebene der biogeographischen Region zu erheben (Europäische Kommission 2005, Abb. 1).

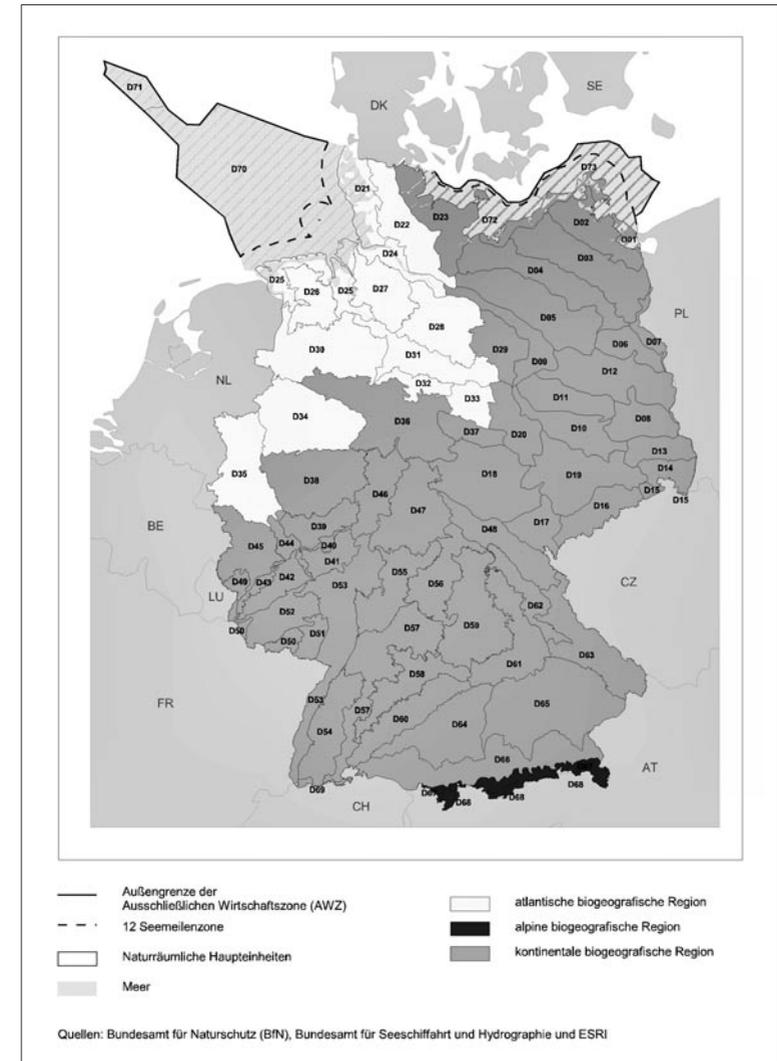


Abb. 1 Abgrenzung der biogeographischen Regionen in Deutschland
Fig. 1 Delimitation of biogeographical regions in Germany

Aufgrund der föderalen Struktur sind in Deutschland die Bundesländer für die Erfassungen vor Ort zuständig. Da aber die Daten auf Ebene der biogeographischen Regionen aggregiert werden sollen, muss die konkrete Erfassungsmethodik und die Verteilung der Untersuchungsflächen über die Bundesländergrenzen hinweg harmonisiert werden (vgl. Abb. 2). Lange Zeit gab es von Seiten der EU kaum weitere Vorgaben zur konkreten Umsetzung der Überwachung des Erhaltungszustandes in den Mitgliedsstaaten. Erst in den letzten Jahren sind eine Reihe von (untergesetzlichen) Vorgaben (Europäische Kommission 2005, 2006a) erschienen, die z.B. konkretisieren, was genau der Bericht an die Kommission enthalten muss oder mit welcher Genauigkeit Trends beispielsweise hinsichtlich der Bestandsentwicklung von Arten und LRT zu messen sind.

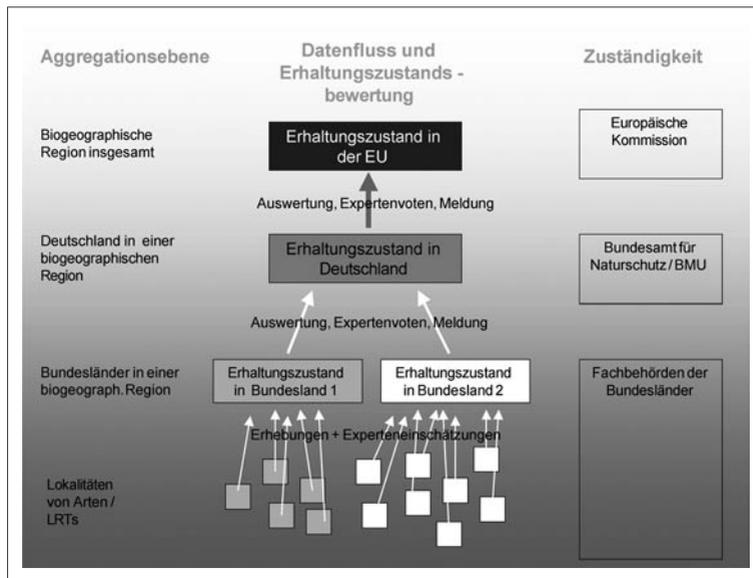


Abb. 2 Datenfluss und Zuständigkeiten im Rahmen des FFH-Monitorings
 Fig. 2 Data aggregation and responsibilities for the monitoring according to article 11 of the Habitats Directive

Nutzungsabhängige Arten und Lebensräume nach FFH-Richtlinie

In den Anhängen der FFH-Richtlinie sind jene Lebensraumtypen und Arten von europäischem Interesse genannt, deren Erhaltung primäres Ziel der Richtlinie ist (vgl. Petersen *et al.* 2003, 2004, Petersen & Ellwanger 2006, Ssymank *et al.* 1998). Ein großer Teil dieser Lebensräume und Arten sind in ihrem Vorkommen an den land- und forstwirtschaftlich tätigen Menschen gebunden und können daher als nutzungsabhängig bezeichnet werden. Für Deutschland sind in Anhang I insgesamt 91 Lebensraumtypen genannt, von denen etwa ein Drittel mehr oder weniger direkt nutzungsabhängig ist (vgl. Ssymank *et al.* 1998). Dies sind v.a. artenreiche Elemente historischer Landnutzungsformen wie z.B. Borstgrasrasen sowie feuchte und trockene Heiden, aber auch artenreiche Flügel des Wirtschaftsgrünlandes (Flachland- und Bergmähwiesen), die durch die Intensivierung der Landnutzung selten geworden sind. In den Anhängen II, IV und V sind darüber hinaus für Deutschland 258 Tier- und Pflanzenarten aufgeführt, für die die Richtlinie, unabhängig in welchem Anhang, einen günstigen Erhaltungszustand einfordert (Petersen *et al.* 2004, aktualisiert im Internet unter http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/030301_ffh_arten.pdf). Anhang II listet jene Arten auf, für die Schutzgebiete ausgewiesen werden müssen, Anhang IV enthält Taxa, für die ein strenger Artenschutz im Sinne der RL gilt (vgl. Art. 12). In Anhang V wiederum sind Arten genannt, deren Entnahme und Nutzung „Gegenstand von Verwaltungsmaßnahmen“ sein können. Mindestens ein Drittel dieser 258 in Deutschland vorkommenden Arten sind an anthropogene Lebensräume gebunden und daher im Fortbestand ihrer Populationen vom wirtschaftenden Menschen abhängig. Als Beispiele für überwiegend an Ackerstandorte gebundene FFH-Arten seien hier das Kugelhornmoos (*Notothylas orbicularis*), der Feldhamster (*Cricetus cricetus*) oder die Knoblauchkröte (*Pelobates fuscus*) genannt. Als Beispiele für Arten mit starker Bindung an Heiden und Magerrasen können Zauneidechse (*Lacerta agilis*), Arnika (*Arnica montana*) oder Quendel-Ameisenbläuling (*Glaucopsyche arion*) gelten. Diese große Vielfalt von Arten und Lebensraumtypen macht fallspezifische Vorgaben zum Monitoring notwendig, die auch berücksichtigen, dass manche Arten und Lebensraumtypen häufig und weit verbreitet, andere selten bis sehr selten sind. Dabei muss der Erfassungsaufwand überschaubar bleiben.

Erfassungsmethoden und Bewertung von Vorkommen

Das F+E-Vorhaben zum FFH-Monitoring kann auf umfangreiche Vorarbeiten im Hinblick auf die art- und lebensraumspezifischen Methodenempfehlungen für die Erfassung vor Ort zurückgreifen. In mehreren Bund-Länder-Arbeitskreisen waren mit Experten abgestimmte Bewertungsschemata erstellt worden, die für die meisten der 91 Lebensraumtypen und 258 Arten (z.B. Doerpinghaus *et al.* 2003, Schoknecht *et al.* 2004, Burkhardt *et al.* 2004, v. Drachenfels *et al.* 2005, Schnitter *et al.* 2006, für die LRT s.a. im Internet unter http://www.bfn.de/0316_monitoring.html) detailliert vorgeben, wie im Gelände zu verfahren ist und wie die erhobenen Daten zu einer konkreten Bewertung eines Vorkommens führen. Dies ist in Tabelle 2 am Beispiel der Mauereidechse (Tab. 2, Abb. 3, Schnitter *et al.* 2006) dargestellt.

Angaben zur Bestandgröße („Population“) werden bei der Mauereidechse z.B. aus 4 Begehungen eines Vorkommens abgeleitet. Die Populationsstruktur wird über das Vorkommen/Fehlen von typischen Altersstadien bewertet. Die Habitatqualität am untersuchten Vorkommen wird über Vorhandensein und Ausdehnung spezifischer Strukturen (Exposition, Versteck- und Sonnplätze u.a.m) erfasst. Das Vorhandensein definierter Beeinträchtigungen wird im Gelände überprüft. In einem letzten Schritt kann so das Vorkommen qualitativ im Hinblick auf den Erhaltungszustand anhand von Schwellenwerten bewertet werden.

Jeder Parameter (Population, Habitat, Beeinträchtigung) wird zunächst in sich als A=hervorragend, B=gut oder C=mittel – schlecht bewertet und kann dann anhand bestimmter Regeln zu einer Gesamtbewertung des Vorkommens zusammengefasst werden. Die Schwellenwerte für die Bewertung lassen den Ländern Spielraum für regionale Anpassungen, z.B. am Arealrand von Arten und LRTs. Darüber hinaus enthalten die Bewertungsschemata auch Empfehlungen zum Erfassungsrhythmus, d.h. ob jährlich, alle 2 oder 3 Jahre oder nur einmal innerhalb des 6-jährigen Berichtszeitraumes ein Vorkommen erfasst werden sollte.

Tab. 2 Schema zur Erfassung und Bewertung des Erhaltungszustandes eines Vorkommens der Mauereidechse (aus Schnitter *et al.* 2006);
Tab. 2 Recommendations for recording and assessment of a locality of the wall lizard *Podarcis muralis* (Schnitter *et al.* 2006)

Kriterien zur Bewertung des Erhaltungszustands der Populationen der Mauereidechse <i>Podarcis muralis</i> (LAURENTI, 1768) - Bewertungsschema -			
Zustand der Population	A (hervorragend)	B (gut)	C (mittel bis schlecht)
Populationsgröße	> 100 Tiere/h	50-100 Tiere/h	< 50 Tiere/h
Populationsstruktur	Adulte, Subadulte und Jungtiere	Subadulte, zusätzlich Jungtiere oder Subadulte	nur Adulte
Habitatqualität	A (hervorragend)	B (gut)	C (mittel bis schlecht)
Landlebensraumallgemein			
Lage der Verstecke, Vegetation und Eiablageplätze zu den vertikalen Strukturen	direkt an diese anschließend	in der näheren Umgebung (< 10m)	in weiterer Entfernung (> 20m)
Exposition der vertikalen Strukturen	S, SW und SE	S+SW oder S+SE	S, SW oder SE
Bedeckung der vertikalen Strukturen durch Vegetation (Deckung und Jagdgebiet)	10-25%	25-50% oder <10%, dafür genügend nahe horizontale Vegetation	>50% oder < 10 % und ohne nahe horizontale Vegetation
Anteil an Verstecken (Höhlen, Felsspalten, hohl liegende Steine)	zahlreiche vorhanden	einige vorhanden	vereinzelt vorhanden
Eiablageplätze			
Relativer Anteil offener, lockerer grabfähiger Böden bzw. Gesteinhöhlen, Mauerspalten	zahlreich vorhanden	in mittlerer Dichte vorhanden	wenig bis gar nicht vorhanden
Vernetzung			
Entfernung zum nächsten Vorkommen	< 1.000m	1.000-2.000m	> 2.000m
Beeinträchtigungen	A (keine bis gering)	B (mittel)	C (stark)
Lebensraumallgemein			
Einsatz von Bioziden	nicht erkennbar (=A)		erkennbar
Sukzession	keine Beeinträchtigung durch diese oder regelmäßige, artgerechte gesicherte Pflege	gering, Verbuschung nicht gravierend	voranschreitend, Verbuschung gravierend oder Beeinträchtigung durch nicht artgerechte Pflege
Vereinbarkeit des Nutzungsregimes mit der Ökologie der Art	Primärhabitat oder Nutzungsregime im Sekundärhabitat steht im Einklang mit der Population	Nutzungsregime gefährdet die Population mittelfristig nicht	Nutzungsregime gefährdet aktuell die Population
akute Bedrohung durch Flußbereinigung (Betonieren, Uferbegradigung) oder Verfügen von Mauer	keine akute Bedrohung (=A)		akute Bedrohung vorhanden
Isolation			
Fahrwege im Lebensraum bzw. angrenzend	nicht vorhanden	vorhanden, aber selten frequentiert	vorhanden, aber mäßig bis häufig frequentiert
Störung			
Freizeitdruck (Wanderwege, häufig benutzte Trampelpfade am Felsfuß bzw. -kopf, Klettersport)	keine Störungen im gesamten Habitat	akute Störungen in ≤ 20% des Habitats	akute Störungen in > 20% des Habitats
Bedrohung durch Haustiere	keine Bedrohung	geringe Bedrohung (Spaziergänger+Hunde)	starke Bedrohung (freilaufende Haustiere)

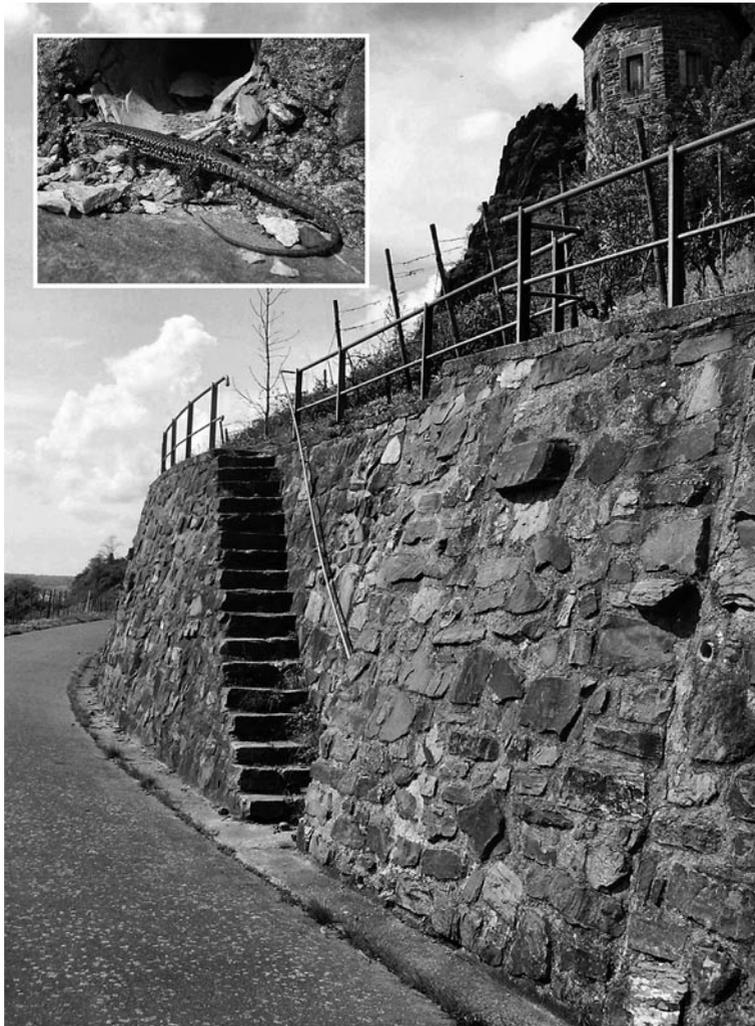


Abb. 3 (Sub)optimaler Lebensraum der Mauereidechse am Drachenfels bei Rhöndorf:
Die Art ist hier trotz eines hohen Anteils verfugter Weinbergsmauern noch häufig.

Fig. 3 Suboptimal habitat of the wall lizard near Rhöndorf in Germany.
The vineyard walls only provide few of hiding places for the species.

Erhebungsdesign, Datenaggregation und Bewertung auf biogeographischer Ebene

Das laufende F+E-Vorhaben „Konzeptionelle Umsetzung der EU-Vorgaben zum FFH-Monitoring und Berichtspflichten in Deutschland“ (Förderkennzeichen 805 82 013) geht vor dem skizzierten Hintergrund den noch offenen Fragestellungen zur Vorgehensweise auf der vorkommensübergreifenden Ebene nach. So ist u.a. festzulegen, wie viele Vorkommen innerhalb einer Berichtsperiode zu erheben sind, um Aussagen auf biogeographischer Ebene treffen zu können, wie eine Auswahl und Verteilung der Probeflächen vorgenommen werden sollte und wie die so erhobenen Daten aggregiert werden können.

Untersuchungsumfang und Aussagegenauigkeit

Bei Arten und Lebensraumtypen, die nur wenige Vorkommen in Deutschland haben, ist es mit vertretbarem Aufwand möglich, alle Vorkommen zu untersuchen. Als Beispiel sei hier das Kugelhornmoos genannt, dessen Vorkommen sich auf vermutlich weniger als 50 Ackerschläge in Hessen und Rheinland-Pfalz beschränken. Die Mehrzahl der Arten und Lebensraumtypen ist aber so häufig und weit verbreitet, dass ihre Vorkommen nur in Form von Stichproben erfasst werden können, als Beispiel seien hier die Zauneidechse und die Heiden genannt, die bundesweit sicher tausende Vorkommen besitzen. Mit Hilfe der Stichproben soll dann auf den Trend für den Erhaltungszustand dieser Arten/LRTs insgesamt geschlossen werden. Als Veränderungen in diesem Sinne werden Verschiebungen in der Häufigkeit der Bewertungen A, B oder C bewertet und so unter Beachtung bestimmter statistischer Randbedingungen (Power 80 %, Fehler 1. Art max. 5%, χ^2 -Statistik) einen Mindeststichprobenumfang von ca. 63 Probeflächen je Art/LRT und biogeographischer Region definiert. Damit kann in einer Berichtsperiode eine Veränderung in der Erhaltungszustandbewertung von ca. 2 % pro Jahr für eine konkrete Arten bzw. einen LRT detektiert werden, ein Wert, der nahe an der von der Kommission empfohlenen 1%-Schwelle liegt (Europäische Kommission 2005).

Es liegt nah, den Mindeststichprobenumfang auch als Schwellenwert für eine Unterscheidung von „seltenen“ und „häufigen“ Arten zu Grunde zu legen: Arten und LRTs, die in einer biogeographischen

Region mehr als 63 Vorkommen haben, sollen daher (mit 63 Probe-
flächen) stichprobenartig, alle übrigen dagegen vollständig erfasst
werden.

Auswahl und räumliche Verteilung der Untersuchungsflächen

Schon früh im Abstimmungsprozess mit den Ländern hat man sich
auf eine sogenannte verbundene Stichprobe mit festen Untersu-
chungsflächen (Probeflächen oder „Vorkommen“) geeinigt, um
einerseits den Aufwand der Flächenziehung zu verringern und ande-
rerseits eine höhere Trennschärfe bei statistischen Analysen mit den
Rohdaten zu erreichen. Um die Repräsentativität der Probeflächen
sicherzustellen, wurden verschiedene Zufallsverfahren geprüft.
Letztlich stellen die Länder je nach Datenlage mit geeigneten Verfah-
ren die Repräsentativität sicher. Mit Hilfe von bundesweiten Infor-
mationen zur Verbreitung und Häufigkeiten der Arten und LRTs wird
ferner eine gerechte Verteilung der Probeflächenanteile - und damit
des Aufwandes - auf die beteiligten Bundesländer in einer biogeogra-
phischen Region sichergestellt. Es wurde ferner festgelegt, dass bei
jenen Arten bzw. Lebensraumtypen, bei denen 80 % oder mehr des Be-
standes in FFH-Gebieten liegt, sich die Erfassung für das Monitoring
ausschließlich auf die Gebietskulisse beschränken kann, wenn dies zu
keiner gravierenden Änderung der Bewertung des Erhaltungszustan-
des in der Biogeographischen Region gegenüber einer Einbeziehung
auch der Vorkommen außerhalb führt.

Übergreifende Bewertung des Erhaltungszustandes

Für jede Art und jeden LRT erfolgt für die Berichte Deutschlands an
die Kommission eine separate Bewertung des Erhaltungszustandes in
jeder biogeographischen Region. Im DocHab-04-03-03 (Europäische
Kommission 2005) sind die Bewertungsstufen in Form eines „Ampel“-
Schemas dargelegt (Tab. 3): Grün symbolisiert dabei einen günstigen,
gelb („amber“) einen unzulänglichen und rot einen schlechten Erhal-
tungszustand. Eine unzureichende Datengrundlage kann mit „unbe-
kannt“ (*unknown*) bewertet werden.

Tab. 3 EU-Schema zur Bewertung des Erhaltungszustandes am Beispiel
der FFH-Arten (Quelle: Europäische Kommission 2005);
Tab. 3 Assessment of the conservation status of a species (according to the
provisions of European Commission)

DocHab04 -0303 -rev.3
AnnexC

Assessing conservation status of a SPECIES

Generalevaluationmatrix (perbiogeographicregion withinMS)

Parameter	Conservation Status			
	Favourable (green ¹)	Unfavourable - inadequate (amber)	Unfavourable - Bad (red ²)	Unknown (insufficient information to make assessment)
Range ¹	Stable (loss and expansion in balance) or increasing AND not smaller than the 'favourable reference range'	Any other combination	Large decline: Equivalent to a loss of more than 1% per year with in periods specified by MS OR more than 10% below favourable reference range	No or insufficient/reliable information available
Population	Population(s) not lower than 'favourable reference population' AND reproduction, mortality and age structure not deviating from normal (if data available)	Any other combination	Large decline: Equivalent to a loss of more than 1% per year (indicative value MS may deviate from if duly justified) within period specified by MS AND below 'favourable reference population' OR More than 25% below favourable reference population OR Reproduction, mortality and age structure strongly deviating from normal (if data available)	No or insufficient/reliable information available
Habitat for the species	Area of habitat is sufficiently large (and stable or increasing) AND habitat quality is suitable for the long term survival of the species	Any other combination	Area of habitat is clearly not sufficiently large to ensure the long term survival of the species OR Habitat quality is bad, clearly not allowing long term survival of the species	No or insufficient/reliable information available
Future prospects (as regards to population, range and habitat availability)	Main pressures and threats to the species not significant, species will remain viable on the long-term	Any other combination	Severe influence of pressures and threats to the species; very bad prospects for its future, long-term viability at risk	No or insufficient/reliable information available
Overall assessment of CS ²	All 'green' OR three 'green' and one 'unknown'	One or more 'amber' but no 'red'	One or more 'red'	Two or more 'unknown' combined with green or all 'unknown'

¹ Range within the biogeographical region concerned (for definition, see Annex F, further guidance on how to define range (e.g. scale and method) will be given in a forthcoming guidance document to be elaborated by ETC-ED in cooperation with the SWG.
² A specific symbol (e.g. arrow) can be used in the unfavourable categories to indicate recovering populations

Der eigentliche Bewertungsschritt erfolgt durch Vergleich mit für jede Art / jeden LRT festgelegten Referenzwerten, die einen günstigen Erhaltungszustand implizieren (*Favourable Reference Population*, *Favourable Reference Range* usw.) und *a priori* mittels Experteneinschätzung festgelegt werden. Zusätzliches Kriterium ist der langfristige Bestandstrend, der einen Rückgang von max. 1% pro Jahr zulässt.

Jeder einzelne Parameter (Verbreitungsgebiet, Population, Habitat und Zukunftsaussichten bei den Arten sowie Verbreitungsgebiet, Bedeckte Fläche, Strukturen/Funktionen sowie die Zukunftsaussichten bei den LRTs) wird zunächst separat bewertet und dann nach einem einfachen Schema zu einer Gesamtbewertung vereint. Die Kommission erzeugt aus den Einzelbewertungen der Mitgliedsstaaten dann je Art/LRT Gesamtbewertungen zum Erhaltungszustand in den biogeographischen Regionen und in der gesamten Gemeinschaft.

Im Rahmen des F+E-Vorhabens wird derzeit ein Verfahren entwickelt, wie die Daten und Bewertungen der einzelnen Bundesländer zu einer bundesweiten Bewertung für jede biogeographische Region aggregiert werden können. Dazu werden die Areal- bzw. Vorkommensanteile der einzelnen Bundesländer gewichtet in die Bewertung eingebracht. Es ist ferner vorgesehen, dass neben den Bewertungen selber auch Teile der „dahinter“ liegenden Daten (z.B. Populationsgrößen) von den Ländern für eine bundesweite Analyse zur Verfügung gestellt werden. Das F+E-Vorhaben wird ferner Vorschläge für die Struktur einer zentralen Datenbank machen, in der die Monitoringdaten bundesweit zusammengeführt und ausgewertet werden können.

Herausforderungen

Derzeit noch nicht abschließend geklärt ist u.a. die Frage, welchen räumlichen Bezug die Erfassung vor Ort haben sollen und wie eigentlich die Vorkommen von Arten bzw. LRTs abgegrenzt werden können. Je nach Definition umfasst ein Vorkommen z.B. bei Amphibien nur eine Laichpopulation in einem Gewässer oder den Bestand in einer Gruppe von mehr oder weniger nah benachbarten Gewässern. Der Vorteil einer weiter gefassten Vorkommensdefinition liegt in der besseren Pufferungen gegenüber kleinräumiger Bestandsdynamik, Sukzessionsprozessen und lokalen Aussterbe- und Wiederbesiedlungseignissen. Probleme bei der Vorkommensabgrenzung

bereiten v.a. hochmobile Tierarten (z.B. Große Moosjungfer, Fledermäuse) und großflächig ausgeprägte LRTs wie z.B. Buchenwälder und Heiden. Hier sind noch pragmatische Lösungsansätze gefragt.

Entscheidend für die Umsetzbarkeit des FFH-Monitorings wird auch die effiziente Einbindung bestehender Datenpools und Erfassungsprogramme sein, um den Aufwand und die Kosten vertretbar zu halten. Die Länder werden dabei für die Stichprobenziehung vielfach auf die Datengrundlage in den Biotopkatastern und Artenschutzprogrammen zurückgreifen können. Nach derzeitiger Einschätzung erscheinen Synergieeffekte des FFH-Monitorings auch mit den Monitoringverpflichtungen nach der EU-Wasserrahmenrichtlinie (v.a. für Fische und wasserabhängige Lebensräume) und mit den Erhebungen im Rahmen der Bundeswaldinventur (v.a. Erhaltungszustand von Wald-LRTs, Strukturmerkmal Totholz, Kändler (o. J.)) möglich. Es ist auch denkbar, die Daten aus der ökologischen Flächenstichprobe (ÖFS) für bestimmte häufigere LRTs und Arten zu nutzen (König & Bouvron 2005).

Stand der Gremienabstimmung

Wesentliche Eckpunkte des bundesweiten FFH-Monitorings sind bereits in den zuständigen Gremien (in der „Länderarbeitsgemeinschaft Naturschutz, Landschaftspflege und Erholung“ kurz LANA und im LANA-Arbeitskreis „Natura 2000“ sowie in der Umweltministerkonferenz) abgestimmt und mit breiter Zustimmung mitgetragen worden. In den Gremien werden auch die weiteren Ergebnisse des Vorhabens vorgestellt und beraten, so dass voraussichtlich Mitte 2007 in einem Workshop das Gesamtkonzept vorgestellt werden kann und die Länder mit der Umsetzung beginnen können.

Ausblick

Die Entwicklung eines fundierten und gleichzeitig umsetzbaren FFH-Monitorings ist eine wesentliche Voraussetzung für die effiziente Wirkungskontrolle des bereits installierten Schutzgebietssystems und der Erfolge der Artenschutzes im Rahmen der FFH-Richtlinie. Monitoringdaten zu Lebensraumtypen und Arten und die Ergebnisse der

Erhaltungszustandsbewertungen gewinnen in der aktuellen Diskussion aber auch über die eigentlichen Berichtspflichten hinaus an Bedeutung. Als wichtige Beispiele seien hier folgende Aspekte genannt:

- Strenger Artenschutz (nach FFH-Richtlinie): Im Rahmen der Diskussion zum strengen Artenschutz der Taxa in Anhang IV der RL (Art. 16 der FFH-RL vgl. Europäische Kommission 2006b) müssen die Vorkommen dieser Arten gegen Beschädigung oder Vernichtung ihrer Fortpflanzungs- und Ruhgestätten geschützt werden, was belastbare Informationen über ihren Erhaltungszustand erfordert.
- Überarbeitung der Anhänge (Art. 19 FFH-Richtlinie): Letztlich werden die Monitoring-Daten auch eine wichtige Grundlage für eine Überarbeitung der Anhänge der RL zur Anpassung an den „technischen und wissenschaftlichen Fortschritt“ im Kenntnisstand bilden.
- Wiederansiedlung von Arten (Art. 22 FFH-Richtlinie): Die Richtlinie sieht vor, dass zu prüfen ist, ob und wo gegebenenfalls FFH-Arten wieder angesiedelt werden können.

Auch über die Richtlinie hinaus ist vorgesehen, die Ergebnisse des FFH-Monitorings in Form von (Teil-)Indikatoren in nationalen und internationalen Programmen und Strategien zu verwenden, als Beispiele seien hier folgende Punkte angeführt:

- ELER-Verordnung: Indikatorvorschlag zum Nationalen Strategieplan
- CBD-Prozess („Konvention zur Biologischen Vielfalt“) in Europa: Indikator für den Status gefährdeter/geschützter Arten (im Rahmen des SEBI: Streamlining European Biodiversity Indicators 2010 der EUA/KOM)
- Nationale Biodiversitätsstrategie: (Teil-)Indikator auf Basis des Erhaltungszustandes

Literatur

Burkhardt, R., Robisch, F. & Schröder, E. (2004): Umsetzung der FFH-Richtlinie im Wald. Gemeinsame bundesweite Empfehlungen der Länderarbeitsgemeinschaft Naturschutz (LANA) und der Forstchefkonferenz (FCK). - Natur und Landschaft 79(7): 316-323.

Doerpinghaus, A., Eichen, C., Gunnemann, H., Leopold, P., Neukirchen, M. Petermann, J. & Schröder, E. (2005): Methoden zur Erfassung von Arten der Anhänge IV und V der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie. - Naturschutz und Biologische Vielfalt 20: 454 S.

Doerpinghaus, A., Verbücheln, G., Schröder, E., Westhus, W., Mast, R. & Neukirchen, M. (2003): Empfehlungen zur Bewertung des Erhaltungszustands der FFH-Lebensraumtypen: Grünland. - Natur und Landschaft 78(8): 337-342.

Drachenfels, O. von, Beutler, H., Hübner, T., Ludwig, G., Neukirchen, M., Schröder, E., Vischer-Leopold, M., Wagner, M. & Warnke-Grüttner, R. (2005): Empfehlungen zur Bewertung des Erhaltungszustands der FFH-Lebensraumtypen: Moore und Heiden. - Natur und Landschaft 80(11): 484-488.

Europäische Kommission (2005): *Assessment, monitoring and reporting of conservation status - Preparing the 2001-2007 report under Article 17 of the Habitats Directive (DocHab-04-03/03 rev.3)*. Verfügbar im Internet unter http://forum.europa.eu.int/Public/irc/env/monnat/library?vm=detailed&sb=&l=/reporting_framework

Europäische Kommission (2006a): *Assessment, monitoring and reporting under Article 17 of the Habitats Directive: Explanatory Notes & Guidelines. FINAL DRAFT October 2006*. Verfügbar im Internet unter http://forum.europa.eu.int/Public/irc/env/monnat/library?vm=detailed&b=&l=/guidelines_reporting

Europäische Kommission (2006b): *Guidance document on the strict protection of animal species of community interest provided by the ‚Habitats‘ Directive 92/43/EEC - DRAFT - VERSION 5*. Verfügbar im Internet unter http://circa.europa.eu/Public/irc/env/species_protection/home

Fartmann, T., Gunnemann, H., Salm, P. & Schröder, E. (2001): Berichtspflichten in Natura-2000-Gebieten - Empfehlungen zur Erfassung der Arten des Anhangs II und Charakterisierung der Lebensraumtypen des Anhangs I der FFH-Richtlinie. - Angewandte Landschaftsökologie 42: 725 S.

Kändler, G. (o.J.): Biologische Vielfalt des deutschen Waldes im Lichte der zweiten Bundeswaldinventur (BWI2). - Manuskript, verfügbar im Internet unter <http://www.bundeswaldinventur.de/media/archive/279.pdf>

König, H. & M. Bouvron (2005): Die Ökologische Flächenstichprobe als Beitrag zur FFH-Berichtspflicht. - LÖBF-Mitt. 31(3): 20-25.

Neukirchen, M., Schnitter, P., Eichen, C., Ellwanger, G. & Schröder, E. (2005): Empfehlungen für die Bewertung des günstigen Erhaltungszustandes für die Arten der Anhänge II, IV und V der FFH-Richtlinie in Deutschland. *Natur und Landschaft* 80(4): 168-171.

Petersen, B., Ellwanger, G., Biewald, G., Hauke, U., Ludwig, G., Pretscher, P., Schröder, E. & Ssymank, A. (Bearb.) (2003): Das europäische Schutzgebietssystem Natura 2000. Ökologie und Verbreitung von Arten der FFH-Richtlinie in Deutschland. Band 1: Pflanzen und Wirbellose. *Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz* 69/1: 743 S.

Petersen, B., Ellwanger, G., Bless, R., Boye, P., Schröder, E. & Ssymank, A. (Bearb.) (2004): Das europäische Schutzgebietssystem Natura 2000. Ökologie und Verbreitung von Arten der FFH-Richtlinie in Deutschland. Band 2: Wirbeltiere. *Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz* 69/2: 693 S.

Petersen, B. & Ellwanger, G. (Bearb.) (2006): Das europäische Schutzgebietssystem Natura 2000. Ökologie und Verbreitung von Arten der FFH-Richtlinie in Deutschland. Band 3: Arten der EU-Osterweiterung. *Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz* 69/3: 188 S.

Raths, U., Balzer, S., Ersfeld, M., Euler, U. (2006): Deutsche Natura-2000-Gebiete in Zahlen. - *Natur und Landschaft* 81(2): 68-80

Schink, A. (2002): Die Verträglichkeitsprüfung nach der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie der EG. - *Die Öffentliche Verwaltung* 55(2): 45-56

Schnitter, P., Eichen, C., Ellwanger, G., Neukirchen, M. & Schröder, E. (Bearb.) (2006): Empfehlungen für die Erfassung und Bewertung von Arten als Basis für das Monitoring nach Artikel 11 und 17 der FFH-Richtlinie in Deutschland. - *Berichte des Landesamtes für Umweltschutz Sachsen-Anhalt (Halle), Sonderheft 2.*

Shoknecht, T., Doerpinghaus, A., Köhler, R., Neukirchen, M., Pardey, A., Peterson, J., Schönfelder, J., Schröder, E. & Uhlemann, S. (2004): Empfehlungen für die Bewertung von Standgewässer-Lebensraumtypen nach Anhang I der FFH-Richtlinie. - *Natur und Landschaft* 79(7): 324-326.

Ssymank, A., Hauke, U., Rückriem, C. & Schröder, E. (1998): Das europäische Schutzgebietssystem Natura 2000. *BfN-Handbuch zur Umsetzung der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie und der Vogelschutz-Richtlinie.* *Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz* 53: 560 S.

Trautner, J., Kockelke, K., Lambrecht, H. & Meyer, J. (2006): *Geschützte Arten in Planungs- und Zulassungsverfahren.* BoD-Verlag, Norderstedt, 234 S.

Monitoring von biologischer Vielfalt in Böden: Notwendigkeit, Ansätze und Fallbeispiele

Monitoring of biodiversity in soils: Requirements, approaches and case studies

Stefan Schrader, Traute-Heidi Anderson, Christoph C. Tebbe und Hans-Joachim Weigel

Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL),
Institut für Agrarökologie,
Bundesallee 50, 38116 Braunschweig,
stefan.schrader@fal.de, heidi.anderson@fal.de,
christoph.tebbe@fal.de, hans.weigel@fal.de

Zusammenfassung

Die biologische Vielfalt in Böden bildet eine funktionell wichtige Grundlage für den Ablauf und die Steuerung wesentlicher Bodenprozesse, die Ausprägung charakteristischer Merkmale und die Bereitstellung ökosystemarer Leistungen. Durch Monitoring-Maßnahmen ausgewählter Flächen können der aktuelle Zustand oder die zeitliche Veränderung von Böden analysiert und gegebenenfalls Prognosen für zukünftige Entwicklungen erstellt werden. Insbesondere vor dem Hintergrund des vorsorgenden Bodenschutzes und des Klimawandels ist dem Monitoring der Biodiversität in genutzten und belasteten Böden ein hoher Stellenwert beizumessen. Darüber hinaus machen gesetzliche Vorgaben und vertragliche Verpflichtungen häufig umfangreiche Monitoring-Maßnahmen erforderlich. Ausgewählte Beispiele für Monitoring biologischer Vielfalt in Böden werden für Flächen mit Nutzungsumstellung (konventioneller vs. ökologischer Landbau), simuliertem Klimawandel (atmosphärische CO₂-Erhöhung), Bodendauerbeobachtung und Dauerfeldversuchen (Düngungsversuch) vorgestellt. Die Ansätze der vorgestellten Monitoring-Beispiele

berücksichtigen die Wechselbeziehung zwischen Schlüsselfunktionen der Bodenorganismen und dem Bodenzustand und erfüllen weitere Kriterien, wie Empfindlichkeit, Reproduzierbarkeit und statistische Validierbarkeit.

Abstract

Soil biodiversity is functionally relevant for the course and control of important soil processes, the formation of characteristic soil properties and the provision of ecosystem goods and services. Monitoring measures on selected sites provide information on the current state or the modification of soils. The results may be used in modelling for prediction purposes of future soil developments. Especially monitoring of soil biodiversity related to land-use and soil threat is really important concerning soil protection and climate change. Furthermore, legal and contractual obligations require monitoring measures in many cases. Selected case studies of monitoring soil biodiversity are presented from sites with land-use conversion (conventional vs. organic farming), simulated climate change (elevated atmospheric CO₂), from special soil monitoring sites and long-term field experiments (fertilisation). The introduced monitoring case studies take into account the interrelationship between key functions of soil organisms and soil status and satisfy additional criteria such as sensitivity, reproducibility and also statistical validation.

Notwendigkeit

Monitoring bedeutet Beobachtung der Umwelt, Überwachung ihrer Veränderungen und Kontrolle der Einflussgrößen. Es dient der Erfassung aktueller Zustände eines Vorgangs oder Prozesses, begleitet zeitliche Entwicklungen, ermöglicht Folgenabschätzungen und Wertmittlungen, bietet Planungsgrundlagen und bedient Prognosemodelle. Fundierte Kenntnisse zur Biodiversität im Boden und zu den funktionellen Wechselwirkungen der Bodentiere und Bodenmikroorganismen untereinander sowie mit ihrer Umwelt sind eine wesentliche Voraussetzung für das Verständnis und die Bewertung von Bodenprozessen insgesamt. Die Ergebnisse aus Monitoring-Maßnahmen zur Biodiversität können zur Identifizierung von Indikatoren führen.

Nach heutiger Auffassung bedeutet „Biodiversität“ nicht nur Artenvielfalt, sondern schließt die genetische Vielfalt innerhalb der Arten und die Vielfalt der Lebensräume mit ihren Funktionen und den darin ablaufenden Prozessen mit ein. Eine Übersicht zu funktionellen Aspekten biologischer Vielfalt in Böden bieten Bardgett *et al.* (2005).

In Deutschland werden ca. 85 % der Gesamtfläche für die Land- und Forstwirtschaft genutzt. Deshalb hat das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, ergänzend zur nationalen Biodiversitätsstrategie und Nachhaltigkeitsstrategie, speziell eine Agrobiodiversitätsstrategie (<http://www.bmelv.de>) entwickelt, die Monitoring-Maßnahmen als wichtige infrastrukturelle Voraussetzung für die Erhaltung und nachhaltige Nutzung der biologischen Vielfalt für die Ernährung, Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft ansieht.

Auf nationaler und internationaler Ebene müssen gesetzliche Vorgaben und vertragliche Verpflichtungen erfüllt werden, natürliche Ressourcen wie unsere Böden mitsamt ihrer biologischen Vielfalt zu schützen. Einige in diesem Zusammenhang wichtige Gesetze, Beschlüsse und Strategien werden im Folgenden genannt. Das BNatSchG (2002) regelt den Arten- und Biotopschutz. Darüber hinaus berücksichtigt das BBodSchG (1998) die Lebensraumfunktion des Bodens u.a. auch für Bodenorganismen. Im Rahmen der Biodiversitätskonvention (CBD 1992) verpflichtet sich die internationale Staatengemeinschaft zum Schutz der Artenvielfalt. In Verbindung mit dem Kyoto-Protokoll (Klimarahmenkonvention UNFCCC 1992) wird die Bedeutung des Klimawandels für Änderungen der Biodiversität vertraglich hervorgehoben. Während des Weltgipfels der CBD 2002 in Johannesburg wurde vereinbart, den Verlust an Biodiversität bis 2010 signifikant zu reduzieren. Bei der 8. Vertragsstaatenkonferenz der CBD im März 2006 (Curitiba, Brasilien) wurde die Implementierung der Initiative für Erhaltung und nachhaltige Nutzung der Biodiversität des Bodens innerhalb des Arbeitsprogramms zur Agrobiodiversität beschlossen. Die Europäische Kommission hat im September 2006 eine Strategie zum Schutz der Böden in Europa vorgeschlagen. Darin wird der Verlust an Biodiversität im Boden als eine der schwerwiegenden Gefahren identifiziert, die die natürlichen Funktionen der Böden zunehmend bedrohen.

Ansätze

Ein Monitoring der biologischen Vielfalt im Boden zielt darauf ab, Standorteigenschaften im Kontext bodenbildender Prozesse zu ermitteln. Dabei gilt es, aus der gesamten Biodiversität Indikatoren als Arten mit Schlüsselfunktion und/oder Artenkomplexe als funktionelle Gruppen herauszufiltern, um Zustände oder Veränderungen im Prozessgeschehen des Bodens erfassen und interpretieren zu können. Eine Bioindikation kann auf natürliche Umweltparameter oder auf anthropogene Stressoren ausgerichtet sein (Schubert 1991). Im zweiten Fall kann ein Monitoring aktiv mittels standardisierter Organismen oder passiv erfolgen. Beim passiven Monitoring unterscheidet Schubert (1991) eine registrierende Vorgehensweise ohne Umweltmanipulation von einem freilandexperimentellen Ansatz mit gezielter Umweltveränderung. Letzteres trifft auf die meisten Monitoring-Maßnahmen zur Biodiversität in Böden zu. Das Monitoring erfolgt üblicherweise auf ausgewiesenen Flächen an repräsentativen Probestellen einmalig vergleichend oder mehrmalig im zeitlichen Rhythmus, u.U. einem räumlichen Beprobungsraster mit definierten Probestellen folgend.

Monitoring biologischer Vielfalt in Böden lässt sich im Wesentlichen in vier thematisch unterschiedliche Bereiche einteilen:

- Flächen mit Nutzungsumstellung
- Flächen mit simuliertem Klimawandel
- Flächen zur Bodendauerbeobachtung
- Flächen mit Dauerfeldversuchen

Nutzungsumstellung

Begleitende Monitoring-Maßnahmen bei Umstellung der Bodennutzung sind ein wichtiges Werkzeug zur Erfassung von Änderungen der Bodeneigenschaften und der Prozessabläufe im Boden unter dem Aspekt des vorsorgenden Bodenschutzes. Nutzungsumstellungen im urbanen Raum betreffen insbesondere die Sanierung chemisch belasteter Böden, die Entsiegelung verbauter Flächen und umgekehrt die Bebauung zuvor freier Flächen. Im ländlichen Raum werden begleitende Monitoring-Maßnahmen zur Biodiversität im Boden insbesondere bei Rekultivierungsvorhaben in Bergbaufolgelandschaften,

bei Flächenstilllegungsprogrammen, bei Umstellung der Bodenbearbeitung von konventioneller zu konservierender Bearbeitung oder sogar Direktsaat und bei Umstellung der Bewirtschaftung von konventionellem zu ökologischem Landbau durchgeführt.

Klimawandel

Nach heutigem Kenntnisstand besteht ein direkter Zusammenhang zwischen der Dynamik der Biodiversität und dem sich vollziehenden Klimawandel. Atmosphärische Veränderungen durch Treibhausgase, Verschiebungen im Temperaturregime sowie Änderungen im Niederschlagsmuster können zum Verlust von Biodiversität führen. Darüber hinaus können Änderungen im Genotyp, im Artenspektrum oder der Abundanzverhältnisse eintreten, die Verschiebungen in den Funktionen und Leistungen der Biodiversität zur Folge haben können. Monitoring ist hier ein wichtiges Instrument, um ein verbessertes Verständnis über die komplexen Rückkoppelungsmechanismen bei zukünftigen Klimaszenarien zu erlangen. In Bezug auf die biologische Vielfalt in Böden sind die Kenntnisse noch vergleichsweise gering.

Bodendauerbeobachtung

Ausgehend von der Bodenschutzkonzeption der Bundesregierung von 1985 betreiben die Bundesländer seit den achtziger Jahren Bodendauerbeobachtungsflächen (BDF) im Rahmen des vorsorgenden Bodenschutzes. Bundesweit werden ca. 800 BDF betrieben. Diese repräsentativ ausgewählten Flächen sollen die vorherrschenden und regionaltypischen Standortbedingungen, Bodennutzungsformen, Landschaftstypen und Belastungsarten widerspiegeln. Sie werden in bestimmten Zeitintervallen einem umfangreichen Monitoring-Programm unterzogen, dessen Ergebnisse in einem Bodeninformationssystem (BIS) abgelegt und bereitgehalten werden. Folgende Ziele werden mit dem Monitoring der ausgewiesenen BDF verfolgt: Beschreibung des aktuellen Zustandes der Böden, Überwachung der Veränderungen der Böden, Ableitung von Prognosen für die zukünftige Entwicklung der Böden. Das Monitoring erfüllt damit Funktionen als Referenz für Bodenbelastungen und bodenkundliche Standortaufnahmen, Frühwarnsystem und Beweissicherung für schädliche Bodenveränderungen, Versuchsplattform für Forschung und Kontrollinstrument für umweltpolitische Maßnahmen.

Dauerfeldversuche

Dauerfeldversuche sind eine unentbehrliche Wissensquelle von hohem wissenschaftlichem Wert, die in erster Linie Langzeitexperimente zu unterschiedlichen Düngungs- und Bewirtschaftungsregimen und deren Wirkung auf Pflanzenbestand, Bodeneigenschaften und Umwelt umfassen. Der Hauptwert liegt in einem durch langjähriges Monitoring erlangten Datenbestand, der eine Basis für die aktuelle Bewertung zukünftiger Entwicklungstendenzen liefert. Allgemein wird ein Feldexperiment mit mindestens zehnjähriger Laufzeit als Dauerfeldversuch bezeichnet. Derartige Langzeitexperimente sind kostspielige Projekte, deren Erhalt und Unterhalt immer wieder in Frage gestellt werden. Deshalb wurde ein Memorandum zum Erhalt der europäischen Dauerfeldversuche verabschiedet (Anonymus 1997). Weltweit gibt es mehr als 600 derartige Versuche beginnend mit dem ersten Dauerfeldversuch, der bereits 1843 in Rothamsted (Großbritannien) eingerichtet wurde und bis heute betrieben wird (Übersicht in Debreczeni & Körschens 2003). In Deutschland sind 100 Dauerfeldversuche etabliert, davon 24 bereits seit mehr als 50 Jahren.

Fallbeispiele

Nutzungsumstellung von konventionellem zu ökologischem Landbau

Beispielhaft werden Monitoring-Ergebnisse zu Flächen aus Trenthorst (Schleswig-Holstein) vorgestellt, die im Jahre 2001 von konventioneller auf ökologische Bewirtschaftungsweise umgestellt wurden. Ziel war, ausgewählte Gruppen der Bodenorganismen (Mikroorganismen und Collembolen) dieser Flächen mit denjenigen einer benachbarten konventionell bewirtschafteten Fläche zu vergleichen (s.a. Schrader *et al.* 2006). Es wurde die Hypothese zu Grunde gelegt, dass die schonende Bewirtschaftung im ökologischen Landbau Bodenorganismen fördert. Im Jahre 2004, drei Jahre nach Umstellung der Bewirtschaftung, wurden während der Vegetationsperiode alle vier Referenzpunkte der Untersuchungsflächen beprobt. Die Individuendichte der Collembolen (Abb. 1a), die mikrobielle Biomasse und der Gehalt an organischem Kohlenstoff (C_{org}) lagen in den Flächen des ökologischen Landbaus unterhalb der Werte der konventionellen Vergleichsfläche.

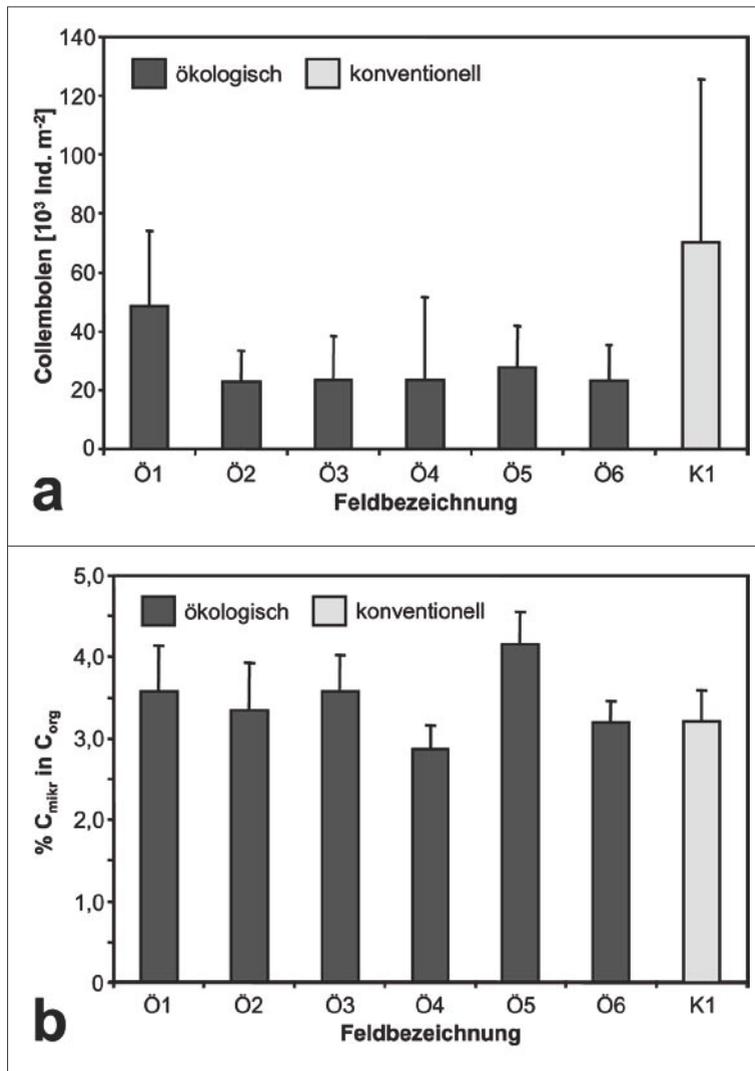


Abb. 1 Abundanz der Collembolen (a) und Verhältnis mikrobiellen (C_{mikr}) zu organischem Kohlenstoff (C_{org}) (b) von ökologisch und konventionell bewirtschafteten Flächen.
Fig. 1 Abundance of collembolans (a) and the microbial (C_{mikr}) to organic carbon (C_{org}) ratio (b) from fields managed by organic and conventional farming.

Eine derartige Depression insbesondere bodenbiologischer Größen ist auch aus Umstellungsphasen in anderen Bereichen der Bodennutzung bekannt. Allerdings zeichnen sich in den Flächen des Ökolandbaus bereits eine Verschiebung der Dominanzstruktur und eine Zunahme der Artenvielfalt bei Collembolen ab. Darüber hinaus ließ sich ein Anstieg des Verhältnisses von mikrobiellem Kohlenstoff zu C_{org} nachweisen (Abb. 1b), was auf eine höhere Bioverfügbarkeit von C_{org} im Boden der ökologisch bewirtschafteten Flächen hindeutet. Die Ergebnisse zeigen, dass die Umstellung der Bewirtschaftung aus bodenbiologischer Sicht noch nicht abgeschlossen ist.

Bedeutung erhöhter atmosphärischer CO₂-Konzentration in einem Agrarökosystem

Beispielhaft werden im Folgenden ausgewählte Monitoring-Ergebnisse eines Freilandversuches präsentiert, der die Wirkung erhöhter atmosphärischer CO₂-Konzentration auf die agrarökologischen Zusammenhänge einer dreigliedrigen Fruchtfolge zum Ziel hatte. Der Versuch wurde mit einer Freiland-CO₂-Anreicherungsanlage nach dem FACE-Prinzip (*Free Air Carbon Dioxide Enrichment*) an der FAL Braunschweig durchgeführt, indem im Vergleich zu Umgebungsluftverhältnissen (ca. 375 ppm) die CO₂-Konzentration im Pflanzenbestand auf zukünftig zu erwartende 550 ppm erhöht wurde (Weigel *et al.* 2006).

Das Monitoring für Bodentiere erfolgte monatlich ganzjährig als geschlossene Zeitreihe, um eventuelle Memory-Effekte, z.B. durch extreme klimatische Bedingungen außerhalb der Vegetationsperioden oder durch die Fruchtfolge, interpretieren zu können. Stellvertretend für die Zersetzergesellschaft im Boden wurden Enchytraeiden erfaßt, die wichtige Bindeglieder im Nahrungsnetz darstellen. Enchytraeiden sind die kleineren Verwandten der Regenwürmer und als empfindliche Indikatoren für Umweltveränderungen bekannt. Ziel dieses Monitorings ist, die Langzeitwirkung einer erhöhten atmosphärischen CO₂-Konzentration auf Enchytraeiden zu erfassen. Innerhalb der 3 Jahre des ersten Fruchtfolge-Zyklus wurde für jede Vegetationsperiode ein signifikanter Einfluss der erhöhten atmosphärischen CO₂-Konzentration auf die Abundanzen der Enchytraeiden festgestellt (Abb. 2): Wintergerste und Weidelgras p < 0,001; Zuckerrübe p = 0,013; Winterweizen p = 0,004.

Allerdings ist das Bild uneinheitlich, d.h. es lässt sich bislang nicht sagen, ob eine CO₂-Erhöhung zu einer Steigerung oder Abnahme der Abundanzen führt. Begleitendes Monitoring zu Collembolen offenbarte im Jahr 2002 eine signifikante Abundanz-Zunahme und Erhöhung der Artenzahl bei erhöhter atmosphärischer CO₂-Konzentration (Sticht *et al.* 2006). Die Wirkung der CO₂-Erhöhung auf die Bodentiere ist als indirekter „bottom up“ Effekt über die Rhizosphäre (Exsudate, Mikroorganismen) und abgestorbenes organisches Material (Mikroorganismen an Ernterückständen und Wurzeln der Vorfrucht) zu interpretieren.

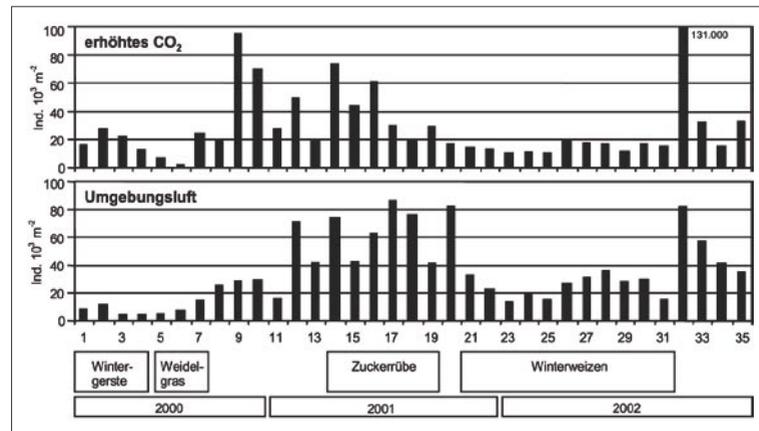


Abb. 2 Monatsliches Monitoring (Termine 1-35) der Enchytraeiden-Abundanz in 0-30 cm Bodentiefe während einer dreigliedrigen Fruchtfolge in einem Agrarökosystem bei atmosphärischem CO₂ von 550 ppm (erhöhtes CO₂) und 375 ppm (Umgebungsluft). Signifikante Unterschiede ($p < 0,05$) zwischen den CO₂-Varianten in der Vegetationszeit.

Fig. 2 Monthly monitoring (dates 1-35) of enchytraeid abundance in 0-30 cm soil depth of a rotation system with three crops in an agroecosystem with atmospheric CO₂ concentrations of 550 ppm (elevated CO₂) and 375 ppm (ambient air). Significant differences ($p < 0.05$) between CO₂-treatments during vegetation periods.

Hinsichtlich der Mikroorganismen wird der Einfluss einer erhöhten atmosphärischen CO₂-Konzentration (FACE, s.o) auf die Struktur der Mikroorganismen-Gemeinschaft im Boden, das Pilz/Bakterien-Verhältnis, mittels der Methode der „Selektiven Hemmung“ (Anderson & Domsch 1975) verfolgt. Das Pilz/Bakterien-Verhältnis in Böden ist nicht zufälliger Natur, sondern empirische Beobachtungen zeigen ein gleiches Pilz/Bakterien-Verhältnis, das für pH > 6,0 bei 80/20 % in Agrarböden oder bei 70/30 % in Waldböden liegt (Anderson & Kreitz 1997). Mit dem Verhältniswert wird der prozentuale respiratorische

Anteil von Pilzen und Bakterien aus einer Gesamtrespiration erfasst. Das bedeutet, dass z.B. 80 % der Gesamtrespiration einer Bodenmikroflora auf pilzliche Atmungsaktivität zurückzuführen sind und 20 % auf bakterielle. Da Pilze und Bakterien unterschiedliche Lebensstrategien und Lebensansprüche haben, wird eine Verschiebung im Pilz/Bakterien-Verhältnis auftreten, sobald Umweltbedingungen entstehen, die entweder die Pilze oder die Bakterien im Übermaß fördern oder hemmen. Die Empfindlichkeit dieses Parameters konnte am Beispiel Bodenversauerung (Anderson & Kreitz 1997; Blagodatskaya & Anderson 1998) dargestellt werden, wo besonders bei Bakterien die respiratorische Aktivität stark zurückging und sich ein Pilz/Bakterien-Verhältnis von ~ 95/5 in sauren Böden einstellte. Das Monitoring des Pilz/Bakterien-Verhältnisses über die ersten drei Vegetationsperioden zeigte eine erhöhte bakterielle Aktivität unter erhöhter atmosphärischer CO₂-Konzentration, die stetig zunahm mit signifikantem Unterschied zur unbegasteten Kontrolle ab dem Jahr 2001 (Abb. 3).

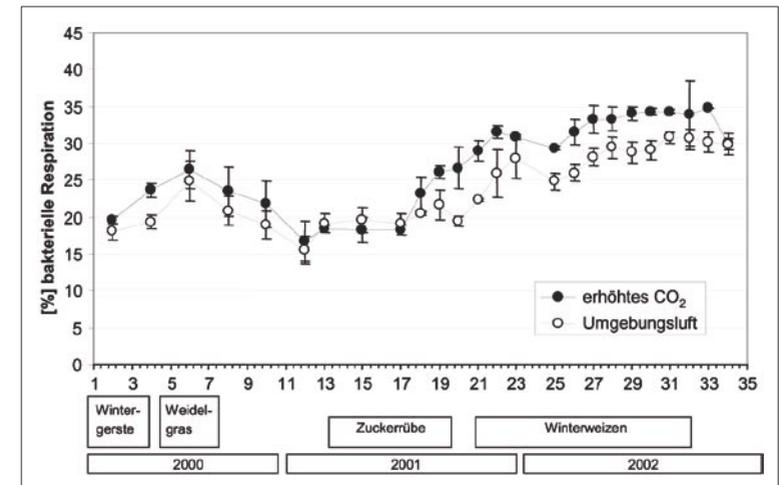


Abb. 3 Zweimonatliches (2000) bzw. monatliches Monitoring (2001-2002) des respiratorischen Pilz/Bakterien-Verhältnisses von Proben aus 0-20 cm Bodentiefe während einer dreigliedrigen Fruchtfolge in einem Agrarökosystem bei atmosphärischem CO₂ von 550 ppm (erhöhtes CO₂) und 375 ppm (Umgebungsluft). Signifikante Unterschiede ($p < 0,001$) zwischen beiden CO₂-Varianten ab dem 2. Versuchsjahr.

Fig. 3 Bimonthly (2000) and monthly monitoring (2001-2002) of respiratory fungal-to-bacterial ratio in 0-20 cm soil depth of a rotation system with three crops in an agroecosystem with atmospheric CO₂ concentrations of 550 ppm (elevated CO₂) and 375 ppm (ambient air). Significant differences ($p < 0.001$) between CO₂-treatments from the second vegetation period onwards.

Der Ausgang für das Pilz/Bakterien-Verhältnis im Jahr 2000 lag bei 78/22% und änderte sich auf 70/30% im Jahr 2002. Damit wird ein erhöhter Anteil bakterieller Aktivität an der Gesamtrespiration deutlich. Wie oben bei den Bodentieren schon angemerkt, wird auch hier die Wirkung der CO₂-Erhöhung als indirekter „*bottom-up*“ Effekt gesehen, wobei angenommen wird, dass die gemessene Erhöhung der Pflanzen- bzw. Wurzelbiomasse (Weigel, *et al.* 2006) auch eine Erhöhung der Rhizodepositionen mit leicht verfügbaren C-Quellen nach sich zieht, von denen am schnellsten Bakterien profitieren.

Zersetzergesellschaften in Bodendauerbeobachtungsflächen (BDF)

Beispielhaft wird im Folgenden auf die BDF in Schleswig-Holstein eingegangen, die seit 1989 im Zuge regelmäßigen Monitorings beprobt werden. Es erfolgt eine abiotische Erfassung durch bodenkundliche Feldaufnahmen, bodenphysikalische und -chemische Untersuchungen, Wasserstandsmessungen und Dokumentation betriebsbezogener Daten. Weiterhin werden Zustand und Änderung der Biodiversität anhand pflanzensoziologischer, flechtenkundlicher, bodenmikrobiologischer und bodenzoologischer Untersuchungen erfasst. Im Folgenden liegt der Schwerpunkt auf den bodenzoologischen Ergebnissen zu Regenwürmern und Enchytraeiden. Deren Artenzusammensetzung beruht auf bestimmten Siedlungsdichten, lässt sich definierten Zersetzergesellschaften zuordnen und ist repräsentativ für einen bestimmten Standort- oder Bodennutzungstyp (z.B. Acker, Grünland, Wald). Tab. 1 zeigt das mögliche Spektrum an Indikatorfunktionen, die diesen Bodentiergruppen zugeordnet werden können.

Das bodenzoologische Monitoring auf den Bodendauerbeobachtungsflächen ist aufgrund der engen Beziehung zu den Mikroorganismen und der langen Lebensdauer der Regenwürmer als Frühwarnsystem für den vorsorgenden Bodenschutz besonders geeignet. Regenwürmer reagieren sensibel auf Veränderungen des Standorts z.B. durch Bodenversauerung und anthropogene Eingriffe, was zu einer Umwandlung der gesamten Zersetzergesellschaft führen kann. Dies bewirkt ebenfalls Änderungen in den Abbau-, Umbau- und Verlagerungsprozessen von Nährelementen.

Tab. 1 Bodenzoologische Parameter für das Monitoring auf Bodendauerbeobachtungsflächen (nach Graefe *et al.* 1998).

*Tab. 1 Soil zoological parameters for monitoring purposes of soil monitoring sites (after Graefe *et al.* 1998).*

Parameter	Indikatorfunktion
Gesamtabundanz der Regenwürmer und Enchytraeiden (Individuen pro m ²), Gesamtbiomasse der Regenwürmer (g · m ⁻²)	Indikatoren der biologischen Aktivität im Boden
Artenzusammensetzung und Artenzahl, Abundanz, Dominanz und Frequenz der Arten	Indikatoren der Biodiversität im Boden
Vertikalverteilung der Enchytraeiden: insgesamt sowie auf Gattungs- und Artebene	Indikatoren für die vertikale Ausdehnung der Arten und die Mikrohabitatqualität
Biomasse und Biomassedominanz der Regenwurmart	Indikatoren für die ökologische Bedeutung der Arten
Qualitative und aggregierte Parameter: Lebensformtypen- und Strategietypen-Spektren, Zeigerwert-Spektren und mittlere Zeigerwerte, Zersetzergesellschaft	Indikatoren für die integrale Wirkung ökologischer Faktoren auf den biologischen Bodenzustand und die Bodenbiozönose

Die Ergebnisse (Abundanz und Biomasse der Regenwürmer, Abundanz der Enchytraeiden und Artenzusammensetzung beider Bodentiergruppen) zeigen, dass Zersetzergesellschaftstypen von den verschiedenen Nutzungsformen und den standörtlichen Gegebenheiten abhängen. Zusammenhänge zwischen den Boden Kennwerten organischer Kohlenstoffanteil und C/N-Verhältnis und dem Regenwurmbesatz konnten nachgewiesen werden. Ebenso hängen niedrige pH-Werte mit höheren Enchytraeiden-, und geringen Regenwurmbundanz zusammen (Graefe & Beylich 2003).

Wechselwirkungen zwischen der organischen Bodensubstanz und Bodenmikroorganismen

Bodenmikroorganismen tragen mit ihren Stoffwechselleistungen erheblich zur Funktion von Böden und ihrer Nutzbarkeit für landwirtschaftliche Prozesse bei (Tebbe & Schloter 2006). Die primäre Hauptnahrungsquelle der Bodenmikroorganismen ist das Pflanzenmaterial, sei es aus lebenden Pflanzen über die Absonderung (Exudation) von Substraten in den Boden, oder aus Pflanzenresten, z.B. von Wurzeln und Blättern nach der Ernte. Die Pflanzenreste werden im Zuge der bodenmikrobiologischen Aktivitäten jedoch nicht nur abgebaut, sondern zum Teil auch in organische Bodensubstanz umgewandelt. Diese organische Substanz hat für die Fruchtbarkeit und nachhaltige Nutzbarkeit von Böden eine fundamentale Bedeutung, denn sie verbessert die physikalische Struktur von Böden, sie puffert starke Umwelteinflüsse und sie dient vielen Bodenmikroorganismen als Energiespeicher.

Ein tieferes Verständnis der Wechselwirkungen zwischen Bodenmikroorganismen und der organischen Bodensubstanz kann die Grundlage liefern, Bodenschutzmaßnahmen für Agrarböden zu entwickeln. Hierzu ist es notwendig, Bodenmikroorganismen quantitativ und qualitativ zu erfassen. Die Ermittlung beider Parameter stellt jedoch aus drei Hauptgründen eine erhebliche methodische Herausforderung dar:

1. Die meisten Bodenmikroorganismen lassen sich nicht kultivieren. Kultivierung ist jedoch die klassische Voraussetzung, Mikroorganismen zu identifizieren und ihre funktionellen Potentiale zu ermitteln.
2. Ein erheblicher Teil der Bodenmikroorganismen (hier: Bakterien und *Archaeen*) lassen sich nicht in biologische Arten untergliedern und unterscheiden. Vielmehr ist der Artenbegriff für diese prokaryontischen Organismengruppen nur ein Hilfsmittel, das durch willkürliche Definitionen nach internationaler Übereinkunft festgelegt wird.

3. Die Identifizierung von Mikroorganismen lässt nur in speziellen Fällen eine Ableitung ihrer Funktion im Lebensraum Boden zu. Die meisten ökologisch wichtigen Funktionen werden von den unterschiedlichsten Mikroorganismen vollbracht. Beispiele hierfür sind Zelluloseabbau, Stickstoff-Fixierung oder Denitrifikation.

Neue methodische Ansätze, diesen Limitierungen zu begegnen, beruhen auf der Untersuchung direkt extrahierter Boden-Nukleinsäuren (DNA, RNA) (Tebbe & Schloter 2006). Aus der DNA werden ausgewählte Gene durch *in vitro* Vermehrung (PCR-Methode) nachgewiesen. Besonders wichtig für die Ermittlung der Vielfalt ist der Nachweis von rRNA Genen. Diese Gene kodieren für einen Baustein der Ribosomen. Jeder lebende Organismus verfügt über eines oder mehrerer solcher Gene und die Ähnlichkeit von rRNA Genen zwischen zwei Organismen gibt direkten Aufschluss über deren Verwandtschaft. Typischerweise werden aus Bodenukleinsäuren Gemische von rRNA Genen durch PCR amplifiziert. Diese Gemische stehen in einem quantitativen Zusammenhang mit der Vielfalt und Verteilung der unterschiedlichen Mikroorganismen in den Bodenproben. Die gemischten PCR Produkte lassen sich durch weitere Verfahren differenzieren (genetisches Fingerprinting, DNA-Sequenzierung) und können so eine Datengrundlage zur Charakterisierung und zum Vergleich mikrobiologischer Gemeinschaften liefern.

Der seit 1902 etablierte statische Düngungsversuch in Bad Lauchstädt bietet heute, durch die Entwicklung der neuen molekularen Methoden, den idealen Ansatzpunkt, den Zusammenhang zwischen organischer Bodensubstanz und mikrobiologischer Lebensgemeinschaft zu verstehen. Unterschiedliche Düngungsvarianten auf einem Versuchsareal führten während der vergangenen 104 Jahre zur Bildung von Böden mit deutlich unterschiedlichen Gehalten an organischer Substanz bei sonst sehr ähnlichen Eigenschaften. Um den Zustand der mikrobiellen Lebensgemeinschaft in Abhängigkeit von den unterschiedlichen Gehalten der organischen Substanz zu verstehen, werden von uns bei laufenden Untersuchungen parallel verschiedene molekulare Parameter ermittelt (Abb. 4).

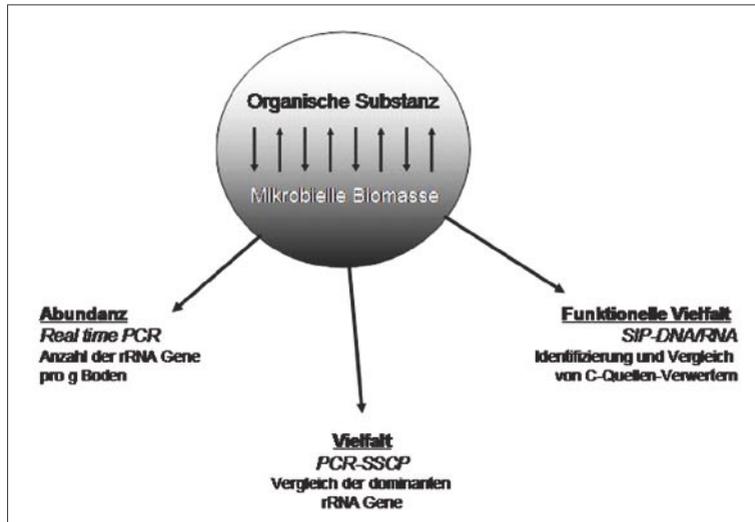


Abb. 4 Schematischer Überblick über molekulare Nachweismethoden zur Untersuchung des Zusammenhangs zwischen organischer Substanz und Bodenmikroorganismen.
Fig. 4 Schematic overview about molecular methods to characterize interactions between organic matter and the soil microbial community.

Die Poolgrößen der mikrobiellen Biomasse werden mit Hilfe quantitativer PCR (*real-time* PCR) ermittelt. Dabei werden rRNA-Gene regelrecht „gezählt“, wobei zwischen den rRNA-Gen Kopienzahlen aus den Domänen *Bacteria*, *Archaea* und *Fungi* unterschieden werden kann. Erste unveröffentlichte Ergebnisse zeigen, dass mit dem Anstieg der organischen Substanz auch die Poolgrößen der verschiedenen Mikroorganismen-Gruppen zunehmen.

Die Vielfalt der Mikroorganismen wurde mit Hilfe der PCR-SSCP Technik als genetischer „*Fingerprint*“ auf Grundlage von rRNA Genen, wie oben beschreiben, dargestellt. Genetische *Fingerprints* aus den Böden bestanden aus ca. 20 bis 30 Banden. Jede Bande entspricht einer typischen rRNA-Sequenz in der Bodenprobe. Im Gegensatz zu den quantitativen Veränderungen, die durch die *real-time* PCR angezeigt waren, fanden sich hier jedoch keine oder nur sehr geringfügige Veränderungen. Offensichtlich war der Gehalt der organischen Substanz der Böden für die Verteilung der ca. 20 bis 30 häufigsten Bakterien oder Pilze - *Archaea* wurden hier nicht gemessen - nicht bedeutsam.

Die stabile Isotopentechnik bietet einen weiteren Ansatzpunkt, die Leistungsfähigkeit bodenmikrobiologischer Gemeinschaften unabhängig von Kultivierung zu untersuchen (Lueders *et al.* 2004). Im Bad Lauchstädt-Versuch werden in aktuellen Arbeiten von uns Bodeninkubationen mit ¹³C-Glucose unter Laborbedingungen durchgeführt, um zu ermitteln, welche Mikroorganismen vor allem an dem Abbau dieser leicht verfügbaren, weit verbreiteten C-Quelle beteiligt sind. Erste Ergebnisse zeigen, dass trotz eines weit verbreiteten Potentials zum Glucoseabbau nur wenige Bodenbakterien, insbesondere *Bacillus* Verwandte, tatsächlich die direkten Nutznießer dieser Substratgaben sind. Der Gehalt der organischen Bodensubstanz hatte auch hier keinen bzw. nur einen sehr untergeordneten Einfluss auf die Ergebnisse. Für eine genaue Bewertung sind jedoch weiterer Untersuchungen notwendig.

Mit zunehmendem Maße erlauben die neu entwickelten molekularen Methoden einen Einblick in die tatsächlichen Prozesse innerhalb der bodenmikrobiologischen Gemeinschaften und in die Wechselwirkungen mit anderen Organismen, wie sie z.B. in der Rhizosphäre oder im Darm von Bodentieren stattfinden. Mit Dauerversuchsflächen wie in Bad Lauchstädt stehen dabei ideale Standorte zur Verfügung diese fundamentalen Fragen aufzuklären und hieraus Handlungsmaßnahmen für den nachhaltigen Bodenschutz abzuleiten. Derartige Standorte sind daher heute aktueller und wertvoller als sie vermutlich je waren.

Ausblick

Aus Sicht der Erhaltung der biologischen Vielfalt und ihrer Dienstleistungen in Böden besteht dringender Wissensbedarf zu folgenden Bereichen im Monitoring:

- Identifizierung geeigneter Indikatoren und deren Monitoring zur Boden sanierung nach einer Bodenbelastung
- Identifizierung geeigneter Indikatoren und deren Monitoring für unterschiedliche Szenarien des Klimawandels
- Monitoring zu Regenerationsprozessen geschädigter Bodenstruktur
- Identifizierung geeigneter Indikatoren für „*Upscaling*“-Verfahren von Bodenprozessen

- Entwicklung geeigneter „Upscaling“-Verfahren für ländliche Räume
- Ermittlung struktureller und funktioneller Vielfalt mikrobiologischer Gemeinschaften
- Bewertung ihrer Variabilität und Anpassungsfähigkeit von der Mikro- zur Makroskala (Bodenfeinstruktur bis Landschaftsebene)
- Identifizierung von Leistungsträgern ökosystemarer Funktionen - Charakterisierung ihrer Austauschbarkeit, Belastungstoleranz und Regenerationsfähigkeit
- Ableitung von landwirtschaftlichen Bodenbearbeitungstechniken zur Abschwächung unerwünschter und Förderung erwünschter bodenmikrobiologischer Aktivitäten

Literatur

Anderson, J.P.E., K.H. Domsch (1975): *Measurement of bacterial and fungal contributions to respiration of selected agricultural and forest soils. Canadian Journal of Microbiology* 21, 315-322.

Anderson, T.-H., S. Kreitz (1997) Verschiebung des Pilz/Bakterien-Verhältnisses und der Substratnutzung von Mikroorganismen-Gesellschaften in Abhängigkeit vom Boden-pH. Schriftenreihe Bundesminister Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. R.A. Angewandte Wissenschaft 465, 408-410.

Anonymus (1997): Für den Erhalt und die umfassende Nutzung der europäischen Dauerfeldversuche. Memorandum der Internationalen Konferenz „Dauerfeldversuche als Forschungsbasis für nachhaltige Landwirtschaft“. Archiv für Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde 42, 151-153.

Blagodatskaya, E., T.-H. Anderson (1998) *Interactive effects of pH and substrate quality on the fungal-to-bacterial ratio and qCO_2 of microbial communities in forest soils. Soil Biology & Biochemistry* 30, 1269-1274.

Bardgett, R.D., M.B. Usher, D.W. Hopkins (2005): *Biological diversity in soils. Cambridge University Press, Cambridge*, pp. 1-411.

BBodSchG (1998): Bundes-Bodenschutzgesetz vom 17. März 1998 (BGBl. I S. 502), zuletzt geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 9. Dezember 2004 (BGBl. I S. 3214).

BNatSchG (2002): Bundesnaturschutzgesetz vom 25. März 2002 (BGBl. I S. 1193), zuletzt geändert durch Artikel 40 des Gesetzes vom 21. Juni 2005 (BGBl. I S. 1818).

Debreczeni, K., M. Körschens (2003): *Long-term field experiments of the world. Archives of Agronomy and Soil Science* 49, 465-483.

Graefe, U., A. Beylich (2003): *Critical values of soil acidification for annelid species and the decomposer community. Newsletter on Enchytraeidae* 8, 51-55.

Graefe, U, C.-D. Elsner, U. Necker (1998): Monitoring auf Bodendauerbeobachtungsflächen: Bodenzologische Parameter zur Kennzeichnung des biologischen Bodenzustandes. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft 87, 343-346.

Lueders, T., M. Manefield, M.W. Friedrich (2004): *Enhanced sensitivity of DNA- and rRNA-based stable isotope probing by fractionation and quantitative analysis of isopycnic centrifugation gradients. Environmental Microbiology* 6, 73-78.

Schrader, S., J. Kiehne, T.-H. Anderson, H.-M. Paulsen, G. Rahmann (2006): *Development of collembolans after conversion towards organic farming. Aspects of Applied Biology* 79, 181-185.

Schubert, R. (1991): Bioindikation in terrestrischen Ökosystemen. 2. Aufl., Gustav Fischer Verlag, Jena, pp. 1-338.

Sticht, C., S. Schrader, A. Giesemann, H.-J. Weigel (2006). *Effects of elevated atmospheric CO_2 and N fertilization on abundance, diversity and C-isotopic signature of collembolan communities in arable soil. Applied Soil Ecology* 34, 219-229.

Tebbe, C.C., M. Schloter (2006): *Discerning the diversity of soil prokaryotes (bacteria and archaea) and their impact on agriculture. In: Benckiser, G., S. Schnell (Hrsg.) Biodiversity in agricultural production systems*, pp. 81-100. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL.

Weigel, H.J., A. Pacholski, K. Waloszczyk, C. Frühauf, R. Manderscheid, T.-H. Anderson, O. Heinemeyer, B. Kleikamp, M. Helal, S. Burkart, S. Schrader, C. Sticht, A. Giesemann (2006): Zur Wirkung erhöhter atmosphärischer CO_2 -Konzentrationen auf Wintergerste, Zuckerrübe und Winterweizen in einer Fruchtfolge: Beispiele aus dem Braunschweiger Kohlenstoffprojekt. *Landbauforschung Völkenrode* 56, 101-115.

Pflanzenartenvielfalt der Wälder in Deutschland – Beitrag der forstlichen Umweltbeobachtung zu ihrer Erfassung und Bewertung

Phytodiversity in German forests – the contribution of forest monitoring to its assessment and evaluation

Andreas Bolte¹, Heinz- Werner Schröck² und Joachim Block²

¹ Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft (BFH), Institut für Waldökologie und Waldinventuren, A.-Möller-Str. 1, 16225 Eberswalde, a.bolte@bfh-inst7.fh-eberswalde.de

² Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft (FAWF) Rheinland-Pfalz, Schloss, 67705 Trippstadt, hans-werner.schroeck@wald-rlp.de, joachim.block@wald-rlp.de

Zusammenfassung

Untersuchungen zur Artenzusammensetzung und zur Struktur der Waldvegetation sind Bestandteil der forstlichen Umweltbeobachtung. Dies betrifft die Erhebungen im Rahmen des EU-Level-II-Monitorings (UN-ECE ICP *Forest*) bzw. des *Forest-Focus*-Programms ebenso wie die der laufenden zweiten Bodenzustandserhebung im Wald (BZE II).

Im Rahmen einer Vorstudie im Sommer 2005 wurde die Waldvegetation auf 165 Standorten der BZE II und auf sieben Standorten des Level-II-Monitorings in Rheinland-Pfalz aufgenommen. In zentral gelegenen Flächen von 400 m² Größe wurde die Art, der prozentuale Deckungsgrad und die mittlere Sprosslänge (bei Arten = 1% Deckungsgrad) aller epigäischen Pflanzen erfasst.

Dieses Vorgehen entspricht der Arbeitsanweisung der zweiten bundesweiten Bodenzustandserhebung (BZE II). Zusätzlich wurden alle vorkommenden Arten im umliegenden Bereich von 2500 m² Flächengröße bestimmt und notiert. Die aufgenommenen Daten waren Grundlage für Schätzungen zum oberirdischen Biomassevorrat der Waldbodenvegetation mit Hilfe des EDV-Programms „PhytoCalc“.

Ein Anstieg der Artenanzahl pro definierter Flächengröße (Alpha-Diversität) von nährstoffarmen zu nährstoffreichen Standorten wurde festgestellt. Diese Unterschiede spiegeln die regionale Standortdifferenzierung mit wenigen Arten auf armen Buntsandstein-Standorten in einigen südlichen Regionen wie dem Pfälzerwald und reichen Standorten auf vulkanischen Sedimenten im Norden des Landes Rheinland-Pfalz wider (Eifel, Nordpfälzer Bergland). Bei ähnlicher Standortsausstattung waren die Artenanzahlen geringer auf Monitoringflächen mit Dominanz der Buche in der Baumschicht als auf Standorten mit dominierender Eiche, Kiefer oder Fichte. Vermutlich unterschiedlicher Störungseinfluss auf den Level II-Flächen (Auswahl homogener Vegetationsausschnitte) und den BZE-Flächen (Flächenauswahl durch Raster vorgegeben) führte zur Erfassung von im Durchschnitt erheblich weniger Arten auf den Level II-Flächen im Vergleich zu den Flächen im BZE-Raster. Die strukturelle Diversität der Waldvegetation, ausgedrückt durch den Shannon-Index (H') und die *Evenness* (J'), unterschied sich zwischen Monitoringflächen mit unterschiedlicher Baumartendominanz. So fanden sich nur in Buchenwäldern und in Fichtenwäldern mit geringerer Artenzahl Vegetationsstrukturen mit wenigen, dominanten Arten. In Eichen- und Kiefernwäldern waren die Arten dagegen eher gleichverteilt (höhere *Evenness*). In den artenarmen Wäldern der Aufnahmeflächen mit weniger als acht Bodenvegetationsarten waren deren Artenzahl und deren oberirdische Biomasse korreliert. In artenreicheren Beständen lag keine entsprechende Beziehung vor.

Die Ergebnisse machen deutlich, welche Möglichkeiten und Chancen die forstliche Umweltbeobachtung für die Erfassung und Bewertung der Pflanzenartenvielfalt in Wäldern auf nationaler Ebene bietet. Die im Rahmen der BZE II und bei Weiterführung des Intensivmonitorings Level II unter LIFE+ erfassten Daten zur Waldvegetation bieten hierzu vielfältige Ansätze zur multifaktoriellen Auswertung.

Abstract

Forest monitoring includes assessments of species composition and structure of the forest vegetation within the EU/ICP Forest Level II-Monitoring (Forest Focus) as well as within the second national forest soil survey (BZE II).

In summer 2005, a pilot study of forest vegetation was conducted at 165 sites of second national soil survey (BZE II, Level I monitoring) and at 7 sites of the intensive Level II monitoring in Rhineland-Palatinate. In central plots of 400 m² area, species, coverage, and mean shoot length of all epigeic plants were assessed if their coverage exceeded 1%. This proceeding meets the guidelines of the latest manual of the second German soil survey (BZE II). Moreover, species occurrences were recorded in the surrounding area of 2500 m². The data of the surveys could be used to estimate above-ground biomass of the ground vegetation with the programme "Phyto-Calc".

An increase of species number was observed from sites with poor nutrition to sites with rich nutrition. This reflects the regional differences with low species number on poor Triassic sandstone soils in some southerly regions (Pfälzerwald), and higher numbers on rich sites with volcanic sediments in northerly regions (Eifel, Nordpfälzer Bergland). Comparing sites with similar nutrition, a lower species number was found on beech forest plots than on sites dominated by oaks, Scots pine and Norway spruce. Mean species numbers at Level II sites (selection of homogenous vegetation structure) were considerable lower than those of BZE II sites (plot selection is determined by a systematically grid). This might be caused by different disturbance regimes due to the different selection criteria. Structural diversity, denoted by Shannon-Weaver index (H') and evenness (J'), differed between monitoring plots dominated by different tree species. In beech forest and species-poor spruce forests, a dominance structure with one or only few dominating species could be observed. In oak and Scots pine forest, however, species were more evenly distributed (higher evenness values). In forests on the BZE plots with less than eight species of the forest floor vegetation, their species number correlated to the biomass above ground. However, this relationship was not evident in species-rich forests.

The present results exhibit the possibilities and chances of the forest monitoring for the assessment and evaluation of species richness in forest on a national level. Data from the BZE II and from the intensive monitoring programme Level II under the LIFE+ regulation will offer many possibilities of further advanced multi-factorial analyses.

Einleitung

Der Begriff Biodiversität (Biologische Diversität) wird von Gaston und Spicer (2004) als Vielfalt des Lebens auf allen Ebenen biologischer Organisation definiert. Auf die verschiedenen Organisationsebenen von niedriger zu höherer Skala geht Art (1993) ein, indem er genetische Diversität, Artendiversität und ökologische Diversität (Habitatdiversität) als wichtige Elemente der Biodiversität unterscheidet. Seiner Vorstellung von Biodiversität als Anzahl und Vielfalt lebender Organismen kommt der Begriff Artendiversität oder Artenvielfalt allerdings am nächsten, der häufig mit Biodiversität vereinfachend gleichgesetzt wird. Die Schwäche der Verwendung des Begriffs Artendiversität liegt darin, dass die konventionelle Pflanzentaxonomie nach morphologischen Gesichtspunkten genetische und funktionelle Aspekte bei der Artendifferenzierung nicht immer ausreichend berücksichtigt. Die Betrachtung der Prozess- und Funktionsvielfalt, die an das Auftreten und die Zusammensetzung von Organismengemeinschaften gekoppelt sind (z.B. Noss & Cooperrider 1994) führt zu einer Entkopplung der Biodiversität von taxonomischen und z.T. subjektiven Konventionen. Neben einer stärkeren Einbeziehung genetischer Differenzierung sind daher Untersuchungen zur funktionellen Bedeutung von Organismengemeinschaften von hohem Interesse, um die Bedeutung der Biodiversität für ökosystemare Prozesse und Funktionen zu beurteilen.

Die forstliche Umweltbeobachtung, auch Umweltmonitoring genannt, umfasst in Deutschland sowohl großräumige, systematische Stichprobenerhebungen (Level I) als auch die Dauerbeobachtung ausgewählter Waldökosysteme (Level II, *Forest Focus*). Diese Aktivitäten werden vom Bund und den Ländern in enger Kooperation durchgeführt. Zur Kategorie der Stichprobenerhebungen gehört die Bodenzustandserhebung im Wald, die derzeit zum zweiten Mal nach 1987-1992 in einem 8km x 8km-Raster auf etwa 2000 Flächen erfolgt (BZE II, Wellbrock *et al.* 2006). Auf den gleichen Flächen findet jährlich die Waldzustandserhebung (WZE) statt, die bundesweit allerdings nur auf 16km x 16km (ca. 420 Flächen) ausgewertet wird. Beide Erhebungen dienen der diskontinuierlichen, aber flächenrepräsentativen Beurteilung der Entwicklung des Waldzustandes anhand der Kriterien Baumvitalität, Bodenfunktionen und Baumernährung unter den sich ändernden Umweltbedingungen.

Im Gegensatz dazu verfolgt die kontinuierliche Dauerbeobachtung von 88 ausgewählten, beispielhaften Waldökosystemen das Ziel, Hypothesen zu Ursache-Wirkungsbeziehungen zum Einfluss von Klima, Standort und Luftverunreinigungen auf die Wälder abzuleiten. Das umfangreiche Messprogramm zu ökosystemaren Prozessen des Stoff-, Wasser- und Energiehaushalts erlaubt zusätzlich, Indikatoren für eine kritische Belastung der Waldökosysteme zu bestimmen, die in den systematischen Stichprobenerhebungen eingesetzt werden können (Wolff 2002). Die Kombination von Zustandserhebungen und Dauerbeobachtung liefert somit eine profunde Beurteilungsbasis zur Reaktion von Wäldern auf eine Änderung der Umweltbedingungen auf nationaler Ebene, die durch die zukünftig stärkere Einbindung der bundesweiten Waldinventur (BWI) weiter an Gewicht gewinnt.

Aufnahmen der Waldvegetation mit ihren Schichten und Arten stellen einen wichtigen Teil sowohl der Dauerbeobachtung (Level II) als auch der bundesweiten Bodenzustandserhebung im Wald (Level I) dar. Die Erhebungen werden in Regie der Bundesländer mit harmonisierten, aber nicht identischen Methoden durchgeführt (Schulze & Bolte 2001, Wellbrock *et al.* 2006). Die Vegetationsaufnahmen im flächenrepräsentativen Stichprobennetz (BZE II) sind freiwillig, werden aber in den meisten Bundesländern zwischen 2006 und 2008 erfolgen.

Im Rahmen einer Vorstudie zur bundesweiten Bodenzustandserhebung im Wald wurde die Waldvegetation im Sommer 2005 auf 165 Standorten der BZE II und auf sieben Standorten des Level II-Monitorings in Rheinland-Pfalz aufgenommen. Ziel von Auswertungen zur Pflanzenartendiversität war, neben einer Beschreibung der Artenvielfalt auch die Beziehungen zwischen Artendiversität und Erzeugung oberirdischer Phytomasse als wichtige ökosystemare Funktion am Beispiel der Bodenvegetation darzustellen.

Material und Methoden

Untersuchungsflächen und Vegetationsaufnahmen

Mit den Untersuchungen auf dem BZE-Raster wurde die gesamte Waldfläche des Landes Rheinland-Pfalz mit einer systematischen Stichprobe abgedeckt.

Die BZE erfolgt in Rheinland-Pfalz auf der 4 km x 12 km-Unterstichprobe der Waldzustandserhebung (WZE) einschließlich des europaweiten 16x16 km Rasters. Die Level II-Erhebungen stellen Fallstudien typischer Bestandes-Standortskombinationen dar.

Für die Vegetationsaufnahmen wurde an den BZE-Rasterpunkten je eine quadratische Aufnahmefläche von 400 m² Größe eingerichtet. In ebenem Gelände wurde die SW-Ecke der Aufnahmefläche 3 bis 5 m nordwärts, in Hanglagen die untere linke Ecke 3 bis 5 m hangaufwärts vom durch einen Messpunktpfosten dauerhaft markiertem Mittelpunkt des BZE-Aufnahmeareals angeordnet. Die Bodenprofile der BZE I und II liegen meist in unmittelbarer Nähe zum Messpunktpfosten und stets außerhalb der Vegetationsaufnahmefläche. Nur bei gravierenden Störungen zum Beispiel durch Wege oder Bestandesränder wurde durch Rotieren der Aufnahmefläche um den Messpunktpfosten von diesem Regelfall abgewichen (Abb. 1).

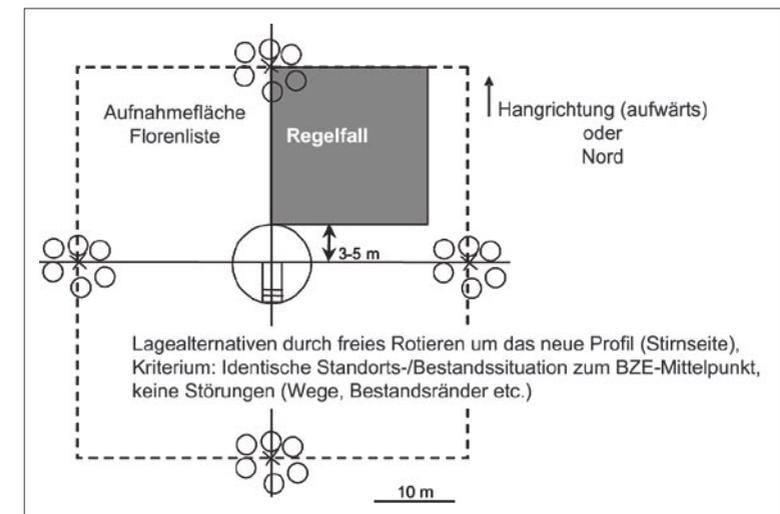


Abb. 1 Skizze zum Design der vegetationskundlichen Aufnahmefläche an den BZE-Flächen
Fig. 1 Design of the vegetation assessment plots of the BZE grid

Ausgehend vom Flächenzentrum, d. h. der dauerhaften BZE-Messmarke, erfolgte die Einmessung der Polarkoordinaten (Azimutwinkel und Distanz zur Messmarke) der SW-Ecke der Aufnahmefläche in der Ebene bzw. der unteren linken Ecke der Aufnahmefläche am Hang mit Maßband und Visierkompass.

Die 20 Meter nordwärts bzw. hangaufwärts ausgerichtete Grundlinie der Aufnahme­fläche wurde ebenso wie deren übrigen Seitenlinien mit Maßbändern im Gelände markiert.

Zusätzlich erfolgte die Einmessung einer 2500 m² großen Aufnahme­fläche für eine floristische Aufnahme mit Kompass und Schrittmaß. Diese Fläche umfasste die gesamte BZE-Fläche, die sich i. d. R. zwischen den Auswahlbäumen für die Kronenzustandserhebung (WZE) aufspannt. Die Eckpunkte wurden mit Fluchtstangen markiert. Dieses Vorgehen entspricht den Vorgaben an Vegetationsaufnahmen im Rahmen der zweiten bundesweiten Bodenzustandserhebung (BZE II, Wellbrock *et al* 2006).

Zusätzlich wurden auf sieben Flächen des EU Level II-Programms in Rheinland-Pfalz Aufnahme­flächen nach einem vergleichbaren Muster ausgewählt. Hierbei erfolgte eine Markierung der 400 m²-Fläche als 20 m x 20 m-Quadrat ausgehend von der SW-Ecke der Monitoring­fläche. Die gesamte 2500 m² große Fläche bildete die Grundlage für die floristische Aufnahme.

Die Aufnahme der Vegetation auf den Flächen erfolgte zwischen dem 5. Juli und dem 23. August 2005 durch Herrn Dr. Thomas Kompa (Göttingen) und Herrn Christoph Rörig-Weisbrod (Neustadt/Weinstraße) als getrennt agierende Bearbeiter. Zur Standardisierung der Aufnahmen wurden in den ersten beiden Tagen gemeinsame Vegetationserhebungen durchgeführt.

Die Aufnahmemethoden folgten dem in der Arbeitsanleitung der BZE II erläuterten Vorgehen, getrennt nach Schichten und Arten (Wellbrock *et al.* 2006). Die Vegetationsschichten wurden wie folgt definiert:

Moosschicht:

Alle epigäische (bodenbewachsenden) Moose und Flechten; hierzu zählen nicht epiphytisch (auf Bäumen und anderen Pflanzen sowie auf Baumstümpfen und auf anderem Totholz) und epilithisch (auf Felsen und größeren Steinen) auftretende Moose und Flechten;

Krautschicht:

Alle Gefäßpflanzen (Gräser- und krautige Arten) ohne Höhenbegrenzung sowie alle höherwüchsigen Gehölz- und Kletterpflanzen bis 0,5 m Höhe;

Strauchschicht:

Alle Gehölz- und Kletterpflanzen > 0,5 m Höhe und < 5 m Höhe;

Baumschicht:

Alle Gehölz- und Kletterpflanzen > 5 m Höhe (sowie Aufsitzerpflanzen wie Misteln etc.) in > 5 m Höhe.

Die Nomenklatur der Gefäßpflanzenarten richtete sich nach der Standardliste von Haeupler und Schönfelder (1989), die der Moose nach Frey *et al.* (1995). Epiphytische Moose und Flechten wurden nicht erfasst.

Für die Vegetationsschichten und die einzelnen Arten wurde der Deckungsgrad (senkrechte Projektion aller lebenden Teile) der Aufnahme­fläche okular geschätzt. Der Deckungsgrad wurde in Prozenten ohne Kommastelle, bei Deckungsgraden unter 1% mit maximal zwei Kommastellen aufgenommen. Zusätzlich erfolgte eine Schätzung des Flächenanteils ohne Vegetationsbedeckung.

Für die Nutzung des Modells PhytoCalc (Version 1.4, Bolte 2006) zur Quantifizierung der oberirdischen Biomasse- und Elementvorräte musste die mittlere Sprosslänge aller ausgewählten Arten mit mehr als 1% Deckungsgrad ermittelt werden. Dazu wurden je zehn blühende bzw. längere und zehn nicht-blühende bzw. kürzere Sprosse der Auswahlarten mit ihrer gestreckten Maximallänge mit Hilfe eines Zollstocks vermessen und notiert. Bei weniger als zwanzig Sprossen wurden alle Exemplare vermessen.

Bewertung der Pflanzenartendiversität

Die Analyse und Bewertung der Pflanzenartendiversität erfolgte anhand der drei ausgewählten Diversitätsindizes Alpha-Diversität (Artenzahl), Shannon-Weaver-Index (1) und *Evenness* (2). Die letzten beiden Indizes bewerten die strukturelle Vielfalt der Vegetation, wobei als quantitativer Mengenparameter der Deckungsgrad verwendet wurde (1). Der Shannon-Weaver-Index wird durch die Artenanzahl beeinflusst. Daher können die Index-Werte von Aufnahmen mit unterschiedlicher Artenzahl nicht miteinander verglichen werden. Der *Evenness*-Wert bezieht den Shannon-Weaver-Index auf seinen artenzahlabhängigen Maximalwert. Dadurch werden Vergleiche von Aufnahmen mit unterschiedlichen Artenzahlen ermöglicht.

Alpha-Diversität:

Artenzahl pro standardisierte Flächengröße

Shannon-Weaver-Index:

$$H' = -\sum p_i \cdot \ln p_i, \quad p_i = \frac{n_i}{N} \quad (1)$$

mit:

H' = Diversitätsindex

p_i = relative Häufigkeit einer Art

n_i = Deckungsgrad der Art i

N = Summe der Deckungsgradwerte aller Arten in einer Vegetationsaufnahme

Evenness (Gleichmäßigkeit):

$$E = \frac{H'}{H_{max}} \cdot 100 [\%] \quad (2)$$

mit:

$H_{max} = \ln n$

n = Artenzahl

Modellierung der Phytomasse

Nach dem Modellansatz von Bolte (1999) erfolgte die Anpassung einer nicht-linearen, allometrischen Funktion (3) mit Hilfe einer nicht-linearen Regressionsanalyse.

$$TS = a \cdot D^b \cdot ML^c \quad (3)$$

mit:

TS = Trockensubstanzvorrat [105°C , g m^{-2}]

D = Deckungsgrad [%]

ML = Mittlere Sprosslänge [cm]

Auf iterativem Wege wurde diejenige Kombination der Funktionskonstanten a , b und c bestimmt, für die die Summe der Abweichungsquadrate zwischen den Funktions- und Messwerten der unabhängigen Variable TS (Residual-Quadratsumme) minimal ist (Bolte *et al.* 2002). Da diese Lösung bei der Verwendung unterschiedlicher Startwerte für die Funktionskonstanten nicht konsistent ist, wurde die Gleichung (3) bei der Neuberechnung durch die Logarithmierung (\ln) der unabhängigen und abhängigen Variablen linearisiert (Gleichung 4). Dadurch ist die Anwendung einer einfachen Regressionsanalyse mit eindeutiger Bestimmung der Funktionskonstanten a , b und c möglich (Software STATISTICA, StatSoft, Tulsa, Oklahoma). Nach der Entlogarithmierung kann die Funktion wieder in der nicht-linearen Grundform (3) dargestellt werden.

$$\ln(TS) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln(D) + \beta_2 \cdot \ln(ML) \quad (4)$$

Für die Wuchsformengruppen (WG), die morphologisch ähnliche Pflanzenarten der Waldbodenflora zusammenfassen (Bolte 1999), ergaben sich folgende Funktionen mit ihren statistischen Kennwerten (entlogarithmierte Werte, Tabelle 1). In die Berechnung gingen 1597 alte und 120 neue Datensätze ein. Die Differenz von fünf Altdatensätzen bei den Polster- und Rasenmoosen gegenüber früheren Analysen (Bolte *et al.* 2002) beruhen auf erneuten Plausibilitätsanalysen, die bei diesen Gruppen Unsicherheiten bei der Artendecklaration aufwarfen. Daher wurden die Datensätze aus der Analyse entfernt.

Tab. 1 Regressionsfunktionen zur Abschätzung der oberirdischen Trockensubstanz der Bodenvegetation TS [$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$] nach Angaben zum Deckungsgrad D [%] und zur mittleren Sprosslänge ML [cm] (nach Wuchsformengruppen gegliedert), die Funktionskonstanten a, b und c beziehen sich auf Gleichung (3).

Tab. 1 Regression functions to assess above-ground dry matter of the forest floor vegetation [TS] ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) using coverage (D) [%] and mean shoot length (ML) [cm] (stratified according to morphological groups); a, b and c are the constants of equation (3)

WG	Probenzahl	a	b	c	korr r^2
Kleinkraut (KK)	90	0,03731	0,75559	1,18965	0,84
Mittelkraut (MK)	455	0,10332	0,95776	0,62133	0,88
Großkraut (GK)	199	0,02123	1,03835	0,86312	0,78
Kleingras (KG)	158	0,06066	0,93892	0,85098	0,89
Mittelgras (MG)	228	0,00345	0,95761	1,55756	0,77
Großgras (GG)	173	0,00808	0,88049	1,33689	0,91
Farn (F)	52	0,06129	1,19767	0,4035	0,9
Großfarn (GF)	48	0,00068	1,09909	1,5202	0,95
Zwergstrauch (ZST)	138	0,21777	0,89352	0,91665	0,84
Kleinstrauch (KST)	50	0,03421	0,99625	0,98869	0,84
Polstermoos (PM)	72	1,58135	1,028455	0,23775	0,81
Rasenmoos (RM)	32	0,05186	0,89962	1,95135	0,82
Weißmoos (WM)	22	4,48639	1,084398	0,256656	0,96
Gesamt	1717				

Ergebnisse und Diskussion

Artenanzahl (Alpha-Diversität)

Die Artenanzahlen der Waldvegetation unterscheiden sich sowohl zwischen den unterschiedlichen Regionen in Rheinland-Pfalz als auch zwischen den unterschiedlich großen BZE-Aufnahmeflächen am selben Ort (Abbildungen 2, 3). Die regionalen Unterschiede spiegeln die Standortsdifferenzierung mit wenigen Arten auf armen Buntsandstein-Standorten in einigen südlichen Gebieten wie dem Pfälzerwald und reichen Standorten auf vulkanischen Sedimenten im Norden des Landes Rheinland-Pfalz wider (Eifel, Nordpfälzer Bergland, Abbildung 2, Tabelle 2). Buchendominierte Wälder besitzen bei vergleichbarer Bodentrophie die vergleichsweise geringste Pflanzenartenvielfalt im Vergleich zu Kiefern-, Traubeneichen- und insbesondere Fichtenbeständen. Diese Ergebnisse bestätigen Ergebnisse von Weckesser (2003), der im Solling ebenfalls geringere Artenzahlen in Buchen- gegenüber Fichtenbeständen auf vergleichbarem Standort fand und dabei Beziehungen zum Lichtangebot unter Schirm aufdeckte. Die Tendenz zu einer artenärmeren Waldbodenflora in naturnahen Laubwäldern im Vergleich zu Koniferenforsten wird auch von anderen Autoren beschrieben (Neumann & Starlinger 2001, Jenssen & Hofmann 2002). Bei der Interpretation der vorliegenden Ergebnisse ist allerdings zu beachten, dass durch eine noch ausstehende Frühjahrsaufnahme Arten der Geophytenflora, die besonders in Laubwaldbeständen auf reicheren Standorten vorkommen, in der Artenliste fehlen.

Die mittlere Artenzahl sowie der Anstieg der Artenzahlen bei Vergrößerung der Aufnahmefläche sind auf den Level II-Flächen deutlich geringer als an den BZE-Rasterpunkten (Abbildung 3). Der Grund hierfür dürfte die bewusste Anlage der Level II-Flächen in größeren homogenen Bestandeskomplexen ohne Störungseinfluss sein, wohingegen die Lage der BZE-Punkte vom Stichprobenraster vorgegeben ist. Daher sind inhomogene Bestandesstrukturen zum Beispiel durch Auflichtungen und standörtliche Inhomogenitäten auf den Vegetationsaufnahmearealen der BZE-Rasterpunkte häufiger vertreten als an den Level-II-Flächen. Die dadurch entstandene größere Vielfalt an Standortbedingungen und Störungseinflüssen wirkt sich positiv auf die Artenvielfalt aus.

Insofern zeigen die Aufnahmen besonders der großen 2500m-Flächen der BZE einen Übergang zwischen Alpha- und Beta-Diversität (Diversität von Standorts- und Bestandesgradienten) an.

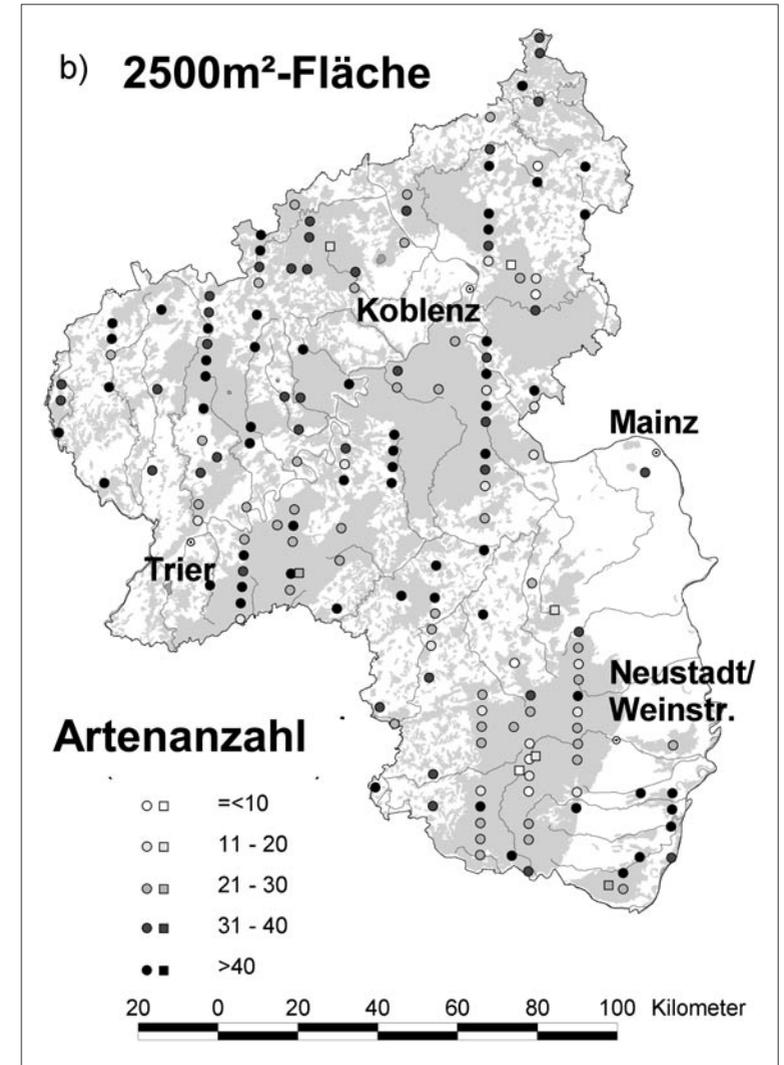
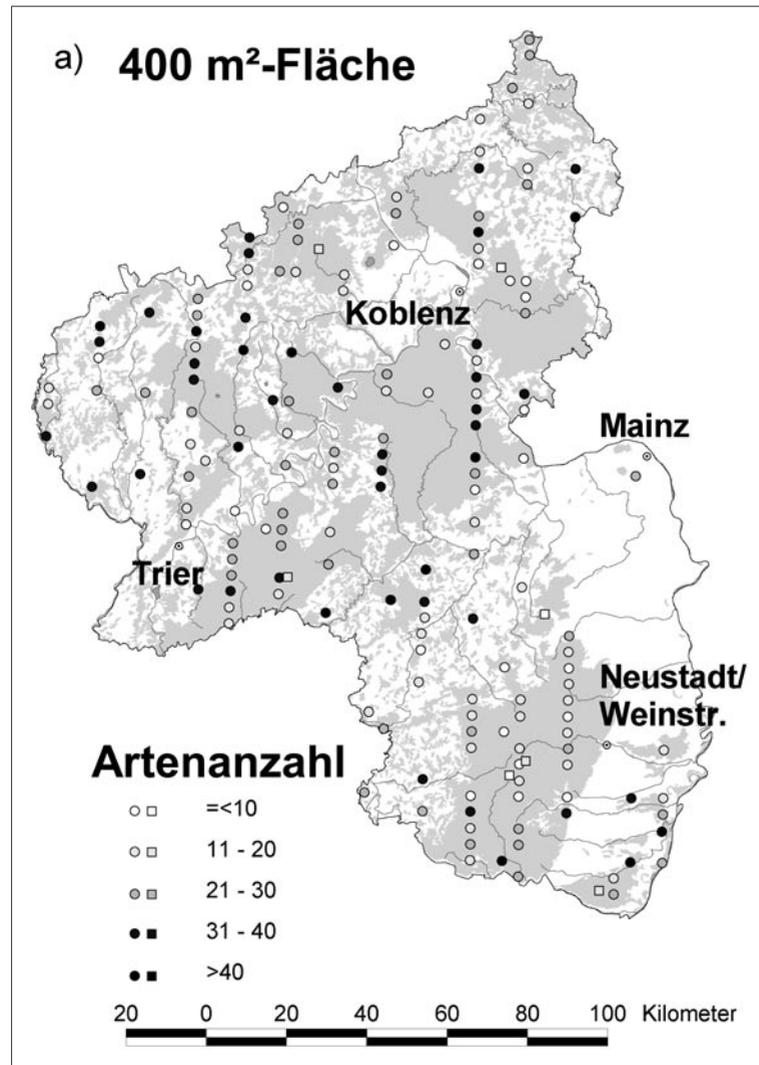


Abb. 2 Artenzahlen auf den BZE- und Level II-Flächen bezogen auf (a) die 400 m²-Aufnahmefläche und (b) auf die 2500 m²-Aufnahmefläche
 Fig. 2 Species number on BZE and Level II plots relating to (a) 400 m² and (b) 2500 m² area

Tab. 2 Artenzahlen (2500 m²-Fläche, ±Standardabweichung) nach den Hauptbaumarten und Angaben zur Standortstrophie stratifiziert
 Tab. 2 Species number (2500 m² area, ± standard deviation) stratified according to main tree species and site nutrition

	FI	BU	TEI	SEI	KI	DGL	ALH ¹	ANH ²	Ges.
Arm	39,8	22,5	37,0	-	24,5	-	-	31,0	29,1
	±11,7	±12,0	-	-	±10,8	-	-	-	±12,2
Arm – mittel	39,8	19,8	23,4	-	29,4	41,0	-	-	28,3
	±13,1	±6,4	±14,9	-	±9,9	-	-	-	±12,6
Mittel	43,4	24,5	31,8	37,0	31,0	45,7	36,5	27,3	36,2
	±12,4	±13,0	±11,4	-	±7,1	±13,5	±12,0	±8,1	±14,0
Mittel – reich	-	31,5	34,0	-	-	-	46,0	-	35,8
	-	±6,4	-	-	-	-	-	-	±7,8
Reich	51,0	25,0	41,3	62,0	-	-	37,5	-	42,1
	-	-	±9,7	-	-	-	±3,5	-	±12,0
Ohne Angabe	47,4	38,0	33,3	-	35,3	56,0	42,8	-	41,9
	±16,8	±14,1	±18,7	-	±14,6	-	±10,6	-	±15,3
Gesamt	43,5	25,0	31,8	49,5	28,3	46,8	40,6	28,3	35,3
	±12,8	±11,7	±12,8	±17,7	±10,5	±11,0	±8,6	±6,8	±14,1

¹ ALH: Andere Laubholzarten (Esche/ES, Hainbuche/HB, Spitzahorn/SAH)

² ANH: Andere Nadelholzarten (Japanische Lärche/JLA, Weißtanne/WTA)

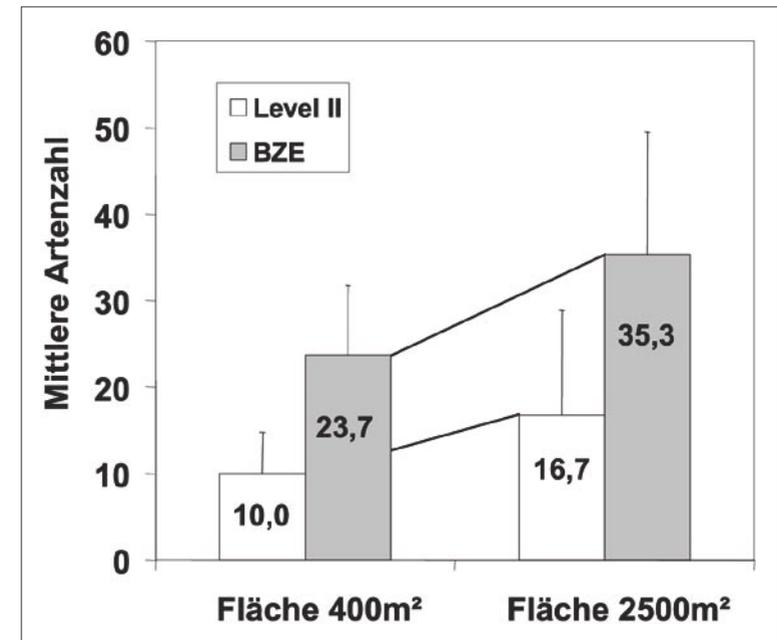


Abb. 3 Mittlere Artenzahlen auf den BZE- und Level II-Flächen, 400 m²-Aufnahmeflächen und 2500 m²-Aufnahmefläche

Fig. 3 Mean species number of the BZE and of the Level II plots, 400 m² area and 2500 m²

Strukturelle und funktionelle Diversität

Die strukturelle Diversität der Waldvegetation, ausgedrückt durch den Shannon-Weaver-Index (H') und die *Evenness* (J'), unterscheidet sich zwischen BZE-Aufnahmeflächen mit unterschiedlicher Baumartendominanz (Abbildung 4). So finden sich in Wäldern mit dominanter Buche und in fichtenbeherrschten Wäldern mit geringerer Artenzahl Vegetationsstrukturen mit wenigen, dominanten Arten ($J' < 25\%$). Hier ist ein signifikanter Anstieg ($p < 0,05$) der *Evenness* mit der Artenzahl festzustellen. In Wälder mit führender Eiche und Kiefer in der Baumschicht sind die Arten dagegen eher gleichverteilt (höhere *Evenness*-Werte), und kein Zusammenhang zwischen Artenzahl und *Evenness* ist ersichtlich.

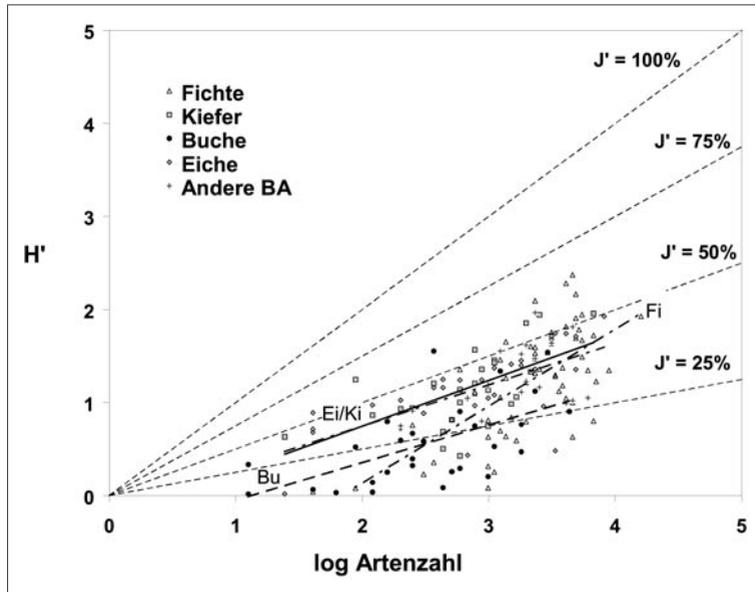


Abb. 4 Shannon-Weaver-Index über die logarithmierte Artenzahl (natürlicher Logarithmus), Isolinien der Evenness (vgl. Liu 1995)
 Fig. 4 Shannon-Weaver index vs. natural logarithm of species number, isolines of evenness (cf. Liu 1995)

Betrachtet man die Funktion der Artenvielfalt für die Phytomassebildung am Beispiel der Bodenvegetation, wird ersichtlich, dass in den artenarmen Wäldern mit weniger als acht Bodenvegetationsarten die Artenzahl und deren oberirdische Phytomasse korreliert sind (Abbildung 5). In artenreicheren Beständen liegt keine entsprechende Beziehung vor. Eine möglicher Erklärung hierfür ist, dass in artenarmen Bodenpflanzengemeinschaften in Buchenwäldern die Besetzung bisher nicht oder wenig genutzter Wuchsräume durch weitere Arten sich positiv auf den oberirdischen Phytomassevorrat der Bodenvegetation auswirkt. In artenreicheren und meist geschlossenen Decken spielt dieser Aspekt keine entscheidende Rolle mehr.

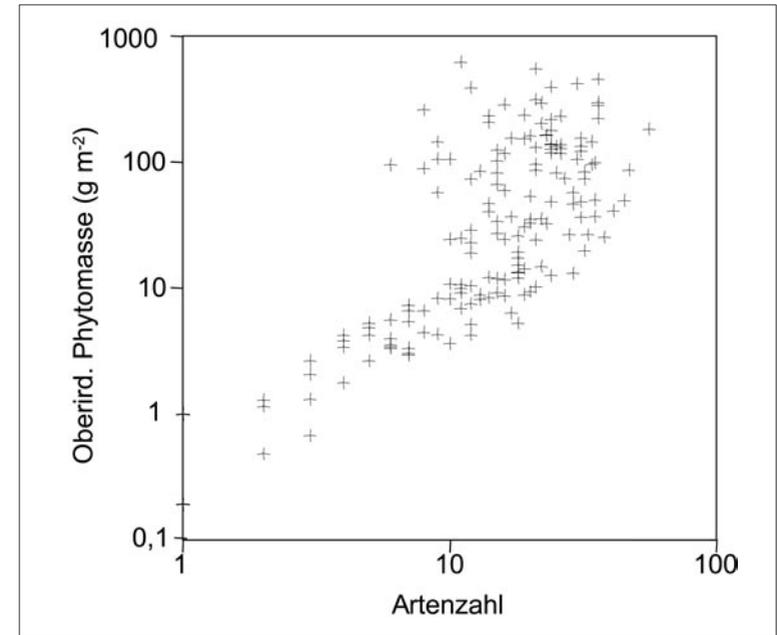


Abb 5 Zusammenhang zwischen Artenzahl und oberirdischer Phytomasse der Bodenvegetation
 Fig. 5 Relationship between species number and above-ground phytomass of the forest floor vegetation

Die Gegenüberstellung von Artenzahl und spezifischer oberirdischer Phytomasse (g Trockensubstanz pro % Deckungsgrad) der Bodenvegetation erlaubt eine Einschätzung der Konkurrenzwirkung auf die Artenvielfalt (Abbildung 6). Dabei spielt die Sprosslänge der Vegetation, d.h. deren Höhenstruktur, die entscheidende Rolle, die neben dem Deckungsgrad die Phytomassebildung bestimmt (vgl. Gleichung 3, 4). Die Variationsbreite der spezifischen oberirdischen Phytomasse der Bodenvegetation nimmt mit Zunahme der Artenzahl ab. Dies zeigt, dass eine hohe Artenzahl mit einem geringeren Einfluss der Sprosslänge bzw. Pflanzenhöhe auf den Phytomassevorrat verbunden ist. Das Auftreten hoher Pflanzen in der Bodenvegetation mit starker Konkurrenzwirkung ist damit auf Bodenpflanzendecken mit nur wenigen Arten beschränkt, die diese ertragen können.

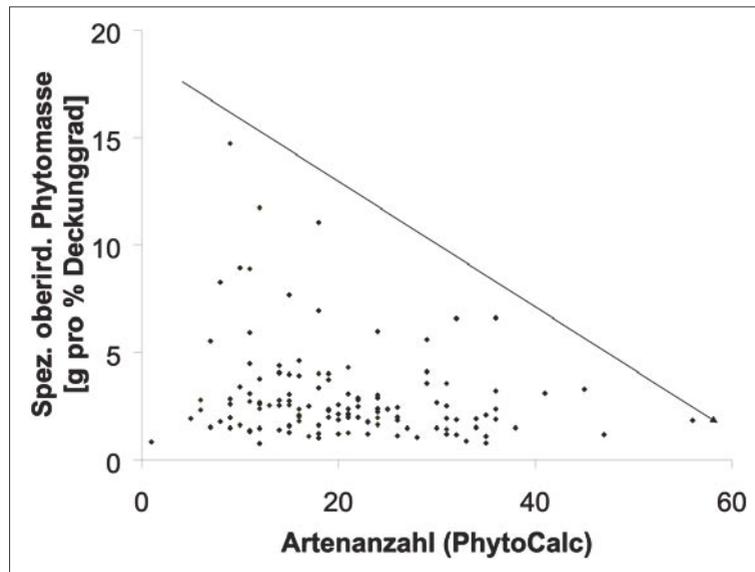


Abb. 6 Gegenüberstellung von Artenzahl und spezifischer oberirdischer Phytomasse der Bodenvegetation

Fig. 6 Species number vs. specific above-ground phytomass of the forest floor vegetation

Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse machen deutlich, dass die forstliche Umweltbeobachtung eine wichtige Rolle für die Erfassung und Bewertung der Pflanzenartenvielfalt in Wäldern auf nationaler, aber auch internationaler Ebene hat. Die im Rahmen der BZE II und bei Weiterführung des Intensivmonitorings Level II unter LIFE+ erfassten Daten zur Waldvegetation bieten hierzu vielfältige Ansätze zur weiteren multifaktoriellen Auswertung. Eine wichtige zukünftige Fragestellung betrifft dabei die Repräsentativität der Flächen des forstlichen Umweltmonitorings für die flächendeckende Pflanzenartenvielfalt in deutschen Wäldern. Neben verstärkter Betrachtung der funktionellen Aspekte der Pflanzenartendiversität sind Diversitätsstudien an Boden-Mikroorganismen im Rahmen der BZE und ein genetisches Monitoring von Waldbaumarten (s. Bund-Länder-Arbeitsgruppe forstliche Genressourcen und Forstsaatgutrecht 2006) von hohem Interesse.

Literatur

- Art, H. W. [Ed.] (1993): *The dictionary of ecology and environmental science*. New York: 632 pp.
- Bolte, A. (1999): Abschätzung von Trockensubstanz-, Kohlenstoff- und Nährelementvorräten der Waldbodenflora - Verfahren, Anwendung und Schätztafeln. Forstwiss. Beiträge Tharandt/Contributions to Forest Science 7, Stuttgart: 129 S.
- Bolte, A. (2006): Biomasse- und Elementvorräte der Bodenvegetation auf Flächen des forstlichen Umweltmonitorings in Rheinland-Pfalz (BZE, EU Level II). Ber. Forschungsz. Waldökosysteme B 72: 29 S.
- Bolte, A.; Anders, S.; Roloff, A. (2002): Schätzmodelle zum oberirdischen Vorrat der Waldbodenflora an Trockensubstanz, Kohlenstoff und Makronährelementen. Allg. Forst- und Jagdztg. 173: 57-66.
- Bund-Länder-Arbeitsgruppe forstliche Genressourcen und Forstsaatgutrecht (2006): Konzept zum genetischen Monitoring für Waldbaumarten in der Bundesrepublik Deutschland. Online unter <http://www.genres.de/fgrdeu/genetisches-monitoring/>.
- Frey, W.; Frahm, J.-P.; Fischer, E.; Lobin, W. (1995): Die Moos- und Farnpflanzen Europas. Kleine Kryptogamenflora Bd. IV. 6. Aufl. Stuttgart: 426 S.
- Gaston, K. J.; Spicer, J. I. (2004): *Biodiversity: an introduction*. 2nd Ed., Oxford: 208 pp.
- Haeupler, H.; Schönfelder, P. (1989): Atlas der Farn- und Blütenpflanzen der Bundesrepublik Deutschland. 2. Aufl., Stuttgart: 468 S.
- Jenssen, M.; Hofmann, G. (2002): Pflanzenartenvielfalt, Naturnähe und ökologischer Waldumbau AFZ/Der Wald 57, 8: 402-405.
- Liu, Q. (1995): *A model for species diversity monitoring at community level and its applications*. Environm. Monit. Assess. 34: 271-287.
- Neumann, M.; Starlinger, F. (2001): *The significance of different indices for stand structure and diversity in forests*. For. Ecol. Manage., 145: 91-106.
- Noss, R.F.; Cooperrider, A.Y. (1994): *Saving nature's legacy*. Washington D.C., 416 pp.

Schulze, I.-M.; Bolte, A. (2001): Methoden vegetationskundlicher Aufnahmen im Level II-Programm in Deutschland. In: Dauerbeobachtung der Waldvegetation im Level II-Programm: Methoden und Auswertung. Arbeitskreis F „Waldvegetation“ der Bund-Länder-Arbeitsgruppe Level II, Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung, Landwirtschaft (Hrsg.), Bonn: 3-47.

Weckesser, M. (2003): Die Bodenvegetation von Buchen-Fichten-Mischbeständen im Solling: Struktur, Diversität und Dynamik. Göttingen: 192 S..

Wellbrock, N.; Aydin, C.-T.; Block, J.; Bussian, B.; Deckert, M.; Diekmann, O.; Evers, J.; Fetzer, K.D.; Gauer, J.; Gehrman, J.; Kölling, C.; König, N.; Liesebach, M.; Martin, J.; Meiwes, K.J.; Milbert, G.; Raben, G.; Riek, W.; Schäffer, W.; Schwerhoff, J.; Ullrich, T.; Utermann, J.; Volz, H.-A.; Weigel, A.; Wolff, B. (2006): Bodenzustandserhebung im Wald (BZE II), Arbeitsanleitung für die Außenaufnahmen. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (Hrsg.), Bonn: 413 S.

Wolff, B. (2002): Daten von gestern für Fragen von heute und Entscheidungen morgen? Beiträge zur Durchführung und Weiterentwicklung des Forstlichen Umweltmonitorings. Beitr. Forstwirtsch. u. Landschaftsökol. 36, 2: 91-102.

Biodiversität – Bedeutung in der Fischereiforschung

Biodiversity – Relevance for fisheries research

Anne F. Sell

Bundesforschungsanstalt für Fischerei (BFAFi), Institut für Seefischerei, Palmaille 9, 22767 Hamburg, anne.sell@ish.BFAFisch.de

Zusammenfassung

Mit den bestehenden internationalen Konventionen zur Nutzung natürlicher Ressourcen ist die Erhaltung von Biodiversität angestrebt. Auf nationaler Ebene findet zurzeit ressortübergreifend die Abstimmung zur Umsetzung in einer deutschen Strategie zur Agrobiodiversität statt.

In der Fischereiforschung gliedert sich die Bedeutung der Biodiversität im Wesentlichen nach drei Aspekten, die hier mit Fallbeispielen vorgestellt werden:

Beim **Schutz gefährdeter Arten oder Habitate** liegt der Fokus häufig auf einer einzelnen Art, die durch Fischereiaktivitäten regional oder global gefährdet werden kann. Besonders relevant ist dieser Aspekt für langlebige Arten mit begrenzter geographischer Ausbreitung, z.B. bestimmte Arten von Tiefseefischen. Grund für den Schutz spezieller Habitate gegeben sein, der sich aus ihren typischen, oft endemischen (global einzigartigen) Lebensgemeinschaften ergibt, etwa auf Seebergen oder um Hydrothermalquellen der Tiefsee.

Der Erhalt der Funktionen des Ökosystems ist ein zentraler Aspekt der Biodiversität, denn eine genetisch diversere Struktur führt in der Regel zur Stabilisierung eines Ökosystems, indem sie die Pufferkapazität gegenüber Einwirkungen von außen erhöht. Diese Funktionalität ist für die Nutzung durch die Fischerei wesentlich, zumal die marinen Ökosysteme zusätzlichen Einflussgrößen durch andere Nutzungsformen und globale Veränderungen ausgesetzt sind. Das Systemverständnis der Prozesse in den befischten Meeresgebieten ist

Voraussetzung für Vorhersagen der Bestandsentwicklungen, insbesondere wo zukünftige Managementmaßnahmen auf einem Mehrartenansatz fußen.

Biodiversität definiert sich nicht allein durch Artenvielfalt, sondern auch durch das quantitative Verhältnis der Arten zueinander. In diesem Sinne bildet auch der **Bestandsschutz** einen Aspekt der Biodiversität, der für die Fischerei besonders offensichtlich wirtschaftliche Relevanz hat und dem Verbraucherschutz dient. Er hat hohe aktuelle Bedeutung für die EU-Gewässer und kann verfolgt werden durch die Umsetzung von Managementplänen nach dem Konzept langfristiger maximaler Nutzungspotentiale (MSY), verbunden mit Wiederauffüllplänen und gegebenenfalls Schließungsgebieten für die Fischerei zum Schutz der laichreifen Tiere oder des Aufwachsens von Jungfischen.

Zur Integration aller drei Aspekte der Biodiversität in die ökologischen Qualitätsziele des zukünftigen Fischereimanagements der EU ist in der Fischereiforschung eine enge Kopplung der biologischen und ozeanographischen Disziplinen mit der Fangtechnik erforderlich, um ungenutzte Rückwürfe von Fängen zu minimieren und umwelt- und bestandsschonende Fangmethoden einzusetzen.

Abstract

Existing international conventions have defined the goal of combining the utilization of natural resources with protection of biodiversity. On the national level, a German strategy to implement the protection of biodiversity is currently being finalized between the Federal Ministries.

In the evaluation of human impacts on ecosystems, biodiversity gains increasing use as a measure of ecosystem quality, which is included into the targets for management measures. Generally, very diverse communities of fauna and flora are considered desirable, while the term "biodiversity" itself often is only loosely defined and while it would require a specification for the individual ecosystems and forms of human utilization if it is to define the targeted status of the ecosystem. In fisheries research, the importance of biodiversity may be seen in three major aspects, which are demonstrated here by examples of cases studies:

In the protection of vulnerable species and habitats, on focus is set on the single species, which is impacted by fishing activities on a regional or global level. Such direct protection is particularly relevant for long-lived species with limited geographic distribution, e.g. certain species of deep sea fish. Reason for the protection of particular habitats, on the other hand, may be given through their typical, often endemic (= globally unique), communities for example habitats on seamounts or around deep sea hydrothermal vents.

Protection of ecosystem function is a central aspect of biodiversity, because a more diverse genetic structure typically results in higher stability of the ecosystem as it increases the buffer capacity that can balance external disturbances. Protecting ecosystem function is important when marine resources are utilized through fishing, especially since the ecosystems are subject to further impacts through other forms of human activity and through climatic change. An understanding of processes within the marine regions targeted by fisheries is prerequisite for predictions of stock development, particularly when future management measures are to be based on a multi-species approach to stock assessment.

Biodiversity is not only defined through the number of species present, but also through the proportions of individuals between the different species. Therefore, the protection of fish stocks can also be considered an issue of biodiversity, and one with very obvious relevance for economy and for consumer protection. This aspect is of high actual relevance in EU waters and may be addressed through the application of management measures that follow the concept of the maximum sustainable yield (MYS), where necessary in connection with stock recovery plans or closed areas for the protection of spawning grounds or nursery areas.

In order to integrate all three aspects of biodiversity within the ecological targets of future fisheries management measures in the EU, fisheries research needs to apply a tight coupling between biological and oceanographic disciplines and research on fishing techniques, to minimize discard of fish and to further develop fishing techniques with the best possible protection of fish stocks and of the marine environment.

In der Beurteilung des menschlichen Einflusses auf die genutzten Ökosysteme wird Biodiversität zunehmend als Qualitätskriterium verwendet, das in die Zielvorgaben des Managements eingehen soll. Allgemein gelten eine möglichst diverse Fauna und Flora in einem Ökosystem als erstrebenswert, wobei der Begriff „Biodiversität“ selbst weit gefasst ist. Für die einzelnen Ökosysteme und ihre Nutzungsformen erfordert er eine genauere Spezifizierung, wenn er den angestrebten Sollzustand definieren soll. Selbst in Fällen, in denen „Biodiversität“ eng ausgelegt und nach einer numerischen Skala über einen Diversitätsindex (z.B. Shannon-Wiener) definiert wird, ist dennoch die Definition des gewünschten Ökosystemzustands und damit die Zielvorstellung oft recht ungenau.

In internationalen Konventionen haben wir uns verpflichtet, Biodiversität als einen Maßstab für Managementmaßnahmen im Meer festzulegen. Zu diesen zählt insbesondere das Biodiversitätsabkommen CBD (*Convention on Biological Diversity*) von 1992, das uns zur Erhaltung der biologischen Vielfalt, zur nachhaltigen Nutzung ihrer Bestandteile und zur gerechten Verteilung der Vorteile aus dieser Nutzung verpflichtet.

Die deutsche Fischereipolitik ist seit den 1980er Jahren in die Gemeinsame Fischereipolitik der EU (GFP) integriert, die das Ziel verfolgt, die Nutzung lebender aquatischer Ressourcen unter nachhaltigen wirtschaftlichen, ökologischen und sozialen Bedingungen zu gewährleisten. Als Handlungsprinzip hat sie den Vorsorgeansatz definiert (Hubold 2002). Zentrale Maßnahmen, die die in den letzten Jahrzehnten herrschende Überfischung wichtiger Fischbestände im EU-Meer - z.B. Nordsee-Kabeljau und Ostsee-Dorsch - aufhalten sollen, sind die Festlegungen von maximalen Fangmengen (Fangquoten) für die einzelnen Bestände. Darüber hinaus strebt sie die Umsetzung eines ökosystemorientierten Ansatzes im Fischereimanagement an. Hier ist das erklärte Ziel, nicht nur die kommerziell genutzten Bestände nachhaltig zu bewirtschaften, sondern auch die Folgen der Fischerei auf die Umwelt abzuschätzen und negative Auswirkungen zu begrenzen. Mit diesen internationalen und nationalen Aktivitäten wird die „Nationale Strategie zur Biologischen Vielfalt“, deren Entwurf derzeit in den Bundesministerien abgestimmt wird, im Zusammenhang stehen.

Aspekte der Agrobiodiversität in der Fischereiforschung

In der Fischereiforschung gliedert sich die Bedeutung der Biodiversität im Wesentlichen nach drei Aspekten, die hier mit Fallbeispielen vorgestellt werden: (1) Schutz gefährdeter Arten oder Habitate zum Erhalt der Vielfalt der Arten (und Genotypen - siehe Vortrag Trautner & Brämick), (2) Erhalt der Funktionen des Ökosystems und (3) Bestandsschutz.

(1) Der **Schutz gefährdeter Arten oder Habitate** hat die drei Komponenten, (a) Definition der Schutzziele, (b) Erfassung des Ist-Zustands und (c) Schutzmaßnahmen und begleitendes Monitoring. Die Definition der Schutzziele und -maßnahmen erfordert eine ressortübergreifende Abstimmung, soweit sie nicht schon auf internationaler Ebene vorgegeben wird. In die anderen beiden Komponenten ist die BFAFi eingebunden, indem sie Fischereiforschungsfahrten mit regelmäßigem Monitoring in den ausgewiesenen FFH-Gebieten und in den umgebenden Seegebieten der gesamten deutschen Ausschließlichen Wirtschaftszonen (AWZ) in der Nord- und Ostsee durchführt.

Beim Schutz gefährdeter Arten oder Habitate liegt der Fokus entweder auf einer einzelnen Art, die durch Fischereiaktivitäten regional oder global gefährdet werden kann. Besonders relevant ist dieser Aspekt für langlebige Arten mit begrenzter geographischer Ausbreitung, z.B. bestimmte Arten von Tiefseefischen. Oder es kann ein Grund für den Schutz spezieller Habitate gegeben sein durch ihre typischen, oft endemischen (global einzigartigen) Lebensgemeinschaften. Schelfmeere wie die Nordsee sind nährstoffreich, und ihre Lebensgemeinschaften werden dominiert von relativ wenigen schnellwüchsigen Arten. In der Tiefsee dagegen beruht ein ökologisches Equilibrium auf Vorgängen in größeren Zeitskalen. Niedrige Nährstoffkonzentrationen und Umsatzraten führen dort zu dem Vorherrschen langlebiger und langsamwüchsiger Arten. Dabei ist der Artenreichtum in manchen Gebieten sehr hoch, besonders um Hydrothermalquellen oder an Seebergen. Diese sind aber auch besonders stark verletzlich durch plötzliche Eingriffe wie die Fischerei. Deshalb ist insgesamt der Stellenwert des Aspektes der Biodiversität „Schutz gefährdeter Arten oder Habitate“ für die Nord- und Ostsee unter allen anzuwendenden Schutzmaßnahmen weniger relevant als etwa in der Tiefsee.

Trotzdem gelten auch hier Schutzbestimmungen für einzelne Arten und Habitate durch die bestehenden EU-Vorschriften im Rahmen von Natura 2000/ FFH.

Für Nord- und Ostsee stehen die folgenden zwei Aspekte der Biodiversität im Vordergrund:

(2) **Erhalt der Funktionen des Ökosystems** ist ein zentraler Aspekt der Biodiversität, denn eine genetisch diversere Struktur führt in der Regel zur Stabilisierung eines Ökosystems, indem sie die Pufferkapazität gegenüber Einwirkungen von außen erhöht. Diese Funktionalität ist für die Nutzung durch die Fischerei wesentlich, zumal die marinen Ökosysteme zusätzlichen Einflussgrößen durch andere Nutzungsformen und globale Veränderungen ausgesetzt sind. Das Systemverständnis der Prozesse in den befischten Meeresgebieten ist eine Voraussetzung für Vorhersagen der Bestandsentwicklungen und daraus abgeleiteten Managementmaßnahmen, insbesondere wo diese auf einem Mehrartenansatz fußen. Prozessanalysen zur wissenschaftlichen Beurteilung des Ökosystems und seiner Kompensationsfähigkeit, gerade bei der gegebenen Überlagerung der Effekte von Fischerei und Klimawandel, sind für die von der Fischerei bewirtschafteten Meeresgebiete essentiell.

Diese Komponente des Erhalts von Biodiversität hat hohe regionale Relevanz für die Nord- und Ostsee. Ein Beispiel: Wir können in der Nordsee über die letzten Jahrzehnte Verschiebungen in der Artenzusammensetzung der Bodenfische erkennen. Arten, die für südliche europäische Gewässer typisch sind, haben kontinuierlich zugenommen (Abb. 1). Folgen des Klimawandels werden an anderer Stelle diskutiert, und wir gehen davon aus, dass diese Artenverschiebungen auf den klimabedingten Erwärmungen und Änderungen in den Strömungsverhältnissen der Nordsee beruhen. Was wir allerdings noch nicht wissen, ist welche Konsequenzen diese Verschiebungen für die Wechselwirkungen der Arten untereinander haben - und für das Ökosystem Nordsee als Ganzes.

Andere Veränderungen der Funktionen des Ökosystems werden stärker als vom Klima durch den Einfluss der Fischerei hervorgerufen. Hier lassen sich Gegenmaßnahmen über das Fischereimanagement planen, beispielsweise eine Reduktion des Beifangs von Nichtzielarten der Fischerei durch spezielle technisch modifizierte Fanggeräte oder durch saisonale bzw. regionale Fangbeschränkungen.

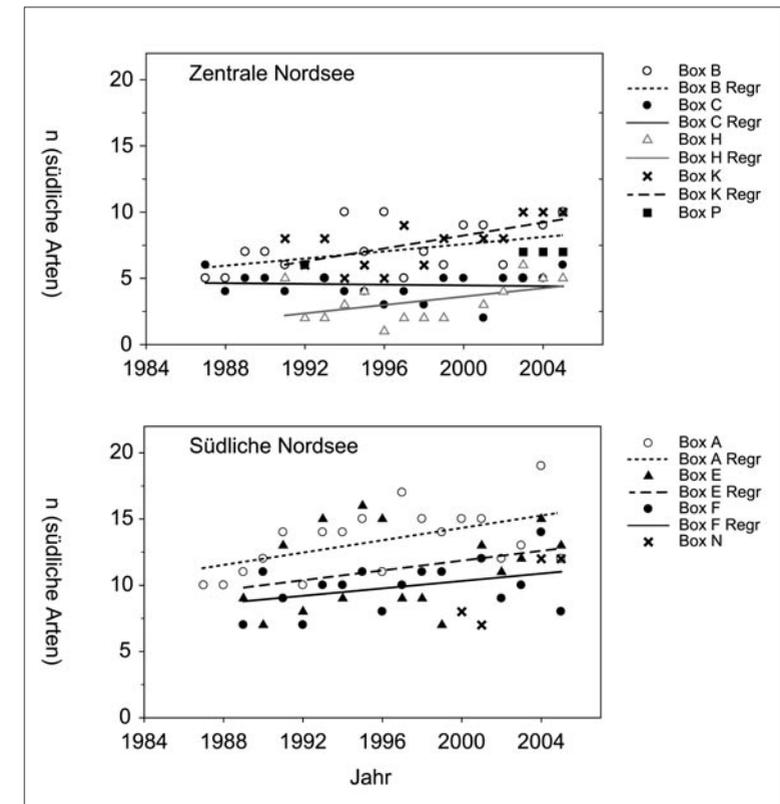


Abb. 1 Anzahl südlicher Fischarten in verschiedenen Daueruntersuchungsgebieten („Boxen“) der BFAFI in der Nordsee. Definition südlicher Arten nach Yang (1982) und Ehrlich & Stransky (2001). Lineare Regressionen dienen nur einem ersten visuellen Eindruck. Die Anzahl südlicher Arten stieg in beiden Regionen der Nordsee signifikant an, wobei der Trend in beiden Gruppen parallel verlief. Die absolute Zahl südlicher Arten war in den Boxen der südlichen Nordsee signifikant höher als in denen der Zentralen Nordsee. (Ausführliche Beschreibung der statistischen Analyse in Ehrlich et al., 2007).

Fig. 1 Numbers of southern species within the bottom fish assemblages of different long-term investigation areas („Boxes“) in the North Sea. The fish fauna in the Boxes is monitored regularly by the Federal Research Center for Fisheries (BFAFI). Definition of „southern species“ according to Yang (1982) and Ehrlich & Stransky (2001). Linear regression lines are drawn for a visual inspection, only. The number of southern species increased significantly over time in both regions, with a parallel trend. The absolute number of southern species was overall significantly higher in the southern North Sea than in the central North Sea. (Further details of the statistical analyses in Ehrlich et al., 2007).

Für die differenzierende Beantwortung der Fragen nach langfristigen Folgen von Fischerei und Klimawandel bedarf es regelmäßiger Monitoringprogramme, die international zwischen den Anrainerstaaten bzw. Nutzern (EU-Meer und internationale Gewässer) bzw. ressortübergreifend (deutsche Gewässer) koordiniert sind. Prozessanalysen zur Erforschung ökologischer Zusammenhänge bei der Nutzung der Bestände brauchen eine langfristig angelegte Forschung für die Berücksichtigung im Management. Diese kann von den Ressortforschungseinrichtungen kontinuierlicher durchgeführt werden als durch kurzfristige Haus- und Drittmittelprojekte der Universitäten und anderer Forschungsinstitutionen. Um jedoch kurzfristig aktuelle Forschungsfelder aufgreifen zu können, ist die Ressortforschung auf eine enge Kooperation mit den Institutionen der Grundlagenforschung angewiesen. Solche aktuellen Themen sehen wir beispielsweise in der:

- Untersuchung verschobener ökologischer Interaktionen zwischen Fischen in durch Fischerei veränderten Artengemeinschaften.
- Analyse des gleichzeitigen Einflusses von Fischerei und Klimawandel auf Wachstumsraten und Geschlechtsreife bei Fischen - und der Folgen für die Entwicklung konkurrierender Arten und Bestände.

(3) **Bestandsschutz.** Biodiversität definiert sich nicht allein durch Artenvielfalt, sondern auch durch das quantitative Verhältnis der Arten zueinander. In diesem Sinne bildet auch der Bestandsschutz einen Aspekt der Biodiversität, der für die Fischerei besonders offensichtlich wirtschaftliche Relevanz hat und dem Verbraucherschutz dient. Die nachhaltige Nutzung der Fischbestände ist von zentraler Bedeutung für die EU-Gewässer - z.B. für Nordsee-Kabeljau und -Scholle - und wird verfolgt durch die Umsetzung von Managementplänen nach dem Konzept langfristiger maximaler Nutzungspotentiale (MSY), verbunden mit Wiederauffüllplänen und gegebenenfalls Schließungsgebieten für die Fischerei zum Schutz der laichreifen Tiere oder des Aufwachsens von Jungfischen.

Die BFAFi ist an internationalen Forschungsfahrten beteiligt, auf denen die Zustandsanalysen und die Vorhersagen für die Entwicklung der Fischbestände beruhen. Dieselbe Fischart kann in verschiedenen Meeresgebieten unterschiedlich stark durch die Fischerei beeinflusst sein, und diese Bestände verlangen deshalb ein regional angepasstes

Management. In die jährlichen Festlegungen der Fangquoten durch die Fischereiminister der EU-Mitgliedsstaaten gehen sowohl wissenschaftliche Empfehlungen als auch politische Interessen ein. Zu den wissenschaftlichen Empfehlungen beizutragen ist Aufgabe der BFAFi, die sich an den Expertengremien des Internationalen Rats für Meeresforschung (ICES) beteiligt, die Vorhersagen der Bestandsentwicklungen berechnen und daraus Managementempfehlungen nach dem Vorsorgeansatz ableiten (Abb. 2).



Abb. 2 Übersicht der Schritte zur Festlegung von Fangquoten und anderen Managementvorgaben für die Fischerei.

Fig. 2 Steps in the process of defining catch quotas or other management targets for fisheries.

Indikatoren und Monitoring – Stand der Entwicklung und Forschungsbedarf

Die Nutzung von Indikatoren ist eine anerkannte Methode in der Planung und Umsetzung von Vorgaben zum Schutz von Ökosystemen und ihrer biologischen Vielfalt. Auch in der Fischerei werden Indikatoren diskutiert, insbesondere in Hinblick auf die steigenden Anforderungen im Rahmen der gemeinsamen Fischereipolitik der EU, die sich mit der Implementierung eines Ökosystemansatzes im Management ergeben. Sowohl der ICES als auch Wissenschaftler-Expertengruppen bei der Europäischen Kommission (das *Scientific, Technical and Economic Committee for Fisheries - STECF*) prüfen momentan die Eignung verschiedener vorgeschlagener Indikatoren und erarbeiten die

Definition der Zielvorgaben für die einzelnen Indikatoren und jedes europäische Meeresgebiet. Dabei werden Ökosystem-Zustandsindikatoren (*indicators of state*) und Indikatoren für den herrschenden Fischereidruck (*indicators of pressure*) unterschieden. Letztere sollen die räumliche und zeitliche Verteilung der Fischereiaktivitäten und Details zum Einsatz der Fanggeräte, den Fischereiaufwand, beschreiben.

Die betrachteten Indikatoren haben zum gegenwärtigen Zeitpunkt unterschiedliche Anwendungsreife. Indikatoren der Biodiversität *per se* (z.B. Diversitätsindices nach Hill) sind nicht für alle Systeme sehr aussagekräftig. In der Nordsee konnte man bislang wenige Effekte unterschiedlichen Fischereidrucks auf solche Parameter erkennen (Abb. 3a), aber wie oben diskutiert, wäre in bestimmten Tiefseegebieten die Eignung eines solchen Indikators vielversprechender und zu prüfen. In der Nordsee zeigen andere Indikatoren die Veränderungen im Fischereidruck verlässlicher an. Insbesondere der Anteil der großen Fische wird hier herangezogen, denn generell sind Fische über 30 cm Körperlänge in stark befischten Gebieten der Nordsee seltener als in wenig befischten (Abb. 3b).

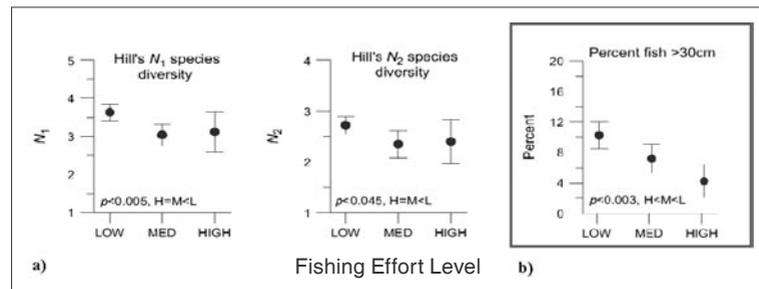


Abb. 3 Auszug aus Fig. 3 in Greenstreet & Rogers (2006). Jeweils mittlerer Wert ($\pm 95\%$ Vertrauensbereich) für drei Kategorien des Fischereiaufwands nach Daten 1983-1996 des Schottischen Grundfischsurveys (SAGFS). P-Werte aus ANOVA, Rankingergebnisse aus Tukey *post hoc* Test.

Fig. 3 Section out of Fig. 3 in Greenstreet & Rogers (2006). Values represent mean ($\pm 95\%$ confidence interval) for three levels of fishing effort as estimated from 1983-1996 data from the Scottish Groundfish Surveys (SAGFS); a) indices of species diversity, b) size composition – “Large fish indicator”. P values from ANOVA, ranking based on Tukey’s *post hoc* test.

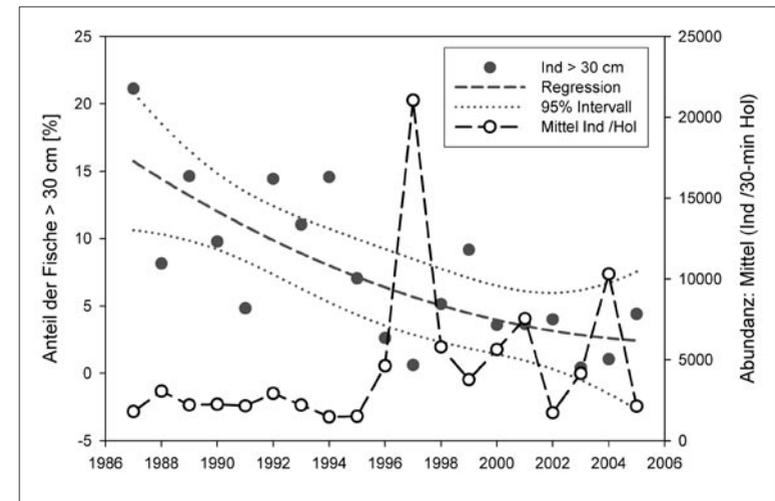


Abb. 4: Verschiebung im Größenspektrum innerhalb der Artenzusammensetzung der Bodenfische. Daueruntersuchungsgebiet „Box A“ der BFAFi in der Deutschen Bucht. Prozentualer Anteil der Fische > 30 cm [„Large Fish“ Indikator]. Alle Altersgruppen und alle Arten außer den pelagischen Sprotte und Hering eingeschlossen (Sell *et al.*, unveröffentlichte Daten).

Fig. 4: Shift in the size spectrum within the bottom fish assemblage in the long-term investigation area, “Box A” of the BFAFi. Percentage of fishes > 30 cm [“Large Fish” indicator]. All age groups and all species included, except for the pelagic species sprat and herring (Sell *et al.*, unpublished data).

In einem der BFAFi Daueruntersuchungsgebiete in der Deutschen Bucht können wir einen deutlichen Rückgang des Anteils großer Fische über die letzten 20 Jahre beobachten (Abb. 4). Nach den zitierten Ergebnissen von Greenstreet & Rogers (2006) könnte dies mit einem verstärkten Fischereidruck in Verbindung gebracht werden, wie es bei Nutzung des Indikators geschehen soll. Um jedoch aus unseren eigenen Daten die Effekte der Fischerei separat quantifizieren zu können, müsste die oben gezeigte Analyse mit Daten zum Fischerei-Aufwand im Untersuchungsgebiet selbst gekoppelt werden.

In den deutschen Ausschließlichen Wirtschaftszonen der Nord- und Ostsee, d.h. jenseits der 12-Seemeilen-Zone des Küstenmeeres, fischen sowohl deutsche Schiffe als auch die anderer EU-Mitgliedsstaaten. Verlässliche und verfügbare Daten zum Fischereiaufwand - in kleinräumiger Auflösung - würden es uns erlauben, die Effekte von Fischerei und anderen Faktoren - wie Klimaänderungen - zu trennen.

Für die von der EU angestrebte Implementierung des Ökosystemansatzes ist die Unterscheidung des Fischereiaufwands nach Details erforderlich (entsprechend der sogenannten „Metiers“, einer Kombination von Angaben wie der Größe der Schiffe, Typ des Fanggeräts, Maschenweiten), um die Effekte einzelner Management-Maßnahmen beurteilen zu können.

Fazit

Biodiversität in der Fischereiforschung hat drei wesentliche Komponenten, die Aktivitäten auf folgenden Gebieten verlangen:

- (1) Schutz der Vielfalt der Arten (und Genotypen) sowie der Habitate: Definition von Schutzziele, Schutzmaßnahmen, Monitoring
- (2) Erhalt der Funktionen der Ökosysteme: Prozess-Studien, Analysen überlagerter Effekte (Klimawandel)
- (3) Bestandsschutz kommerziell genutzter Fischarten: Forschungs-Surveys, Zustandsanalysen für die bewirtschafteten Bestände und Vorhersagen ihrer Entwicklung, Fangempfehlungen. Zur Umsetzung des Nachhaltigkeitsprinzips detaillierte Daten zur Aufwandsverteilung der kommerziellen Fischerei für die wissenschaftliche Auswertung.

Zur Integration aller drei Aspekte der Biodiversität in die ökologischen Qualitätsziele des zukünftigen Fischereimanagements der EU ist in der Fischereiforschung eine enge Kopplung der biologischen und ozeanographischen Disziplinen mit der Weiterentwicklung der Fangtechnik erforderlich, um ungenutzte Rückwürfen von Fängen zu minimieren und um umwelt- und bestandsschonende Fangmethoden einzusetzen.

Literatur

Ehrich, S.; Adlerstein, S.; Brockmann, U.; Floeter, J.; Garthe, S.; Hinz, H.; Kröncke, I.; Neumann, H.; Reiss, H.; Sell, A.F.; Stein, M.; Stelzenmüller, V.; Stransky, C.; Temming, A.; Wegner, G. & Zauke, G.-P. (2007) *20 years of the German Small-scale Bottom Trawl Survey (GSBTS): A review Senckenbergiana maritima*, 37, 1: 13-82.

Ehrich, S. & Stransky, C. (2001) *Spatial and temporal changes in the southern species component of North Sea bottom fish assemblages*. - In: I. Kröncke, M. Türkay, & J. Sündermann (Eds.). *Burning issues of North Sea ecology. Proceedings of the 14th international Senckenberg Conference North Sea 2000*, pp. 143-150, *Senckenbergiana maritima*

Greenstreet, S.P.R. & Rogers, S.I. (2006) *Indicators of the health of the North Sea fish community: identifying reference levels for an ecosystem approach to management*. *ICES Journal of Marine Science* 63, 573-593

Hubold, G. (2002) *Der Vorsorgeansatz in der Fischerei*. Schriftenreihe des BMVEL „Angewandte Wissenschaft“, Heft 494 „Biologische Vielfalt mit der Land- und Forstwirtschaft?“, 170-177

Yang, J. (1982) *The dominant fish fauna in the North Sea and its determination*. - *Journal of Fish Biology* 20, 635-643

Rote Listen für gefährdete Kulturpflanzen – Ableitung von Aussagen zur Gefährdung der Agrobiodiversität

Red Lists for cultivated plants – specification of the endangerment of agrobiodiversity

Annette Meyer und Rudolf Vögel

Landesumweltamt Brandenburg,
Tramper Chaussee 2, 16225 Eberswalde,
annette.meyer@lua.brandenburg.de,
rudi.voegel@lua.brandenburg.de

Zusammenfassung

In Anlehnung an das aktuelle Rote-Liste-Kriteriensystem im Wildartenbereich wurde ein Bewertungsschema für Kulturpflanzen entwickelt, das von der aktuellen Bestands- bzw. Anbausituation ausgehend, lang- und kurzfristige Trends für eine Gefährdungsanalyse ableitet.

Die Gefährdungsanalyse soll möglichst differenziert auf Ebene der Arten, Unterarten, Formen und Varietäten erfolgen, um mit der Roten Liste eine große Breite an Werteigenschaften, Phänotypen (und damit auch an genetischer Vielfalt) zu repräsentieren. „Alte Sorten“ sollten hingegen nur in begründeten Einzelfällen aufgenommen werden, wenn sie kulturhistorisch gut belegt sind und eine entsprechende Anbautradition aufweisen.

Für die Einstufung in die Rote Liste gefährdeter Kulturpflanzen wurden sechs Gefährdungskategorien definiert. Um dem Nutzungsaspekt genügend Rechnung zu tragen, soll dabei nicht nur die aktuelle Situation einer Art (bzw. Unterart oder Varietät) dargestellt, sondern gleichzeitig auch der notwendige Handlungsbedarf zur Förderung PGR aufgezeigt werden.

Wesentliches Ziel einer Roten Liste gefährdeter Kulturpflanzen sollte der Aspekt der Öffentlichkeitsarbeit sein, da das Thema bisher wenig bekannt ist, und selbst in Fachkreisen der Landwirtschaft und des Naturschutzes zum Teil noch mangelndes Problembewusstsein herrscht.

Abstract

Red lists are well-known and successfully tested tools in environmental policy and nature protection. In accordance with the red list evaluation system of wild species an appropriate scheme for cultivated plants was developed. On its basis, endangerment trends can be described.

Endangerment analysis should focus on crop species, subspecies and types as well as varieties to represent a wide range of phenologic variety and hence also assumed genetic variety. Historic (so called “elder”) cultivars should be considered only to the extent that they are well described and have an outstanding local or regional tradition.

In order to rank crops according to the status of their endangerment, six red list categories were defined. To characterise the utilisation status of crops, not only the recent situation of evaluated species should be regarded. In addition, management requirements for an improved utilisation of the PGR should be pointed out.

Against the backdrop of the serious lack of consciousness among experts both in agriculture and nature protection, a crucial objective of a red list for crops should be to improve public awareness.

Einleitung

Rote Listen dokumentieren den Zustand der Natur und sind Indikatoren für den teils dramatischen Schwund biologischer Vielfalt der letzten Jahrzehnte. Sie geben Auskunft über das Maß der Gefährdung wildlebender Tiere und Pflanzen sowie ihrer Lebensräume. Auf Grund der reduzierten Darstellung komplexer wissenschaftlicher Zusammenhänge in Form einfacher Klassifizierungsschemata ist es ihnen gelungen, nicht nur wirksames Arbeitsinstrument der Wissenschaft, des Naturschutzes und der Landschaftsplanung zu sein, sondern auch Beachtung in der breiten Öffentlichkeit zu finden (Köppel 2004).

Auf der Grundlage des Internationalen Übereinkommens über die biologische Vielfalt (1993) sowie des Internationalen Vertrages über pflanzengenetische Ressourcen (2001) wurde im März 2002 von der Agrarministerkonferenz das „Nationale Fachprogramm zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung pflanzengenetischer Ressourcen landwirtschaftlicher und gartenbaulicher Kulturpflanzen“ (BMVEL 2002) verabschiedet. Wesentliches Ziel dieses Programms ist es, die Vielfalt wild wachsender und kultivierter pflanzengenetischer Ressourcen (PGR) sowohl *in-situ* als auch *on-farm* langfristig zu erhalten. In diesem Zusammenhang wird die Erstellung einer Wild- und Kulturarten umfassenden „Roten Liste PGR“ explizit als Handlungsbedarf benannt.

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMVEL) wurde im Landesumweltamt Brandenburg eine Studie erarbeitet, in der ein konzeptioneller Ansatz für die Erstellung Roter Listen für gefährdete Kulturpflanzen aufgezeigt und anhand ausgewählter Fallbeispiele der Region Brandenburg erprobt wird. Die Ergebnisse dieser Studie werden im Folgenden näher vorgestellt.

Vorüberlegungen für die Entwicklung einer Roten Liste für gefährdete Kulturpflanzen

Von den ca. 3.240 Arten wild wachsender Blütenpflanzen in Deutschland werden fast 1.000 Arten als PGR betrachtet. In Deutschland werden ackerbaulich rund 25 Marktfrucht- und 35 Futterpflanzenarten genutzt. Im Gartenbau stehen ca. 70 Gemüse-, 30 Obst- und 70 Heil- und Gewürzpflanzenarten im Anbau. Im Handel sind überwiegend moderne Zuchtsorten vertreten. Traditionelle Landsorten sind bis auf wenige Ausnahmen aus dem Anbau verschwunden, sie werden jedoch teilweise *ex-situ* erhalten (BMVEL 2002). Insgesamt hat sich die Anzahl wirtschaftlich genutzter Arten auf einige wenige konzentriert. Diese so genannten „*cash crops*“ beanspruchen heute die überwiegende züchterische Aufmerksamkeit und decken - bei häufig weltweiter Verbreitung - den größten Teil der Welternährung und des Handels mit Agrarprodukten ab. Dieser Konzentrationsprozess führt auf der anderen Seite zu einer Nicht- bzw. Unternutzung vieler ehemals verbreiteter oder potentieller Nutzpflanzen.

Können Kulturpflanzen „gefährdet“ sein?

Kulturpflanzenvielfalt als Teil der Agrobiodiversität umfasst:

- die Vielfalt innerhalb der Arten (auf Ebene der Gene, Sorten, Varietäten, Formen, Unterarten, etc.),
- die Vielfalt zwischen den Arten und
- beeinflusst durch Fruchtfolgen und Anbausysteme die Ökosystemvielfalt.

Darüber hinaus benötigt sie traditionelles Wissen zur Kulturführung und Verarbeitung.

Bei der heutigen Diskussion um Kulturpflanzenvielfalt ist weniger das Verschwinden einzelner Arten oder Sorten als wirkliche „Gefährdung“ zu betrachten, sondern vielmehr die Summe der bestehenden rechtlichen, wirtschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen, die allgemein zu einer immer stärkeren Einschränkung (agrar-)biologischer Vielfalt führen. Dabei nehmen von ökonomischer Seite her die Qualitäts- und Quantitätsanforderungen nachgelagerter Bereiche (vor allem der Lebensmittelindustrie und des Handels), von rechtlicher Seite die gesetzlichen Regelungen zum Sortenschutz und zum Saatgutverkehr einen wesentlichen Einfluss.

Insofern ist es durchaus gerechtfertigt, in Bezug auf Kulturpflanzen von einer „Gefährdung“ zu sprechen und dies in Form Roter Listen zu dokumentieren. Dabei sollte in erster Linie immer die jeweilige Situation *in-situ* bzw. *on-farm* bewertet werden. Der *Ex-situ*-Erhalt von Arten und Sorten leistet zwar einen notwendigen Beitrag zur Sicherung PGR, ist jedoch nicht in der Lage, das dazugehörige ökologische und soziokulturelle Umfeld zu sichern.

Wie differenziert muss die Gefährdungsanalyse erfolgen und welches Ziel soll mit einer Roten Liste für gefährdete Kulturpflanzen erreicht werden?

Bei reiner Betrachtung der Artebene könnten heute viele Kulturpflanzen als „nicht gefährdet“ eingestuft werden, so z.B. der Weichweizen (*Triticum aestivum*). Die Art umfasst botanisch gesehen rund 290 Varietäten, von denen sich Ende des 19. Jahrhunderts ca. 23 Varietäten in Deutschland im Anbau befanden.

Jedoch kann davon ausgegangen werden, dass heute über 90% der Weichweizensorten phänotypisch mehr oder weniger identisch und damit derselben Varietät zuzuordnen sind (Barth *et al.* 2004).

An diesem Beispiel wird deutlich, wie wichtig es ist, im Kulturpflanzenbereich auch die innerartliche Vielfalt zu betrachten. Während eine Gefährdungsabschätzung auf Ebene der Varietäten noch sinnvoll und notwendig erscheint, wird diese auf der Sortenebene zunehmend schwieriger. Dies hängt unter anderem mit den Rahmenbedingungen zusammen, die das Saatgutverkehr- und Sortenrecht heute vorgibt. Klassische Landsorten, die in Mitteleuropa bis ins 20. Jahrhundert noch relativ weit verbreitet waren, entsprechen dem „modernen“ Sortenbegriff, welcher Kriterien wie Unterscheidbarkeit, Homogenität und Beständigkeit erfordert, in der Regel nicht. Dies dürfte erhebliche Schwierigkeiten bei der Zuordnung solcher Sorten in eine Rote Liste mit sich bringen.

Eine Gefährdungsanalyse auf Ebene der Arten, Unterarten, Formen und Varietäten könnte hingegen dazu beitragen, eine möglichst große Nutzungsbreite an Werteeigenschaften, Phänotypen (und damit auch an genetischer Vielfalt) zu erreichen. Im Bereich der *Ex-situ*-Erhaltung von Genbanken werden auf ähnliche Weise so genannte „core collections“ erstellt. Absicht ist es dabei, die erkannte genetische Vielfalt durch Auswahl entsprechender Herkünfte zu repräsentieren und vorhandene Sammlungen auf ein vermeintlich handelbares Arbeitsmaß einzuschränken. Im Gegensatz dazu könnten „Alte Sorten“ durchaus in begründeten Einzelfällen in die Rote Liste aufgenommen werden. Allerdings nur, wenn sie kulturhistorisch gut belegt sind und eine entsprechende Anbautradition aufweisen können, oder auch, wenn es sich dabei um Dauerkulturen (z.B. Obst) oder um vegetativ vermehrte Arten wie bspw. Kartoffeln handelt. Weiterhin könnten ergänzend „historische“ Sortenempfehlungen - beispielsweise unter der Begrifflichkeit von „Erhaltungs-“, oder „Amateursorten“ - in die Rote Liste aufgenommen werden, wenn diese bestimmte Werteeigenschaften oder Phänotypen repräsentieren, die durch aktuell im Anbau befindliche Sorten nicht abgedeckt werden, jedoch ein greifbares Nutzungs- bzw. Entwicklungspotenzial aufweisen.

Datenquellen

Im Rahmen der Studie wurde die Verfügbarkeit verschiedener Datenquellen (Agrarstatistik, Fachliteratur, Sortenverzeichnisse, landwirtschaftliche Fachzeitschriften, Kataloge des Saatgut Handels, Datenbanken im Internet, Kochbücher etc.) recherchiert und diese auf ihre Gebrauchsfähigkeit zur Ableitung von Trendentwicklungen getestet.

Für ausgewählte Kulturen, denen historisch gesehen eine entsprechend große Anbaubedeutung zukam, lassen sich agrarstatistische Daten bis ins 18. Jahrhundert zurückverfolgen. Dies gilt vor allem für die Hauptgetreidearten, den Kartoffelanbau sowie für Sonderkulturen wie Flachs, Hanf oder Lein. Ebenfalls gut erfasst wurden Wein-, Tabak- und Hopfenanbau (siehe z.B. „Die Feldfrüchte des Deutschen Reiches in ihrer geographischen Verbreitung“, Engelbrecht 1928).

Eine für die Vielfaltsproblematik weit wichtigere Informationsquelle stellen historische Sortenbeschreibungen dar. Auch wenn in der Regel keine sortenbezogene Bewertung erfolgen soll, sind zur Analyse der Entwicklung des historisch genutzten Formen- und Varietätenpektrums Sortenangaben unerlässlich.

Weitere wichtige Datenquellen sind in der botanischen Fachliteratur zu finden. Aus verschiedenen Veröffentlichungen des 19. Jahrhunderts können erste detaillierte Aussagen zur Varietäten- und Sortenvielfalt ausgewählter Kulturarten gewonnen werden. So beschreibt z.B. Körnicke (1885) in seinem „Handbuch des Getreidebaues“ Arten und Varietäten und führt in einem zweiten Band die dazu gehörigen Sortenbeschreibungen auf. Da Körnicke größtenteils auch Hinweise zur Sortenherkunft und -verbreitung angibt, lassen sich hieraus durchaus regionalspezifische Aussagen ableiten.

Abschließend lässt sich feststellen, dass die Datenrecherche zum historisch genutzten Kulturpflanzenpektrum zwar sehr zeitaufwendig, teilweise jedoch einfacher ist, als aktuelle Vergleichsdaten zu gewinnen. Die Ursachen hierfür liegen vor allem darin, dass die Dokumentation PGR im *Ex-situ*-Erhalt bisher weit umfangreicher als im *On-farm*-Bereich geführt wird. Daher ist der Aufbau einer umfangreichen *On-farm*-Dokumentation PGR künftig von besonderer Bedeutung. Diese könnte beispielsweise in Form von Fragebogen-Erhebungen oder einer stichprobenartigen Auswertung landwirtschaftlicher Betriebsdaten erfolgen.

Methodischer Ansatz

Im Ergebnis der getroffenen Vorüberlegungen wurde ein **Bewertungsschema** entworfen, welches die Einstufung von Arten, Unterarten bzw. Varietäten in eine „Rote Liste gefährdeter Kulturpflanzen“ mit der Ableitung eines Handlungsbedarfes zum Erhalt PGR kombiniert. Das Bewertungsschema gliedert sich wie folgt:

Im **Teil A** werden zunächst allgemeine Angaben zu der zu betrachtenden Art (falls zutreffend auch Unterart oder Varietät) aufgeführt. Dazu zählen deutsche und wissenschaftliche Namen, Volksnamen und Synonyme, weiterhin Angaben zum Herkunftsland bzw. zur Herkunftsregion. Es werden weitere ergänzende Angaben erfasst, bspw. ob es sich um Wild- oder Kulturpflanzen, Neophyten, Archäophyten oder einheimische Arten, Ruderal- bzw. Segetalarten oder auch invasive Arten handelt.

Im **Teil B** sollen verschiedene Fragen und Themenkomplexe unter Angabe der jeweilig verwendeten Informationsquellen abgearbeitet werden, um einen möglichst breiten Überblick über die Kulturhistorie der Art (...) zu geben. Damit können eventuell bereits „vergessene“ oder in Aufgabe begriffene Nutzungen für die spätere Potenzialanalyse umfassend dokumentiert werden. Folgende Fragen spielen in diesem Zusammenhang eine Rolle:

- Wann wurde die Art (bzw. Unterart oder Varietät) in der betreffenden Region eingeführt?
- In welchen Regionen, auf welchen Standorten wurde sie angebaut und welche Bedeutung hatte sie?
- Welche historischen Nutzungen sind bekannt?
- Spektrum der Formen- und Varietätenvielfalt?

Im **Teil C** erfolgt die eigentliche Gefährdungsanalyse auf Grund folgender Parameter:

- Aktuelle Anbauverbreitung / -bedeutung,
- Langfristiger Trend der Anbauverbreitung / -bedeutung (d.h. mit Daten aus den letzten 50 - 150 Jahren),
- Kurzfristiger Trend der Anbauverbreitung / -bedeutung (d.h. mit Daten aus den letzten 10 - 25 Jahren) sowie
- Verfügbarkeit des Saatgutes.

Im Ergebnis wird die betrachtete Art (bzw. Unterart oder Varietät) in eine der Gefährdungskategorien der Roten Liste eingestuft (siehe Kapitel 5).

Mit dem **Teil D**, der „Potenzialanalyse“, soll als weiteres Ergebnis des Bewertungsschemas ein **Handlungsbedarf zur Förderung PGR** herausgearbeitet werden. Dabei sind folgende Aspekte relevant:

- Ursachen, die zu einer Unternutzung bzw. Nichtnutzung der Art (...) führten (rückblickende Bewertung),
- Gefährdungsfaktoren, die für eine künftige Nutzung hinderlich sein könnten (bspw. soziokulturelle sowie technische Hemmnisse),
- Anbaubedeutung außerhalb der Bezugsregion (im Hinblick auf eine ggf. besondere Verantwortung für die Art, ...) und
- künftige Entwicklungspotenziale (unter Beachtung moderner Entwicklungen wie bspw. Bedeutung als nachwachsender Rohstoff, Energiepflanzen etc.).

Gefährdungskategorien

Die in der Tabelle 1 dargestellten Gefährdungskategorien für den Kulturpflanzenbereich wurden in enger Anlehnung an das bestehende Rote-Liste-Konzept im Wildpflanzenbereich erarbeitet (BfN 2004). Abweichend davon wird die Kategorie „0“ zweimal vergeben.

Mit „0“ werden Arten (...) eingestuft, deren **Nutzung aufgegeben** wurde, die weder *in-situ/on-farm* noch *ex-situ* verfügbar sind und somit tatsächlich als „**ausgestorben oder verschollen**“ gelten müssen.

Mit „(0)“ werden solche Arten (...) eingestuft, die *in-situ* bzw. *on-farm* seit mehr als 10 Jahren nicht mehr kultiviert werden, deren Material jedoch noch in Genbanken oder Botanischen Gärten gesichert wird. Für diese Arten besteht zwar eine potenzielle Chance auf eine Rekulтивierung, sie haben jedoch auf Grund der **Nutzungsaufgabe** gleichsam der ausgestorbenen oder verschollenen Arten ihre ökologische Funktion sowie ihr soziokulturelles Umfeld verloren.

Die **Kategorien 1 bis 3** werden je nach Gefährdungsgrad vergeben, sofern die Datenlage eine sichere Einstufung zulässt. Bestehen Unsicherheiten über den Grad der Gefährdung, ist eine rückläufige Nutzungstendenz jedoch nachweislich vorhanden, erfolgt eine Zuordnung zur Kategorie „G“.

Tab. 1 Definition der Kategorien für „Gefährdete Kulturpflanzen“

Tab. 1 Red list categories of “endangerment” for cultivated plants

O: Nutzung aufgegeben/ ausgestorben oder verschollen

- seit mehr als 10 Jahren nicht mehr kultiviert und
- kein Material in Genbanken gesichert
- Beispiele für Brandenburg: ?

(0): Nutzung aufgegeben

- seit mehr als 10 Jahren nicht mehr kultiviert* und/oder
- nicht in Erhaltungseinrichtungen oder Hausgärten vertreten und/oder
- nicht im Handel oder in der Gastronomie erhältlich;
- Material in Genbanken oder Botanischen Gärten gesichert
- Beispiele für Brandenburg: Ackerspörgel

1: von Nutzungsaufgabe bedroht

- keine oder nur sehr seltene Nutzung und/oder
- vereinzelt in Schau- und Hausgärten kultiviert und/oder
- Material noch gut in Genbanken gesichert und/oder
- nicht oder nur schwer im Handel/ in der Gastronomie erhältlich**
- Beispiele für Brandenburg: Leindotter

2: Nutzung stark rückläufig

(bzw. nach Wiedereinführung in nur sehr geringem Umfang)

- nur regional kleinflächige Nutzung und/oder
- Material gut in Genbanken gesichert und/oder
- im Handel/ in der Gastronomie gelegentlich erhältlich
- Beispiele für Brandenburg: Rispenhirse, Ackerbohne

3: Nutzung rückläufig

(bzw. nach Wiedereinführung in nur geringem Umfang)

- regional, z.T. auch überregional im Anbau vertreten, dieser jedoch nicht kontinuierlich und/oder
- Nutzung langfristig potenziell gefährdet
- Beispiele für Brandenburg: Buchweizen, Wurzel-Zichorie, Wasserrübe

G: rückläufige Nutzungstendenz anzunehmen

- begründete Expertenmeinung
- (Einordnung zwischen 1 und 3 sicher, genaue Zuordnung unsicher)
- Beispiele für Brandenburg: Pastinake, Kohlrübe

Sonstige Kategorien:

- *: verbreitete Nutzung
- Beispiel für Brandenburg: Saat-Weizen

D: Daten mangelhaft

- es kann keine Zuordnung vorgenommen werden
- (weitere Datenrecherche notwendig)

R: extrem selten (aber nicht gefährdet)

- traditionell und aktuell nur lokal oder zerstreut vorkommend
- und daher selten

* Hierzu rechnet kein kleinparzellierter Versuchsanbau.

** Zum Handel rechnet hierbei nicht der Saatguttausch zwischen Erhaltungseinrichtungen (NGO - Nichtregierungsorganisationen).

Rote Listen für gefährdete Kulturpflanzen – Möglichkeiten und Grenzen

Wichtigstes Ziel einer „Roten Liste PGR“ dürfte - ähnlich wie ursprünglich auch im Wildartenbereich - der Aspekt der Öffentlichkeitsarbeit sein.

Der Schwund unserer Nutzpflanzenvielfalt ist ein schleichendes Problem, das in der breiten Öffentlichkeit kaum wahrgenommen wird. Während im Zeitalter der Globalisierung einige wenige Arten mehr und mehr an wirtschaftlicher Bedeutung gewinnen, bleibt der größte Teil unserer Kulturpflanzen unternutzt oder vernachlässigt. In Industrieländern wie Deutschland werden heute kaum noch „Alte Sorten“ oder „Landsorten“ angebaut, während deren *On-farm*-Erhaltung überwiegend privaten Erhaltungsiniciativen und -vereinen überlassen bleibt.

Ziel Roter Listen für den Kulturpflanzenbereich kann es nicht sein, einzelne Arten oder Sorten zum Selbstzweck zu erhalten. Vielmehr sollen sie dazu beitragen, auf das Gesamtproblem des Verlustes (agrar-)biologischer Vielfalt hinzuweisen und gleichzeitig konkrete Handlungsansätze zur Förderung der (Agro-)Biodiversität bzw. zum Schutz von PGR aufzuzeigen.

Um Erhaltungsaktivitäten für gefährdete Kulturpflanzen - bspw. über die Erschließung neuer Marktnischen - künftig möglichst umfassend abzusichern, müssen sowohl die Akteure der gesamten Produktionskette (Saatgutvermehrung, Landwirte, Gärtner, Händler, Verarbeiter, ...) als auch die Konsumenten auf das Problem aufmerksam gemacht werden. Neben der Breite von Handlungsmöglichkeiten im kommerziellen Sektor haben weiterhin auch private Anbau- und Erhaltungsinitiativen (bspw. im Hausgarten- und Subsistenzbereich) eine große Bedeutung.

Weiterhin könnte Rote Listen im Kulturpflanzenbereich künftig eine bedeutende Rolle bei der Bemessung von Beihilfen zum Schutz und zur Erhaltung PGR zukommen (z.B. für Saatgutvermehrung und Anbau).

Dabei sollten Beihilfen weniger auf einzelne Sorten oder Arten abzielen, sondern vielmehr Strukturen fördern, die sich bereits mit der Erhaltung von PGR befassen. In diesem Zusammenhang könnte die Rote Liste für Erhaltungseinrichtungen und -vereine sowie für die bereits

genannten Akteure in Anbau, Verarbeitung und Vermarktung eine wesentliche Arbeitsgrundlage bilden. Ähnliche Vorschläge wurden bereits von Becker und Marggraf (2000) gemacht.

Rote Listen könnten nicht zuletzt auch weitere Handlungsspielräume beim Umgang mit PGR (Erhaltungs-, Amateursorten etc.) in der Gesetzgebung identifizieren.

Besonders für die im Anhang des Saatgutverkehrsgesetzes (SaatG) geführten Arten gilt ein zeitaufwendiger und gebührenpflichtiger Zugang zum kommerziellen Markt. Eine Rote Liste könnte hierbei strukturierend für erstrebenswerte Erleichterungen, bspw. Gebührenerlasse, Zulassungsvereinfachungen, reduzierte Prüfanforderungen, Beratung etc.) wirken. Sie sollte auch als Beurteilungsgrundlage für eine Überarbeitung des Artenanhangs des SaatG herangezogen werden. Als „gefährdet“ erkannte Kulturpflanzen sollten grundsätzlich eher positiven Anreizsystemen als restriktiv wirkenden Mindestanforderungen ausgesetzt werden.

Ausblick und Handlungsvorschläge

Auf der Basis des entwickelten Bewertungsschemas ist eine weitergehende Erprobung des methodischen Konzeptes notwendig, um zu einer einheitlichen Methodik auf Bundesebene zu gelangen. Die konzipierten Steckbriefe sollten dabei möglichst umfassend erstellt und für spätere Neubewertungen bzw. Fortschreibungen offen gehalten werden.

Als Grundlage für die Erstellung von Roten Listen wird zunächst ein Gesamtinventar PGR benötigt, welches für die jeweils zu bearbeitende Region anzupassen ist. Für die Ableitung lang- und kurzfristiger Bestandstrends ist eine größtmögliche Breite an Informationsquellen zu nutzen (siehe Kapitel „Datenquellen“). Zur Verbesserung der Datenlage seltener PGR sind ggf. auch zusätzliche Felderhebungen einzuplanen.

Nach einer weiteren Erprobungsphase sollte die vorgestellte Methodik von einem erweiterten Expertenkreis unter Einbeziehung des informellen Sektors, bspw. im Rahmen von Workshops, diskutiert und im Ergebnis dessen das Rote Liste-Konzept überarbeitet bzw. ergänzt werden.

Eine Einbindung der Ergebnisse in bestehende Datenbanksysteme (bspw. www.genres.de/pgrdeu) ist für spätere Analysen bzw. Trendbeurteilungen anzustreben. Vor dem Hintergrund der langwierigen Entstehung Roter Listen im Naturschutz ist ähnlichen Instrumenten für den Kulturpflanzenbereich auch ein entsprechender Entwicklungs- und Diskussionsbedarf zuzugestehen.

Literatur

Barth, R. *et al.* (2004): Agrobiodiversität entwickeln. Handlungsstrategien für eine nachhaltige Tier- und Pflanzenzucht. Endbericht des gleichnamigen Forschungsprojektes. (Online www.agrobiodiversitaet.net/site/page/home/home.php (22.12.2004)).

Becker, H.; Marggraf, R. *et al.* (2000): Darstellung und Analyse von Konzepten des *On-farm*-Managements pflanzengenetischer Ressourcen in Deutschland. Studie für das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Göttingen.

BfN (2004): Weiterentwicklung des Rote-Liste-Kriteriensystems: Kurzanleitung für BearbeiterInnen von Roten Listen. Unveröffentlichtes Arbeitspapier.

BMVEL (Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft) (Hrsg.; 2002): Nationales Fachprogramm zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung pflanzengenetischer Ressourcen landwirtschaftlicher und gartenbaulicher Kulturpflanzen. Bonn.

Engelbrecht, T. (1928): Die Feldfrüchte des Deutschen Reiches in ihrer geographischen Verbreitung. Erster Teil. Arbeiten der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft. Heft 357. Berlin.

Köppel, C. (2004): Rote Listen: Geschichte, Konzepte und Umsetzung sowie alternative Ansätze. (Online www.nabu.de/nh/399/liste399.htm#1 (21.12.2004)).

Körnicke, F. (1885): Die Arten und Varietäten des Getreides. Verlag von Emil Strauss. Bonn.

TAB (Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag) (1998): Biologische Vielfalt in Gefahr? Gentechnik in der Pflanzenzüchtung. Rainer Bohn Verlag. Berlin.

Dokumentation und Website zum Monitoring und zu Indikatoren der Agrobiodiversität

Monitoring and indicators of agrobiodiversity – documentation and website

Stefan Schröder und Frank Begemann

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE),
Informations- und Koordinationszentrum für Biologische Vielfalt (IBV),
Deichmanns Aue 29, 53179 Bonn,
stefan.schroeder@ble.de, frank.begemann@ble.de

Zusammenfassung

Das Informations- und Koordinationszentrum für Biologische Vielfalt (IBV) nimmt zentrale Aufgaben der Erfassung, Dokumentation und nutzerorientierten Bereitstellung von Daten über Agrobiodiversität in Deutschland wahr. Zur Analyse und Bewertung, der Beratung und Informationsweitergabe an politische Entscheidungsträger, Akteure und die interessierte Öffentlichkeit baut das IBV seine Instrumente, u. a. das Informationssystem Genetische Ressourcen (GENRES) (www.genres.de) mit den Nationalen Inventaren (XGRDEU; www.genres.de/xgrdeu), entsprechend den wachsenden Bedürfnissen eines effizienten Monitorings aus.

Abstract

The Information and Coordination Centre for Biological Diversity (IBV) is responsible for the acquisition, documentation and user-oriented dissemination of data related to agrobiodiversity in Germany. According to increasing demands for efficient monitoring of status and trends of genetic resources the IBV is improving its instruments for advisory services and disclosure of information to politicians, stakeholders and the interested

public. Main instruments are the Information System Genetic Resources (GENRES) (www.genres.de) including the national inventories for genetic resources (XGRDEU; www.genres.de/xgrdeu).

Einleitung

Die biologische Vielfalt in der Landwirtschaft, kurz Agrobiodiversität genannt, umfasst alle Bestandteile von Bedeutung für die Ernährung, Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft sowie auch die damit assoziierte Biodiversität, die vielfältige nutzungsrelevante Funktionen in den Agrarökosystemen, wie Bestäubung oder Bodenfruchtbarkeit, erfüllt.

Zu den genetischen Ressourcen für Ernährung, Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft gehören alle kultivierten und domestizierten Arten einschließlich deren Sorten, Rassen bzw. Populationen und ihre verwandten Wildarten sowie auch Wildpflanzen- und gemanagte Wildtierbestände (siehe Abb. 1).

Während die Sicherung wesentlicher Teile der Biodiversität im Verantwortungsbereich des Natur- und Artenschutzes liegt und diese damit auch im Wesentlichen durch Indikatoren des Natur- und Artenschutzes erfasst werden, bleibt der zentrale Teil der Agrobiodiversität, die Vielfalt genetischer Ressourcen als zwar kleinerer Teil der Biodiversität, aber für die Menschen als der Teil mit der wesentlichen Bedeutung in der zentralen Verantwortung der Agrarwirtschaft, der Agrarpolitik und -verwaltung.

Das Informations- und Koordinationszentrum für biologische Vielfalt (IBV) nimmt bezüglich der Agrobiodiversität zentrale Aufgaben der Erfassung, Dokumentation und nutzerorientierten Bereitstellung von Daten in Deutschland wahr. Schwerpunkt des Verantwortungsbereichs bilden hierbei die genetischen Ressourcen als zentraler Teil der Agrobiodiversität.

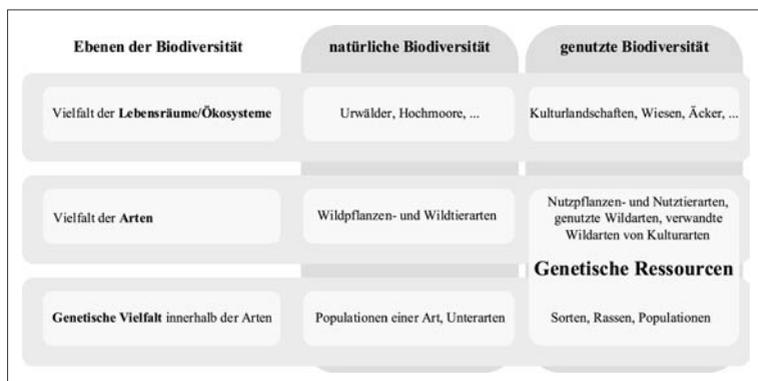


Abb. 1 Agrobiodiversität nach den 3 Ebenen der Vielfalt des Übereinkommens über die Biologische Vielfalt (CBD)

Fig. 1 Agrobiodiversity at three levels of diversity according to the Convention on Biological Diversity (CBD)

Gefährdung der Agrobiodiversität

Die genetische Vielfalt in der Landwirtschaft und Ernährung nimmt weltweit rapide ab. Eine früher vielerorts vorherrschende große regionale Vielfalt an Nutzpflanzenarten und -sorten sowie Nutztierassen verringert sich unbeabsichtigt im Zuge einer zunehmenden Industrialisierung der Landwirtschaft und als Folge von Konzentrationseffekten einer modernen Tier- und Pflanzenzucht. Wenige „moderne“ auf hohe Erträge gezüchtete Sorten und Rassen verdrängen alte Kultursorten, Landsorten und -rassen.

Heute wird über 50 % der für die menschliche Ernährung weltweit benötigten Nahrungsenergie aus lediglich drei Pflanzenarten (Mais, Reis, Weizen) erzeugt. In der von der Welternährungsorganisation (FAO) und dem Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP) herausgegebenen *World Watch List* landwirtschaftlicher Nutztiere werden für das Jahr 2000 von den 5.639 Rassen, zu denen Populationsdaten vorliegen, 3.143 Rassen (55,7%) als vom Aussterben bedroht angeführt.

Für Deutschland werden z.B. laut der „Zentralen Dokumentation Tiergenetischer Ressourcen in Deutschland“ (TGRDEU) derzeit 16 von 19 heimischen Rinderrassen, 10 von 13 heimischen Pferderassen, 19 von 21 Schafrassen, 3 von 5 Schweinerassen und 3 von 5 Ziegenrassen als im Bestand gefährdet eingestuft.

Bei genutzten Wildpopulationen, wie z. B. in der Küsten- und Hochseefischerei, ist eine genetische Einengung und Gefährdung auf andere Ursachen, wie z. B. Überfischung oder bestimmte Fangtechniken, zurückzuführen. Bei Forstpflanzen, Wildtieren und Fischen führen zudem schädliche Umweltveränderungen wie z. B. überhöhte Nähr- und Schadstoffeinträge, Verlust und Zerschneidung durch Siedlungs-, Straßen- und Wasserbaumaßnahmen zum Rückgang genetischer Vielfalt.

Verpflichtung zum Monitoring der Agrobiodiversität

Das Übereinkommen über die Biologische Vielfalt (CBD) trat 1993 rechtsbindend für die Vertragsstaaten in Kraft. Damit wurden neben der Erhaltungsverantwortung für die Biodiversität auch Pflichten der Dokumentation und der regelmäßigen Berichterstattung über die Fortschritte der Umsetzung der Konvention rechtlich bindend. Dieses schließt auch die genutzten Teile der Biodiversität mit den genetischen Ressourcen für Land- und Ernährungswirtschaft ein. Besondere Relevanz als verbindlicher Rechtsrahmen für einen wichtigen Teil der genetischen Ressourcen hat der „Internationale Vertrag über pflanzengenetische Ressourcen für Ernährung und Landwirtschaft“ (ITPGR), der 2004 in Kraft trat und neben den Regelungen zur Erhaltung und dem Zugang zu den pflanzengenetischen Ressourcen auch entsprechende Dokumentations- und Berichtspflichten der Unterzeichnerstaaten beinhaltet. Der ITPGR schreibt auch die Fortentwicklung und den Ausbau eines globalen Informationssystems zu pflanzengenetischen Ressourcen auf der Grundlage bereits bestehender Informationssysteme und die Fortführung des Globalen Aktionsplans der Welternährungsorganisation für die Erhaltung und nachhaltige Nutzung pflanzengenetischer Ressourcen vor. Weitere internationale Monitorings der Biodiversität, jedoch ohne rechtsbindenden Charakter, werden im Umweltprogramm der Vereinten Nationen und durch die Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) durchgeführt.

Monitoring der Agrobiodiversität

„Nachhaltigkeit messbar machen!“, ist ein wichtiges Bedürfnis einer Politik, die sich der „Nachhaltigkeit“ verschreibt. Die Erfolge nachhaltiger Politik und die Erträge eines nachhaltigen Wirtschaftens sind eher langfristiger Natur und lassen sich i. d. R. nicht an kurzfristigen Effekten oder direkt erzielbaren finanziellen Gewinnen messen. Daher hat gerade im Zusammenhang mit Nachhaltigkeit längerfristig angelegtes Monitoring der „Schutzgüter“ und der Wirkungen getroffener Maßnahmen eine besondere Bedeutung. Monitoring und die Definition geeigneter Indikatoren hat neben der Aufgabe, Erfolge einer nachhaltigen Politik „sichtbar zu machen“, auch die Aufgabe als Steuerinstrument bezüglich der Programme, Leitbilder, Zielsetzungen und letztlich des notwendigen Umfangs durchzuführender Maßnahmen zu dienen.

Bezüglich des Monitorings der Biodiversität finden sich entsprechend den zwei genannten Zielbereichen des Monitorings, „Politikunterstützung“ und „Steuerung“, Indikatorensets mit unterschiedlichem Informationscharakter.

Sets sogenannter „*Headline*“- oder auch politische „*High-Level*“-Indikatoren werden auf höher aggregiertem Datenniveau für Schwerpunktaspekte der Biodiversität entwickelt und bilden im Wesentlichen Status, Trend, wesentliche Wirkungsfaktoren auf die Biodiversität und den Gesamtumfang durchgeführter Maßnahmen ab. Sie werden zur Begleitung und Bewertung internationaler, europäischer und nationaler Nachhaltigkeits- und Biodiversitätsstrategien gebraucht. Für diese Indikatoren ist vor allem die eindeutige, leicht verständliche Aussage zur Vermittlung des Sachverhaltes an die Öffentlichkeit, aber auch an die Politik und die Interessenvertreter wichtig.

Zur Evaluierung von Programmen mit Biodiversitätszielen auf nationaler und Ebene der „Länder“ werden Indikatoren benötigt, die teilweise „maßnahmenscharf“ den *In-* und *Output* sowie den konkreten „Zielerreichungsanteil“ der durchgeführten Maßnahmen abbilden (z.B. Verordnung (EG) 1698/2005 ELER, Entwicklung ländlicher Raum).

Aktuelle Entwicklungen – Indikatoren der Agrobiodiversität

Biodiversitätsindikatoren werden auf internationaler Ebene im Wesentlichen durch das Übereinkommen über die Biologische Vielfalt, das Umweltprogramm der Vereinten Nationen, die Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) und die Welternährungsorganisation (FAO) entwickelt. Auf gesamteuropäischer Ebene werden sie durch die Paneuropäische Strategie für biologische und landschaftliche Vielfalt (PEBLDS) und auf EU-Ebene im Rahmen der Nachhaltigkeitsstrategie, der Biodiversitätsstrategie mit ihren Aktionsplänen und als Begleitung der Umsetzung der Verordnung (EG) 1698/2005 des Rates über die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER) entwickelt. National werden Nachhaltigkeits- und Agrarumweltindikatoren mit Bezug zur Biodiversität im Rahmen der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie, der derzeit in der Abstimmung befindlichen Nationalen Strategie zur Biologischen Vielfalt, der ebenfalls in Abstimmung befindlichen Agrobiodiversitätsstrategie des BMELV sowie zur Begleitung der nationalen Umsetzung der ELER-Verordnung über die Entwicklung des ländlichen Raums benötigt.

Während in der Anfangsphase der Biodiversitätsindikatorenentwicklung auf internationalem und europäischem Niveau viele Prozesse mit unterschiedlichen Indikatorenvorschlägen starteten, befindet sich die Entwicklung derzeit auf dem Weg zu einem Konsens mit einem international und europäisch abgestimmten „*Headline*“-Indikatoren-Set. Grundlage bilden hierbei die Schwerpunktbereiche (*Focal Areas*) der CBD (siehe Abb. 2).

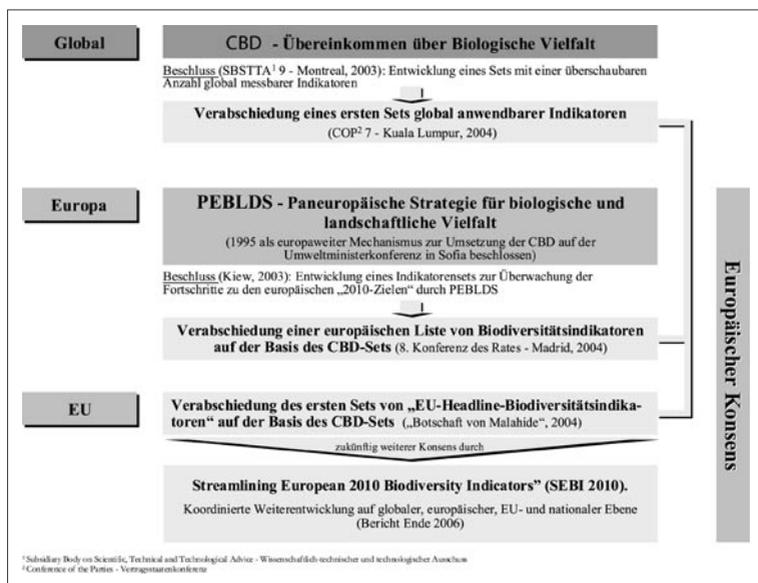


Abb. 2 Konsens eines global und europäisch abgestimmten EU-„Headline“-Indikatoren-Sets
Fig. 2 Towards international and European agreed EU-headline-indicators

„Streamlining European 2010 Biodiversity Indicators“ (SEBI 2010) stellt derzeit das wichtigste Koordinationsprogramm europäischer Expertengruppen zur Entwicklung von Biodiversitätsindikatoren dar. Mit Beschluss der Konferenz zur Biodiversität in Malahide (Irland, 2004) soll ein Indikatorenset zur Analyse und Berichterstattung des Fortschritts im Hinblick auf das europäische Ziel, den „Rückgang der Biodiversität bis 2010 zu stoppen“, entwickelt werden. SEBI 2010 wurde 2005 gestartet und soll bis Anfang 2007 erste Vorschläge für ein EU-„Headline“-Indikatoren-Set zur Biodiversität erarbeiten. Basis bilden u.a. auch die IRENA-Indikatoren (*Indicators Reporting on the Integration of Environmental Concerns into Agricultural Policy*), die im Rahmen eines EU-Projektes zu Agrarumweltindikatoren entwickelt und im Jahr 2005 von der Europäischen Umweltagentur (EEA) veröffentlicht wurden. Beteiligt sind die EEA, ECNC (*European Centre for Nature Conservation*) und UNEP-WCMC (*World Conservation Monitoring Centre*). Die Indikatorenentwicklung findet in 6 Expertengruppen mit über 100 Experten statt. Eine Koordinationsgruppe unter Vorsitz der EEA koordiniert den Prozess. Ende 2006 sollte ein erster Vorschlag für das EU-„Headline“-Indikatoren-Set vorliegen (siehe Tab. 1).

Tab. 1 Aktueller Stand der europäischen „Headline“-Indikatoren zur Biodiversität nach dem aktuellen Vorschlag der SEBI 2010 Arbeitsgruppe

Tab. 1 Status of European biodiversity headline-indicators as proposed by SEBI 2010

CBD Schwerpunkt	EU-„Headline“-Indikator	SEBI 2010 Indikatoren-Vorschlag, Stand 01/07
<i>Status and trends of the components of biological diversity</i>	<i>Trends in the abundance and distribution of selected species</i>	<i>Trends in the abundance and distribution of selected species: a) Common birds (PECBI) b) European butterflies</i>
	<i>Change in status of threatened and/or protected species</i>	<i>IUCN Red List Index for European species</i>
		<i>Change in status of species of European interest</i>
	<i>Trends in extent of selected biomes, ecosystems and habitats</i>	<i>Trends in extent and composition of selected ecosystems in Europe</i>
		<i>Change in status of habitats of European interest</i>
	<i>Trends in genetic diversity of domesticated animals, cultivated plants, and fish species of major socio-economic importance</i>	<i>Trends in genetic diversity of domesticated animals: Trends in proportion and level of endangerment of native livestock breeds per country (Stand 03/2007)</i>
	<i>Coverage of protected areas</i>	<i>Trends in national establishment of protected areas</i>
		<i>Designated sites under the EU Habitats and Birds Directives</i>
<i>Threats to biodiversity</i>	<i>Nitrogen deposition</i>	<i>Critical load exceedance for nitrogen</i>
	<i>Number and costs of invasive alien species</i>	<i>Alien and invasive alien species in Europe</i>
	<i>Impact of climate change on biodiversity</i>	<i>Species abundance indicator</i>

Fortsetzung Tab. 1

CBD Schwerpunkt	EU-“Headline“-Indikator	SEBI 2010 Indikatoren-Vorschlag, Stand 01/07
<i>Ecosystem integrity and ecosystem goods and services</i>	<i>Marine trophic index</i>	<i>Marine trophic index of European seas</i>
	<i>Connectivity/fragmentation of ecosystems</i>	<i>Changes in patch size distribution of natural areas</i>
		<i>Status and trends in the fragmentation of river systems</i>
	<i>Water quality in aquatic ecosystems</i>	<i>Nutrients in transitional, coastal and marine waters</i>
		<i>Water quality in freshwater</i>
<i>Sustainable use</i>	<i>Area of forest, agricultural, fishery and aquaculture ecosystems under sustainable management</i>	<i>Growing stock, increment and fellings</i>
		<i>Deadwood</i>
		<i>N-balance</i>
		<i>Agriculture systems under sustainable management</i>
		<i>Status of commercial fish stocks</i>
		<i>Mariculture: Effluent water quality</i>
	<i>Ecological Footprint of European countries</i>	<i>Ecological Footprint of European countries</i>
<i>Status of access and benefit sharing</i>	<i>Percentage of European patent applications for inventions based on genetic resources</i>	<i>Percentage of European patent applications for inventions based on genetic resources</i>
<i>Status of resource transfers and use</i>	<i>Funding to biodiversity</i>	<i>Financing to biodiversity</i>
<i>Public opinion (additional EU focal Area)</i>	<i>Public awareness and participation</i>	<i>Number of visits to nature reserves</i>

Quelle: SEBI 2010

Aktuelle Entwicklungen – Indikatoren zur genetischen Vielfalt

Indikatoren zur genetischen Vielfalt in der landwirtschaftlichen Produktion wurden im Wesentlichen durch die OECD und im Rahmen des IRENA-Prozesses entwickelt (siehe Tab. 2). Die OECD hat dabei auch für diesen Bereich der Agrarumweltindikatoren Pionierarbeit geleistet. Im 4. Agrarumweltindikatorenbericht (Agrarumweltindikatorenbericht Band 4 „Joint Working Party on Agriculture and the Environment (JWP) - Environmental Indicators for Agriculture, Volume 4“) verwendet die OECD ein in enger Kooperation mit Experten, den OECD Ländern und anderen internationalen Organisationen entwickeltes Indikatorenset. Der Agrarumweltindikatorenbericht Band 4 soll Anfang 2007 publiziert werden.

Trotz dieser ersten Vorschläge für Indikatoren zur genetischen Vielfalt (siehe Tab. 2), besteht weiter dringender Handlungsbedarf, Indikatoren zu entwickeln, die die genetische Vielfalt in der Agrarwirtschaft abbilden. Genetische Ressourcen sind Kulturpflanzen, Nutztiere, Forstpflanzen, aquatische genetische Ressourcen und Mikroorganismen. Bislang werden nur die Kulturpflanzen und die Nutztiere durch Indikatoren berücksichtigt, nicht aber die anderen genutzten Organismengruppen der Fischerei sowie der Forst- und Ernährungswirtschaft. Selbst für die Kulturpflanzen und die Nutztiere gibt es noch erhebliche Probleme bei der Schaffung und Abstimmung der Datenbasis für diese Indikatoren auf nationalem und internationalem Niveau. Bei den pflanzengenetischen Ressourcen können z.B. Produktionsanteile von Sorten nur für die Hauptfruchtarten abgebildet werden. Verluste genetischer Vielfalt finden jedoch auch, wenn nicht sogar hauptsächlich, bei weniger genutzten Kulturarten statt. Bei den tiergenetischen Ressourcen bedarf es vor allem einer weiteren Abstimmung der Gefährdungskategorien für Tierrassen. Allen Organismengruppen gemeinsam ist das Problem, dass die Nutzung der Zahl von Rassen, Sorten oder Varietäten in der Produktion als Maß der genetischen Diversität ohne eine Möglichkeit der Schätzung von genetischer Distanz zwischen diesen, die Gefahr birgt, den Verlust genetischer Diversität nicht abbilden zu können (siehe Beiträge des ersten Themenblocks, dieser Band).

Tab. 2 Übersicht der vorhandenen Indikatoren zur genetischen Vielfalt
Tab. 2 Available indicators concerning genetic diversity

Indikatordefinition	Organismen- gruppe	Organisation
<i>Number of plant varieties registered and certified for marketing for the main crop categories (i.e. cereals, oilcrops, pulses and beans, root crops, fruit, vegetables and forage)</i>	Kultur- pflanzen	OECD
<i>Share of the dominant (one to five) crop varieties in total market production for selected crops (i.e. wheat, barley, maize, oats, rapeseed, field peas and soyabeans)</i>	Kultur- pflanzen	OECD
<i>Status of plant and livestock genetic resources under in-situ and ex-situ national conservation programmes.</i>	Kultur- pflanzen, Nutztiere	OECD
<i>Number of livestock breeds registered and certified for marketing for the main livestock categories (i.e. cattle, pigs, poultry, sheep and goats)</i>	Nutztiere	OECD
<i>Share of the three dominant livestock breeds in total livestock numbers for the main livestock categories (i.e. cattle, pigs, poultry, sheep and goats)</i>	Nutztiere	OECD
<i>Total number of livestock (i.e. cattle, pigs, poultry, sheep) in endangered and critical risk status categories and under conservation programmes.</i>	Nutztiere	OECD
<i>25-1 Share in production of main crop varieties registered and certified for marketing.</i>	Kultur- pflanzen	IRENA, EU
<i>25-2 Diversity of breeds in total livestock population for different types of livestock (cattle, pigs, sheep, goats and poultry).</i>	Nutztiere	IRENA, EU
<i>25-3 Distribution of risk status of national livestock breeds in agriculture.</i>	Nutztiere	IRENA, EU
<i>Trends in genetic diversity of domesticated animals: Trends in proportion and level of endangerment of native livestock breeds per country (Stand 03/2007)</i>	Nutztiere	SEBI 2010

Von der Expertengruppe „Genetische Diversität“ des SEBI 2010 wurde daher mit Beteiligung des IBV ein Vorschlag für ein erweitertes Indikatorenset zur genetischen Vielfalt erarbeitet, das über alle relevanten Organismengruppen (*Mammals, Poultry, Crops, CWR (Crop wild relatives), Trees, Fish (Aquaculture)*) hinweg Trends für die genetischen Ressourcen auf Art- und auf Populationsebene abbilden soll (siehe Tab. 3). Für die aufgeführten Indikatorenvorschläge wurden bezogen auf die einzelnen Organismengruppen ebenfalls bereits mögliche Datenquellen, Berichtsintervalle und Darstellungsformen der Indikatoren identifiziert.

Als „Level 1“-Indikator für die genetische Vielfalt als europäischer „Headline“-Indikator wird vermutlich nur ein Indikator ausgewählt werden können, der einen Bezug zur Vielfalt der Nutztiere hat (siehe Tab. 1, *Trends in genetic diversity of domesticated animals: Trends in proportion and level of endangerment of native livestock breeds per country (Stand 03/2007)*); daher sollten die Indikatorenvorschläge des „Level 2“ zur genetischen Vielfalt im SEBI 2010 und anderen Prozessen zur Unterfütterung des „Headline“-Indikators weiterentwickelt und eine gemeinsame Datenbasis auf europäischem Niveau geschaffen werden, die aussagefähig ist in Bezug auf die verschiedenen Prozesse unter der CBD, FAO, OECD und EU, insbesondere auch im Rahmen der ELER-Verordnung.

Tab. 3 Indikatorenvorschläge der Expertengruppe
„Genetische Vielfalt, SEBI 2010“, Stand 01/07

Tab. 3 Proposed indicators of the expert group
„genetic diversity“ of SEBI 2010, date 01/07

STATUS ON DIVERSITY OF GENETIC RESOURCES, BY COUNTRY

1.1 Species, number total

1.2 Indigenous species, number total (according to national definition)

1.3 Breeds/varieties/landraces/provenances: number per species (according to national definition) (ideally for all species, possibly only for the top 5 species in animal, crop or tree production)

IMPORTANCE AND PROTECTION OF SPECIES AND BREEDS, BY COUNTRY

2.1 Species, share,

- share of top 5 most widely used of all species in animal, crop or tree production
- no of species making up 85 % of the animal, crop or tree production

2.2 Breeds/varieties/landraces/provenances share

- share of top 5 breeds/varieties/landraces/provenances of all
- no of breeds/ varieties/landraces/provenances making up 85 % of the animal, crop or tree production (ideally for all, possibly only for the top 5 species/crops and EU tree list)

2.3 Share of threatened native breeds/varieties/landraces/provenances of total number of breeds/varieties/landraces/provenances

PROTECTION AND CONSERVATION OF SPECIES
AND GENETIC DIVERSITY, BY COUNTRY

3.1 National conservation programs for species and breeds/varieties/landraces/provenances
Existence yes/no

3.2 In situ protection: national conservation programs for species or breeds/varieties/landraces/provenances exists

3.3 In situ protection:

- share of species or breeds/varieties//landraces/provenances
- protected (in vivo populations and stands)

3.4 Ex situ protection: national conservation programs for species or breeds/varieties/landraces/provenances exists

3.5 Ex situ protection:

- share of species or breeds/varieties/landraces/provenances
- protected (by conservation method: e.g cryo-conservation of semen or eggs, germplasm, seedbanks, accessions, living populations and stands etc.)

Quelle: SEBI 2010, Expertengruppe 3, Stand 01/2007

Ausblick

Entsprechend dem wachsenden Bedarf eines Monitorings der „Agrobiodiversität“ baut das IBV seine Instrumente, u. a. das internetbasierte Informationssystem für genetische Ressourcen (GENRES) (www.genres.de) mit den Nationalen Inventaren zu pflanzengenetischen, tiergenetischen, forstgenetischen und aquatischen genetischen Ressourcen sowie zu Mikroorganismen und anderen Kleinlebewesen (XGRDEU; www.genres.de/xgrdeu) weiter aus (Abb. 3).

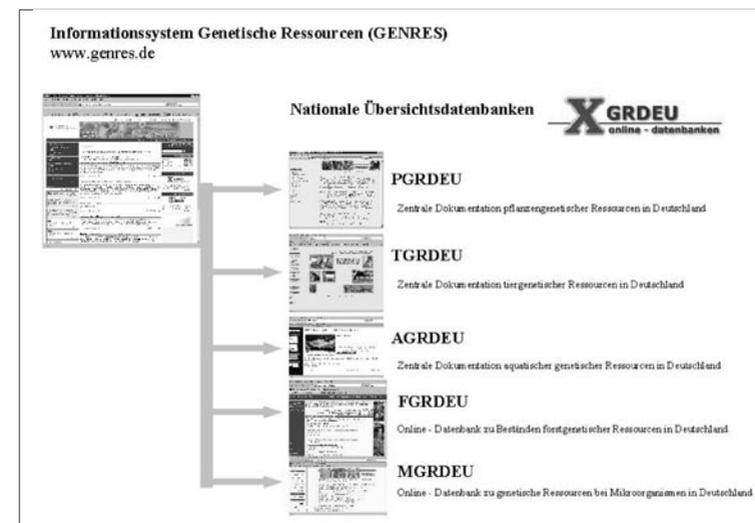


Abb. 3 Informationssystem für genetische Ressourcen (GENRES) mit den Nationalen Inventaren zu genetischen Ressourcen

Fig. 3 Information System Genetic Resources (GENRES) with national holdings and collections

Unterstützt werden sollen die genannten Berichtswesen in Deutschland vom IBV durch einen Website zum Agrobiodiversitäts-Monitoring, der künftig verstärkt zum einen alle relevanten Prozesse transparent darstellt, zum anderen aber auch relevante Daten zur Verfügung stellt. Das Ziel ist dabei die Vernetzung und Zusammenarbeit der wesentlichen zuständigen Stellen, die in Deutschland sachverständig und verantwortlich sind, im Sinne eines kooperativen dezentralen Netzwerkes. Der Schwerpunkt des IBV in diesem Netzwerk liegt neben koordinativen Funktionen auf der Bereitstellung von Daten für Indikatoren zur genetischen Vielfalt. Offen ist gegenwärtig, inwieweit das Monitoring gentechnisch veränderter Organismen in diese Prozesse einbezogen werden soll.

Nutzbarkeit vorhandener Datenbestände für Monitoring und Evaluierung – am Beispiel des InVeKoS

Usability of existing data-bases for Monitoring and Evaluation – the example IACS

Karin Reiter und Wolfgang Roggendorf

Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL),
Institut für Ländliche Räume, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig,
karin.reiter@fal.de, wolfgang.roggendorf@fal.de

Zusammenfassung

Im integrierten Verwaltungs- und Kontrollsystem (InVeKoS), dem zentralen Kontrollinstrument zur Abwicklung der Direktzahlungen, werden von mehr als 95 % der deutschen landwirtschaftlichen Betriebe förderrelevante Angaben verwaltet, die über den eigentlichen Verwendungszweck hinaus auch für Monitoring und Evaluierung von Biodiversitätsaspekten eine vorzügliche Datengrundlage darstellen. Der GIS-gestützte Flächennachweis ist die genaueste - weil flächenscharf - und differenzierteste Darstellung der landwirtschaftlichen Flächennutzung in Deutschland. Durch Einbindung von Daten zu flächenbezogenen Fördermaßnahmen der zweiten Säule, wie z. B. den Agrarumweltmaßnahmen, wird der Informationsgehalt des Systems erhöht. Zukünftig relevant für die Ableitung von Biodiversitätsparametern sind neben dem Flächennachweis die seit 2005 erhobenen Angaben zu Landschaftselementen und zum Viehbestand. Aus dem Flächennutzungsnachweis in Verbindung mit den Daten zur Agrarumweltförderung lassen sich zum einen unmittelbar Aussagen zur Biodiversität in agrarisch geprägten Räumen ableiten. Zum anderen besitzt die Möglichkeit zur GIS-gestützten Verknüpfung mit anderen Datenquellen ein großes Potential für tiefergehende Analysen, z. B.

in Hinblick auf die Zusammenhänge von Landnutzung und Artenvielfalt. Empfohlen wird, das Potential der InVeKoS-Daten zur Beschreibung der Flächennutzung und für darauf aufbauende Analysen zu nutzen, insbesondere auch vor dem Hintergrund, dass nur im geringen Umfang zusätzliche Kosten anfallen. Voraussetzung dafür ist die Freigabe der Daten u. a. auch für wissenschaftliche Forschungen.

Abstract

The Integrated Administration and Control System (IACS), the central control system for executing the direct payments, contains support-related data from more than 95 % of the farms in Germany. These data deliver an excellent data base for monitoring and evaluation of biodiversity aspects beyond the main purpose. The GIS-based Land Parcel Identification System (LPIS) is the most accurate and different image of the agricultural land use in Germany. By integrating data about the area-related second pillar payments, especially agri-environmental measures, the informational content of the system has increased additionally. Furthermore relevant for assessing biodiversity parameters are in future data relating to landscape elements and livestock included since 2005. On one hand, conclusions about the biodiversity situation in agricultural determined landscapes can be derived directly from LPIS associated with the data about agri-environmental payments. On the other hand, the GIS-based possibility to link the IACS-data with other databases has great potentials for deeper analyses, as example on the relationship between land use and diversity of species. It is recommended to use the ability of the IACS-data for describing land use change and the potentials for deeper analyses, especially against the background that only little additional costs are required. Data release - amongst other things - for scientific research is necessary.

Der Ursprung des Integrierten Verwaltungs- und Kontrollsystems

Die Belastung des EU-Haushalts durch den Agrarsektor (1992 rund 58%), Überproduktion auf den Agrarmärkten sowie der steigende Druck zur Liberalisierung innerhalb der WTO-Verhandlungen machten eine Reform der gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) der EU

unabdingbar und leiteten in den Jahren von 1992 bis 2005 eine Reihe von Reformen ein. Allen ist gemein, dass der Subventionsabbau und die daraus resultierenden Einkommensverluste für die Landwirtschaft anteilig durch Direktzahlungen an die Landwirte kompensiert wurden.

Das integrierte Verwaltungs- und Kontrollsystem (InVeKoS) ist das zentrale Kontrollinstrument zur Abwicklung dieser Direktzahlungen. Es wurde mit der ersten Reform der GAP 1992 beschlossen und ist für alle Mitgliedsstaaten der EU verbindlich. In Abhängigkeit von den jeweiligen Reformschritten und der sukzessiven Ausdehnung von Direktzahlungen unterlag das InVeKoS einer ständigen Erweiterung.

Die Luxemburger Beschlüsse 2003 als jüngste Agrarreform hatten u. a. zum Ziel, die Direktzahlungen endgültig von der Produktion zu entkoppeln (BML, 2005). Als neues Instrument der Direktzahlungen wurden so genannte Zahlungsansprüche (ZA) eingeführt. Sie sind vergleichbar mit Rentenansprüchen, deren Einlösung an den Nachweis von landwirtschaftlichen Flächen gebunden ist. Ihre Vergabe erfolgte erstmalig im Jahr 2005. Die Aktivierung von ZA, d. h. ihre Auszahlung erfolgt jährlich auf Antrag (ebenda). Dazu hat der Antragsteller einen Nachweis über seine landwirtschaftlichen Flächen zu erbringen - den Flächennutzungsnachweis. Die ZA kommen zur Auszahlung unabhängig davon, ob landwirtschaftliche Flächen zur landwirtschaftlichen Produktion im engeren Sinne genutzt, auf ihnen nachwachsende Rohstoffe anbaut oder sie aus der (landwirtschaftlichen) Produktion genommen werden.

Seit dem ersten Umsetzungsjahr der jüngsten Reform (2005) besteht das InVeKoS aus den folgenden Bestandteilen:

- einem System zur Identifizierung landwirtschaftlich genutzter Flächen, GIS unterstützt (Flächennutzungsnachweis),
- einem System zur EU-weit genormten Tier-Kennzeichnung,
- einem System zur Bearbeitung und Auszahlung von Beihilfeanträgen,
- Verwaltungskontrollen sowie mittels Risikoanalyse ausgewählten Vor-Ort-Kontrollen, ab 2005 ergänzt um die *Cross-Compliance*-Standards.

Die Einführung der Zahlungsansprüche hat zur Folge, dass sich der Erfassungsgrad der landwirtschaftlichen Flächen im InVeKoS nochmals erhöht hat. Es kann davon ausgegangen werden, dass mit

Schwankungen zwischen den Bundesländern deutlich mehr als 95 % der landwirtschaftlichen Fläche im Flächennachweis abgebildet werden. Positiv auf Erfassungsbreite und -tiefe der InVeKoS-Daten wirkten zwei weitere Neuerungen des Direktzahlungssystems: erstens die Unterstützung der Flächennachweise durch GIS (InVeKoS-GIS) und zweitens die Bindung der Direktzahlungen an die Einhaltung der so genannten *Cross-Compliance*-Standards.

Im folgenden wird vertiefend auf den unter dem ersten Tite genannten Flächennutzungsnachweis und seine seit 2005 eingeführte GIS-Unterstützung eingegangen sowie auf die landwirtschaftlichen Betriebsparameter, die zum Nachweis der Einhaltung der *Cross-Compliance*-Standards (CC) erfasst werden. Es wird gezeigt, dass der Flächennutzungsnachweis und die genannten CC-Kennziffern geeignet sind um flächendeckend und geo-referenziert die landwirtschaftliche Nutzung abzubilden. Die CC-Zusatzinformation lassen zukünftig sowohl Rückschlüsse auf Intensitätsparameter der Tierhaltung als auch erste Auskünfte über die räumliche Verteilung von Landschaftselementen zu.

Potentiale und Anwendungsfelder des InVeKoS mit Biodiversitätsbezug

Vorwegzunehmen ist, dass die Nutzbarkeit der InVeKoS-Daten über den eigentlichen Verwendungszweck der verwaltungsmäßigen Abwicklung von Direktzahlungen hinaus bisher auf im Rahmen der nach EU-Recht durchzuführenden Evaluierung der Entwicklungspläne des ländlichen Raumes sowie auf agrarstatistische Zwecke beschränkt ist. Die Ausschöpfung der im folgenden aufgezeigten Möglichkeiten und Potentiale setzt die Freigabe der Daten für z. B. wissenschaftliche Zwecke oder anderweitige (Umwelt-) Berichtspflichten voraus.

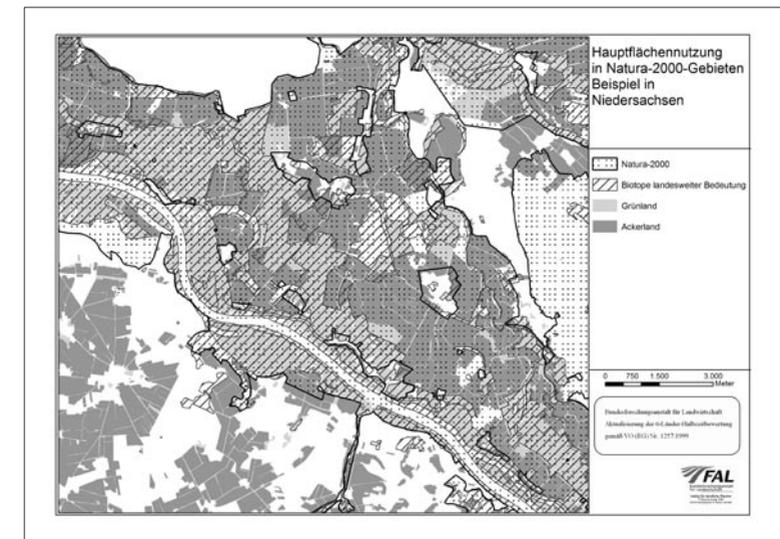
a) Potentiale des Flächennachweises durch GIS-Anbindung

Das seit 2005 EU-weit obligat einzusetzende InVeKoS-GIS ersetzt die Identifizierung der landwirtschaftlich genutzten Flächen nach Katasterbezeichnung durch Raumkoordinaten. Der räumliche Differenzierungsgrad des InVeKoS-GIS ist in den deutschen Bundesländern

unterschiedlich. Einige Länder arbeiten mit dem Bezugssystem der Feldblöcke, andere differenzieren bis auf Ebene der Schläge (Flächen gleicher Kulturarten) oder der Flurstücke. Im Flächennachweis werden alle zu einem Betrieb gehörigen landwirtschaftlichen Flächen unter Angabe von Raumdaten, ihrer Größe und ihrer Nutzung vom Landwirt gelistet. Während die übergeordneten Kulturartengruppen wie Getreide, Öl- und Eiweißpflanzen, Ackerfutter, Grünland, Hackfrüchte, Gemüse und sonstige Handelsgewächse, mehrjährige Kulturen und Dauerkulturen, Stilllegungen (mit/ohne Nachwachsende Rohstoffe, Stilllegungen nach diversen Förderprogrammen), sowie die Kategorie der sonstigen Fläche vorgegeben sind, variiert der Differenzierungsgrad der Nutzung innerhalb der Kulturartengruppen zwischen den Bundesländern. Insgesamt weist die Bundesliste mehr als 100 Nutzungscodes auf. Beispiele für den unterschiedlichen Differenzierungsgrad, die für Fragen des Naturschutzes und der Biodiversität von hohem Interesse sind, lassen sich am Beispiel Niedersachsens darstellen. In der Kategorie sonstige Flächen werden u. a. folgende Nutzungen abgebildet: Biotope mit/ohne landwirtschaftliche Nutzung, Grünland ohne landwirtschaftliche Nutzung, unkultivierte Moor- und Heideflächen sowie Öd- und Geringstland. In der Kategorie Dauergrünland wird zwischen Wiesen, Weiden, Hutungen, Magerrasen und montane Wiesen unterschieden, während andere Bundesländer nur die drei erstgenannten Grünlandkategorien ausweisen. Für alle Bundesländer gilt jedoch zusammenfassend, dass auf Basis des GIS gestützten Flächennutzungsnachweises ein deutlich differenziertes Bild der räumlichen Flächennutzung in Deutschland gewonnen werden kann als mit allen sonstigen Datenquellen.

Die Vorteilhaftigkeit des InVeKoS mit integrierter GIS-Funktionalität für Auswertungen der landwirtschaftlichen Flächennutzung im Kontext der Ressourcennutzung liegt dem zur Folge auf der Hand. Während in der Vergangenheit nur über Hilfskonstruktionen ein Raumlage-Bezug der Flächen hergestellt werden konnte, da die Katasterangaben u. a. Kodierung für Verwaltungseinheiten wie Bundesland, Landkreis und Gemeinde enthalten, können die geo-referenzierten Flächenangaben jetzt direkt mit geo-referenzierten Umweltdaten und Gebietskulissen, wie z. B. Natura-2000-, Wasserschutz- und Naturschutzgebieten oder Erosionsgefährdungslagen verknüpft werden. Außer über den Weg der noch zu unscharfen Fernerkundung sind flächendeckende Auswertungen dieser Art bislang nicht möglich gewesen oder erforderten einen extremen Erfassungsaufwand.

Die Karte 1 zeigt am Beispiel von Niedersachsen eine Verschneidung der Natura-2000-Gebietskulisse mit den Flächennutzungsdaten des InVeKoS des Jahres 2005. Zur Erhaltung der Übersichtlichkeit wird lediglich nach den Nutzungsformen Dauergrünland und Ackerfläche unterschieden. Mit dieser Verschneidungsmethodik konnte für Niedersachsen erstmalig die potentielle Förderfläche für den Grünlanderhalt innerhalb der Natura-2000-Kulisse präzisiert werden, ein wichtiges Instrumentarium, um den monetären Bedarf für flächengebundene Fördermaßnahmen abzuschätzen.



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von InVeKoS (2005) und Daten des BfN (2005)

Karte 1: Überlagerung von InVeKoS-GIS-Daten mit naturschutzrelevanten Gebietskulissen
Map 1: Overlay of InVeKoS-GIS-Data with target zones relating to nature conservation

In Ergänzung zur Karte 1 wird in der Tabelle 1 die landwirtschaftliche Flächennutzung Niedersachsens mit der der Natura-2000-Gebiete verglichen. Erkennbar ist, dass die eher seltenen, extensiven Nutzungsformen des Grünlands durch die Natura-2000-Gebiete im erheblichem Umfang abgedeckt sind.

Tab. 1 Landwirtschaftliche Flächennutzung und Grünlandtypen in Natura-2000-Gebieten Niedersachsens

Tab. 1 Agricultural land use and grassland types in Nature 2000 areas of Lower Saxony

Flächennutzung	Niedersachsen		Fläche in Natura-2000-Gebieten			
	gesamt				davon mit Agrarumweltmaßnahmen	
	ha		ha	%	ha	%
Landwirtschaftlich genutzte Fläche	2.664.343		158.289	5,9	54.914	34,7
Ackerland gesamt	1.901.004		51.205	2,7	7.179	14,0
Grünland gesamt	757.389		106.760	14,1	47.510	44,5
Wiesen	59.398		10.115	17,0	3.298	32,6
Mähweiden	637.731		79.679	12,5	32.839	41,2
Weiden und Almen	44.652		6.955	15,6	3.074	44,2
Hutungen	4.308		2.020	46,9	1.109	54,9
Alle (anderen) Dauergrünlandnutzungen	1.131		180	15,9	66	37,0
beweidete Sandheiden	5.703		5.341	93,7	4.971	93,1
beweidete Moorheiden	2.064		1.765	85,5	1.655	93,8
beweideter Magerrasen	882		539	61,2	467	86,7
beweidete montane Wiesen	50		9	18,6	9	100,0
gemähter Magerrasen	70		14	20,4	1	6,2
Streuobstfläche mit Grünlandnutzung	539		34	6,3	14	41,3
Dauergrünland aus der Erzeugung genommen	860		109	12,7	6	5,5
Ackerland aus der Erzeugung genommen	10.793		472	4,4	0	5,1

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von InVeKoS (2005)

b) Potentiale durch zusätzliche Erfassungsdaten

Ebenfalls seit 2005 ist die Auszahlung von Zahlungsansprüchen an die Einhaltung grundlegender Anforderungen, den so genannten

Cross-Compliance-Standards gebunden. Diese setzen sich aus den im Annex III und IV der VO (EG) Nr. 1782/2003 spezifizierten Anforderung zusammen: a) den Grundanforderungen an die Betriebsführung und b) den Standards zur Erhaltung landwirtschaftlicher Flächen in einem „guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand“. Der Annex III umfasst EU-Richtlinien und Verordnungen aus den Bereichen Futtermittel- und Lebensmittelsicherheit, Tiergesundheit und Tierschutz. Der Annex IV definiert Anforderungen zum Bodenschutz, zur Instandhaltung von aus der Produktion genommenen Flächen und zur Erhaltung von Landschaftselementen ab einer bestimmten Größe sowie zum Erhalt von Grünland.

Die Einhaltung der CC-Standards wird ebenso wie der Flächennachweis jährlich anhand von Kennziffern erhoben. Dies sind bspw. Angaben zum durchschnittlichen jährlichen Tierbestand, zur Ausbringung von Klärschlamm sowie die Nennung von Landschaftselementen (Baumreihen und Solitärbäume, Knicks, Feuchtbiotope, Feldgehölze u. a.) an und auf landwirtschaftlichen Flächen. Einschränkend ist anzumerken, dass die Erhebungsdaten 2005 der *Cross-Compliance*-relevanten Strukturelemente (noch) nicht in allen Bundesländern valide sind. Dies begründet sich u. a. darin, dass die Erfassung aufgrund technischer Grenzen unzureichend war bzw. die Angaben der Landwirte nur eingeschränkt den Plausibilitätsprüfungen standhalten.

Gleiches gilt – wenn auch in abgeschwächter Tendenz – für die Angaben zur Tierhaltung. Es kann jedoch mit deutlichen Verbesserungen in den nächsten Jahren gerechnet werden.

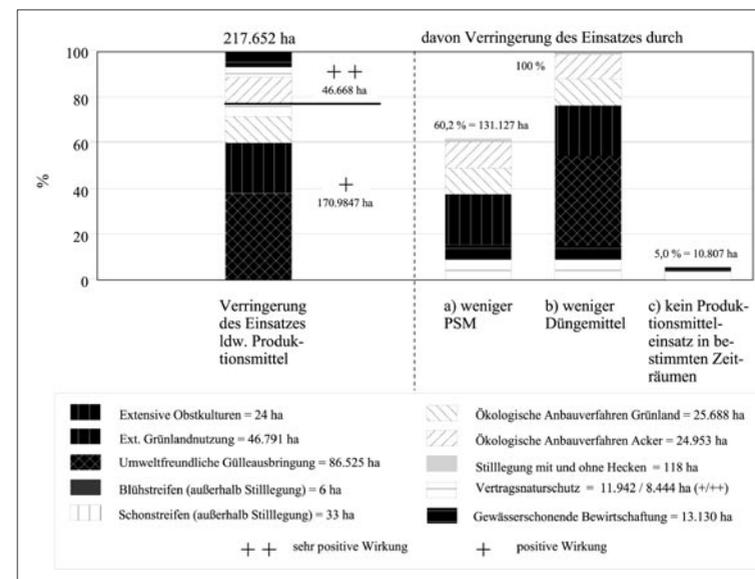
Dann sind bspw. die geo-referenzierten Angaben zu den Landschaftselementen geeignet, um deren Verteilung in agrarisch geprägten Gebieten abzubilden, wobei Aussagen zum Pflegezustand der Landschaftselemente ohne Zusatzinformationen nicht zulässig sind. Mit validen und ausreichend differenzierten Tierbestandszahlen kann zukünftig die Tierbesatzdichte als zusätzlicher Intensitätsparameter an die Flächennutzung gekoppelt und analysiert werden.

Agrarumweltmaßnahmen und ihre Erfassung in Flächennutzungsnachweisen

Seit dem Jahr 2000 bilden die freiwilligen Agrarumweltmaßnahmen einen Bestandteil des Förderkanons der Förderung der Entwicklung des ländlichen Raums, der sogenannten zweiten Säule der gemeinsamen europäischen Agrarpolitik. Sie unterliegen in Teilen den Kontrollmechanismen des InVeKoS und werden i. d. R. in Flächennachweissystemen verwaltet, soweit es sich um flächengebundene Maßnahmen handelt. In einigen Bundesländern geschieht dies in direkter Anbindung an die Verwaltungssysteme des Flächennachweises der oben beschriebenen Direktzahlungen.

Unter Nutzung dieser Datenquellen lassen sich die Aussagen zur Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Flächen weiter differenzieren und Parameter zur Bewirtschaftungsintensität ableiten. Wie die Abbildung 1 beispielhaft zeigt, kann entsprechend der Auflagen der Agrarumweltmaßnahmen und ihrer Akzeptanz der Flächenumfang ermittelt werden, auf dem bspw. keine chemisch-synthetischen Produktionsmittel eingesetzt werden.

Neben der summarischen Aggregation ist der direkte GIS-gestützte Flächenabgleich der Agrarumweltmaßnahmenflächen mit digitalen Biotopkartierungen geeignet, um z. B. die Unterstützung von Fördermaßnahmen bei der Erhaltung und Pflege naturschutzfachlich relevanter Biotoptypen zu verfolgen. Über ähnliche raumbezogene Analysen lässt sich die Funktion von Förderflächen in Vernetzungskorridoren oder deren Pufferwirkung für empfindliche Habitate bestimmen. Umgekehrt kann die Sinnhaftigkeit der Gebietsabgrenzungen von Förderkulissen überprüft werden.



Quelle: Reiter et al. (2005)

Abb. 1 Bewertung der Agrarumweltmaßnahmen in Niedersachsen: Verringerung des Einsatzes landwirtschaftlicher Produktionsmittel zum Vorteil von Flora und Fauna
 Fig. 1 Assessment of agri-environmental measures in Lower Saxony: reduction of agricultural inputs benefiting flora and fauna

Die Bewertung der Förderung zur Entwicklung des ländlichen Raums anhand von Biodiversitätsaspekten mit Hilfe des InVeKoS

Im Zuge der Implementierung der zweiten Säule hat die Kommission im Jahr 2000 erstmalig ein verbindliches Bewertungsraster zur Beurteilung der Förderung und Entwicklung des ländlichen Raums vorgelegt (EU-KOM, 2000), welches sich für den ab 2007 beginnenden Förderzeitraum in Überarbeitung befindet. Übergeordnetes Kriterium des Bewertungsrasters ist es, neben Beschäftigungs-, Wohlfahrts- und Verteilungswirkungen der Förderung deren Beitrag zum Ressourcenschutz herzuleiten.

Letztlich soll anhand der Ressourcenschutzwirkung der Förderung für den ländlichen Raum nachgewiesen werden, inwieweit die zweite Säule Politik einen Beitrag zur Erreichung übergeordneter umweltpolitischer Ziele leistet, wie bspw. dem Kyoto-Protokoll, der Wasserrahmenrichtlinie und der Biodiversitätskonvention.

Das jetzige Bewertungsraster erhebt Biodiversitätsaspekte mittels eines relativ umfassenden, aber z. T. inkohärenten Indikatorensets, das der klassischen Einteilung nach Ökosysteme-/Landschafts-/Biotopdiversität, Artenvielfalt und genetischer Diversität folgt. Defizite bestehen dahingehend, dass vielfach mit Indikatoren gearbeitet wird, die die Wirkung der Förderung auf die unterschiedlichen Facetten der Biodiversität nur sehr indirekt abbilden. Der überarbeitete Indikatorenkatalog des neuen Förderzeitraums ist auf wenige Kernindikatoren reduziert worden und soll stärker als in der Vergangenheit die Langfristentwicklung und den Nettobeitrag der Förderung aufzeigen. Nach längerem Diskussionsprozess zwischen Kommission und Mitgliedstaaten bilden die zukünftigen Indikatoren für den Bereich Biodiversität einen Konsens, als Beispiel sei der *Farmland-Bird*-Indikator aufgeführt. Die Kommission hält es jedoch für wünschenswert, dass in Abhängig von regionsspezifischen Besonderheiten weitere, über den Bewertungsrahmen hinausgehende Indikatoren erhoben werden.

Der Konsens spiegelt letztlich die Pole der auch national geführten Diskussion zur Biodiversitätsmessung wider: einerseits besteht der Anspruch auf ein umfassendes, fachlich fundiertes Monitoring, dem andererseits bei angespannten Finanzlage der öffentlichen Hand die Budgetrestriktion gegenüber steht, die wiederum einher geht mit der Forderung nach hoch aggregierten, aussagekräftigen und kostengünstig zu erfassenden Biodiversitätsindikatoren.

Dem zur Folge stellt sich die Frage, inwieweit zur Quadratur des Kreises die Nutzung des InVeKoS-GIS beitragen kann? Dazu seien die oben ausgeführten Potentiale des InVeKoS-GIS nochmals zusammengefasst.

- Der geo-referenzierte Flächennutzungsnachweis bildet die Flächennutzung von mehr als 95 % der landwirtschaftlichen Fläche kulturartengenau ab. Der Raumbezug variiert in den Bundesländern zwischen Feldblock, Flurstück oder Schlag.

- Verschneidungen des Flächennachweises mit geo-referenzierten Biotopkartierungen sind geeignet, die Flächennutzung in landwirtschaftlich geprägten Ökosystemen zu dokumentieren.
- Die Erfassung *Cross-Compliance*-relevanter Landschaftselemente bietet die Option zur Ermittlung von Strukturindices, um somit die Bewertung von Vernetzungs- und Habitatfunktionen der Agrarlandschaft zu verbessern.
- Die jährliche Erfassung der InVeKoS-Daten eröffnet die Möglichkeit, Änderungen im Zeitablauf zu dokumentieren.
- Der Ursprung der InVeKoS-Datensätze ist die verwaltungsmäßige Abwicklung der Direktzahlungen an die Landwirtschaft. Dieses System wird in seiner bestehenden Form genutzt, es entstehen keine zusätzliche Kosten für die Datenerfassung.

Aus dem Gesagten lassen sich drei grundsätzliche Nutzungsbereiche in Bezug auf Biodiversitätsparameter ableiten:

Erstens direkt ableitbare Angaben, wie z. B. Kulturartenvielfalt, Verteilung von Landschaftselementen im Raum, Identifizierung von Gebieten mit hohen Anteilen von Intensivkulturen, Nachwachsenden Rohstoffen, Flächen, die aus der landwirtschaftlichen Produktion genommen worden sind, oder andere aus Naturschutzsicht relevante Flächennutzungskategorien.

Gleichzeitig können zweitens die gewonnenen Parameter auch als „Frühwarn-System“ verwandt werden, da sich Änderungen der landwirtschaftlichen Flächennutzung direkt auf die Biodiversität auswirken. Vertiefend lassen sich aus den Parametern die Wirkungen der landwirtschaftlichen Produktion auf die Artenpopulationen der Agrarlandschaft noch genauer abschätzen, wenn eine Verknüpfung mit ergänzenden Datenbanken hergestellt wird. Wendet man z. B. die von Wetterich und Köpke (2003) vorgeschlagene Methodik an, so können insbesondere mittels Daten zu Standortfaktoren, Produktionsweisen und Nutzungsintensitäten genauere und regional differenzierte Abschätzungen des Indikators „Habitateignung der bewirtschafteten Fläche“ vorgenommen werden.

Die dritte Nutzungsmöglichkeit besteht darin, Synergien zwischen dem fachlichen Biodiversitätsmonitoring und den Datenquellen des InVeKoS-GIS herzustellen.

Da die Monitoringprogramme i. d. R. als Flächenstichproben konzipiert sind, ist mit den entsprechenden Fachleuten abzustimmen, inwieweit die Kartiererergebnisse – ggf. auch nur unter Einschränkungen – mit Hilfe der im InVeKoS repräsentierten Parameter hochgerechnet werden können. Plausible Hochrechnungsverfahren setzen aber voraus, dass in lokalen Fallstudien und Analysen – wie z.B. in Österreich für Vögel der Agrarlandschaft durchgeführt (Frühauf und Bieringer, 2003) – der Zusammenhang zwischen den aus InVeKoS abgeleiteten Parametern und den Artenvorkommen möglichst quantitativ ermittelt wird.

Ausblick

Die aufgezeigten Potentiale des InVeKoS-GIS bieten eine Reihe von Anknüpfungspunkten für neue Einsatzfelder und Forschungsansätze. Die Nutzung der InVeKoS-Daten für Evaluierungszwecke ist ein noch sehr junger Ansatz. Für Fragenstellungen der Ressourcennutzung konnten die Autoren innerhalb des Projektes zur Evaluierung der Entwicklungspläne für den Ländlichen Raum von sechs Bundesländern/ Teilprojekt Agrarumweltmaßnahmen umfangreiche Erfahrungen im Umgang mit den InVeKoS-Daten sammeln. Diese umfassen jedoch erst in Ansätzen die aufgeführten Potentiale der geo-referenzierten InVeKoS-Datensätze, da das Teilprojekt weder unter zeitlichen noch unter finanziellen Erwägungen dies zulässt.

Stattdessen bestehen im Institut für ländliche Räume der FAL Vorüberlegungen für ein Modellvorhaben mit dem Ziel, die dargestellten Potentiale des InVeKoS-GIS zu nutzen, und auf ihre Praxisrelevanz zu prüfen, dies unter Nutzung der Evaluationserfahrungen der Vergangenheit. Wie bereits ausgeführt, ist die Nutzung der InVeKoS-Daten stark reglementiert. Die Einhaltung der hohen Datenschutz- und Datensicherheitsregeln konnten bereits in den laufenden Evaluierungsprojekten nachgewiesen werden. Neben der Finanzierung des Modellprojektes wird es Aufgabe des nächsten Jahres sein, Bundesländer als Kooperationspartner zu gewinnen, die ihre InVeKoS-Daten für ein entsprechendes Modellvorhaben zur Verfügung stellen.

Literatur

BML, Bundesministerium für Ernährung Landwirtschaft und Forsten (2005): Meilensteine der Agrarpolitik.

EU-KOM, Kommission der Europäischen Gemeinschaften (2000): Gemeinsame Bewertungsfragen mit Kriterien und Indikatoren - Bewertung von Programmen zur Entwicklung des ländlichen Raums, die von 2000 bis 2006 durchgeführt und durch den Europäischen Ausrichtungs- und Garantiefonds gefördert werden (Dokument VI/12004/00 Endg.). Brüssel.

Frühauf, J. & Bieringer, G. (2003): Der Einfluss von ÖPUL 2000 auf die winterliche Raumnutzung von Greifvögeln und anderen Vogelarten in der Ackerbauregion Ostösterreichs. Wien.

Reiter, K.; Roggendorf, W.; Runge, T.; Schnaut, G.; Horlitz, T. & Leiner, C. (2005): Aktualisierung der Halbzeitbewertung von PROLAND NIEDERSACHSEN Programm zur Entwicklung der Landwirtschaft und des ländlichen Raumes, Materialband zu Kapitel 6, Agrarumweltmaßnahmen - Kapitel VI der VO (EG) Nr. 1257/1999. Braunschweig, Hannover.

Wetterich, F. & Köpke, U. (2003): Indikatoren für ein nationales Monitoring der Umwelteffekte landwirtschaftlicher Produktion - Testphase - Band 2: Biologische Vielfalt und Landschaftsästhetik. Berlin.

„High Nature Value (HNV) farmland“ als Indikator zur Begleitung und Bewertung der ELER-Verordnung

„High Nature Value (HNV) farmland“ as an indicator for monitoring and evaluation of EAFRD

Bernhard Osterburg

Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL),
Institut für Ländliche Räume, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig,
bernhard.osterburg@fal.de

Zusammenfassung

In diesem Beitrag wird der Indikator „*High Nature Value (HNV) farmland*“ vorgestellt, der die Beziehung zwischen Biodiversität und extensiver Landwirtschaft sichtbar machen soll. Dieser Indikator wird künftig für die Begleitung und Bewertung der ländlichen Entwicklungsprogramme verwendet. Die bisher entwickelten Potentialabschätzungen für den Naturschutzwert auf Grundlage von Bodenbedeckungskarten oder Testbetriebsdaten fallen sehr grob aus und sollten unter Nutzung weiterer, flächenbezogener Fachdaten weiterentwickelt und verbessert werden.

Abstract

In this paper the indicator “High Nature Value (HNV) farmland” is presented, which shall illustrate the linkage between biodiversity and extensive farming. This indicator will be used for monitoring and evaluation of rural development programmes. The methods developed so far to assess high nature value on the basis of land cover maps or farm accountancy data are delivering a rather blunt picture and should be further developed and improved using other area-related monitoring data.

Definitionen für „High Nature Value“ Landwirtschaftsflächen und Landwirtschaftsbetriebe

Die Definition von „*High Nature Value*“ Landwirtschaftsflächen und Landwirtschaftsbetrieben geht auf die von der Europäischen Kommission vorangetriebene und durch die Europäische Umweltagentur (EEA) getragene Diskussion zur Entwicklung von Umweltindikatoren zurück. Der Indikator wurde neben dem „Vogel-“ und dem „Schmetterlings-“ Indikatoren für die Biodiversität in der Agrarlandschaft vorgeschlagen. Zur Entwicklung dieses Indikators für die Biodiversität in Agrarlandschaften haben vor allem EU-Projekte, z. B. das IRENA-Projekt der Europäischen Umweltagentur (*European Environmental Agency*, 2005) sowie ein spezielles Projekt zur Weiterentwicklung dieses Indikators beigetragen (Andersen, 2003). Der HNV-Indikator soll die Beziehung zwischen extensiver und traditioneller Landwirtschaft und der Vielfalt frei lebenden Tier- und Pflanzenarten sichtbar machen (*European Environmental Agency*, 2005). Dabei wird zwischen drei Typen unterschieden:

1. Landwirtschaftsfläche mit einem hohen Anteil an halbnatürlicher Vegetation
2. Landwirtschaftsfläche mit geringer Nutzungsintensität oder einem Mosaik von halbnatürlichen und genutzten Flächen sowie Landschaftselementen
3. Landwirtschaftsfläche, auf der bedrohte Arten vorkommen oder die bedeutend für europäische Vorkommen oder die Weltpopulation von bestimmten Arten sind

Für die ersten zwei HNV-Typen müssten eigentlich detaillierte Biotopkartierung herangezogen werden. Eine erste Abschätzung der Flächenumfänge und Betriebe wurde allerdings im Forschungsprojekt von Andersen (2003) auf Basis EU-weit verfügbarer kartographischer Informationen zur Bodenbedeckung (*Corine Landcover*) und einzelbetrieblichen Daten (*Farm Accountancy Data Network* der EU - FADN, Testbetriebsnetz der EU) vorgenommen. Die dabei verwendeten Methoden sollen in den folgenden Abschnitten kritisch beleuchtet werden. Beim dritten Ansatz handelt es sich um eine Verschneidung von Informationen zur Flächennutzung („landwirtschaftliche Nutzung“, ggf. differenziert nach Nutzungsart und Intensität) mit Fachdaten des Naturschutzes zum Vorkommen von wildlebenden Arten.

Auch die auf Grundlage von Artenvorkommen festgelegten Schutzgebietsabgrenzungen für das Natura-2000-Netzwerk können für diesen Bereich herangezogen werden, soweit die agrarische Nutzung eine Rolle spielt. Die GIS- und Betriebsdaten-gestützten Ansätze stellen dagegen eine expertengestützte Potentialabschätzung für den Naturschutzwert dar, die ohne naturschutzfachliche Daten vorgenommen wird.

Im Bewertungsraster der EEA wird die Politikrelevanz sowie die hohe Aussagekraft und gute Interpretierbarkeit des HNV-Indikator herausgestellt. Insgesamt wurde dem HNV-Indikator im IRENA-Bericht im vergleichenden Ranking eine gute potentielle Nutzbarkeit bescheinigt (*European Environmental Agency, 2005*). Als Nachteile werden die langsame Reaktion auf ökologische, ökonomische und politische Veränderungen, die eingeschränkte Zeitreihenfähigkeit und der Aufwand der Datenaufbereitung genannt. Zahlenangaben zum Indikator wurden bisher nur als klassierte Werte auf Ebene der EU-Mitgliedstaaten ausgewiesen. Entwicklungstrends lassen sich auf der bisher eingesetzten Datenbasis nicht oder nur in großen Zeitabständen abbilden. Nach bisherigen Analysen liegen Schwerpunkte für HNV-Flächen im Mittelmeerraum, in Großbritannien und Irland sowie Teilen Skandinaviens. Insgesamt wird geschätzt, dass HNV-Land in der EU-15 einen Anteil von ca. 15-25 % an der landwirtschaftlich genutzten Fläche einnimmt. Dabei handelt es sich vor allem um extensive Futterbaubetriebe mit Weidehaltung von Rindern, Schafen und Ziegen. Deutschland liegt mit ca. 0,5 Mio. ha HNV-Land bzw. 1-10 % an der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche (LF) in der untersten Klasse (*European Union, 2006*).

Nicht nur durch die Aufnahme in die Liste der EU-Agrarumweltindikatoren hat der HNV-Indikator an Relevanz gewonnen. Der Indikator wird auch im Zusammenhang mit dem Ziel der Reduzierung bzw. des Stops der Biodiversitätsverluste bis zum Jahr 2010 genannt. Dieses Ziel wird in der Internationalen Biodiversitätskonvention, in der Kiew Resolution sowie im 6. Umweltaktionsprogramm der EU genannt. In der Kiew Resolution der UN/ECE im Jahr 2003 haben die europäischen Umweltminister Ziele zur Erfassung HNV-Flächen und zur gezielten Unterstützung von HNV-Landwirtschaftsbetrieben durch Agrarumweltprogramme und die Förderung des Ökologischen Landbaus beschlossen (UN/ECE, 2003). Auch im aktuellen europäischen Diskussionsprozess „SEBI2010“ (*Streamlining European 2010 Biodiversity*

Indicators) wird der HNV-Indikator aufgegriffen. Auch die Notwendigkeit einer gezielteren „HNV-Förderung“ unter Einsatz von EU-Fördermitteln spielt in der Debatte eine zunehmende Rolle (UNEP / *Council of Europe, 2006*).

Verwendung als Basis-Indikator zur Begleitung und Bewertung der ELER

Vor diesem Hintergrund wurde der HNV-Ansatz als Basisindikator für die Begleitung und Bewertung der ländlichen Entwicklungsprogramme vorgeschlagen, die ab dem Jahr 2007 nach Verordnung (EG) 1698/2005 über die Förderung der Entwicklung des ländlichen Raums durch den Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER) umgesetzt werden. Für Schwerpunkt („Achse“) 2 „Verbesserung der Umwelt und der Landschaft“, für die der HNV-Indikator relevant ist, wird in den Strategischen Leitlinien der Gemeinschaft neben Wasser und Klimawandel der folgende Schwerpunkt genannt: Biologische Vielfalt sowie die Erhaltung und Entwicklung land- und forstwirtschaftlicher Systeme von hohem Naturschutzwert und traditioneller landwirtschaftlicher Landschaften. Der HNV-Indikator wurde als ein zielbezogener Kontextindikator und als Ergebnisindikator festgelegt. Das bedeutet, dass die Wirksamkeit von Fördermaßnahmen der 2. Achse anhand des Zustands und der künftigen Entwicklung von HNV-Flächen und -Betrieben gemessen werden soll. Neben dem HNV-Indikator werden im „*Common Monitoring and Evaluation Framework (CMEF)*“ noch andere Biodiversitäts-bezogene Indikatoren genannt. Als Kontextindikatoren, die zur Beschreibung der Rahmenbedingungen dienen, sind der Anteil extensiver Landwirtschaft an der LF (Ackerflächen mit Getreideerträgen je Hektar unter 60 % des EU27-Durchschnitts, Grünlandflächen mit unter 1 Großvieheinheit je Hektar Futterfläche) sowie der Anteil von Natura2000 an der Gesamt- und der Landwirtschaftsfläche. Als zweiter zielbezogener Kontext- und Ergebnisindikator wurde ein Vogelindikator mit 19 Arten festgelegt. Ähnlich wie beim HNV-Indikator liegt Deutschland auch bei diesen Indikatoren deutlich unterhalb des EU-Durchschnitts, was einerseits auf eine intensivere landwirtschaftliche Flächennutzung hinweist und andererseits mit der stärker auf Wälder und Feuchtgebiete konzentrierten Ausweisung der Natura2000-Gebiete zusammenhängt.

Während der Vogelindikator einen EU-weiten Rückgang der Populationen gegenüber dem Jahr 2000 von 4% ausweist, liegt der Rückgang in Deutschland bei 14% (*European Union*, 2006).

Ansätze zur Quantifizierung des HNV-Indikators

Europaweit kommen bisher keine naturschutzfachlichen Daten für die Quantifizierung der HNV-Flächen zum Einsatz. Die Festlegung des HNV-Indikators für Monitoring und Evaluierung von Maßnahmen der Achse 2 der ELER-Verordnung birgt vor dem Hintergrund, dass bisher nur recht grobe Schätzungen auf Mitgliedstaatenebene vorliegen, einigen Zündstoff. Daher sollen im Folgenden Möglichkeiten und Grenzen der bisher verwendeten, oben genannten, GIS- und Betriebsdaten-basierten Abschätzungsmethoden analysiert werden. Anschließend wird ein Ausblick bezüglich künftiger Entwicklungsarbeiten gegeben.

Quantifizierung mit Hilfe von Daten zur Bodenbedeckung (GIS)

Der zur Zeit verwendete Quantifizierungsansatz wurde in einem Projekt der EEA entwickelt und baut auf der Bodenbedeckungsinformation von CorineLandcover (CLC) auf. Ergänzend dazu werden auch Betriebsdaten analysiert (Andersen, 2003). CLC-Daten liegen EU-weit für die Jahre 1990 und 2000 vor. Die Bodenbedeckung wurde auf nationaler Ebene analysiert, in erster Linie auf Grundlage von satellitengestützten Fernerkundungsdaten, und in 100x100 m Raster ausgewiesen. Die Zuordnung in 50 Klassen findet nach dem Dominanzprinzip statt, d. h. dass kleinflächigere Bodenbedeckungen der jeweils dominanten zugeordnet werden. Daher sind Landschaftselemente in CLC nicht darstellbar. Für kleinteilige Landnutzungsmuster gibt es allerdings eigene Klassen (*complex cultivation patterns, land principally occupied by agriculture, agro-forestry areas*). CLC als Datenbasis hat auf EU-Ebene den großen Vorteil, dass sie als weitgehend vereinheitlichte Datenbasis EU-weit vorliegt.

Bodenbedeckungskennungen, die für landwirtschaftlich genutzte oder gepflegte Offenlandbiotop stehen, werden auf Grundlage normativer Experteneinschätzungen einer minimalen und maximalen Gruppe von Bodenbedeckungsklassen zugeordnet, die HNV-Flächen repräsentieren. Dabei werden unterschiedliche Klimaräume in Europa unterschieden. In Deutschland dominieren die atlantischen und kontinentalen Klimagebiete (*atlantic north, atlantic central, continental*). Genutzt wird derzeit die minimale, also konservativere Potentialschätzung. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die minimalen und maximalen Zuordnungen für Deutschland.

Eine Schwachstelle des CLC-basierten Ansatzes ist die simple Zuordnung ganzer Bodenbedeckungs- bzw. Landnutzungsklassen zum HNV-Land. So ist die Einordnung aller Obstkulturen in die maximale HNV-Fläche fachlich zu hinterfragen, da die Obstproduktion in Deutschland meist mit hohem Pflanzenschutzmitteleinsatz erfolgt. Ein von den Größenordnungen her noch gravierenderes Problem tritt beim Grünland (*pastures*) auf, das in unterschiedlichsten Ausprägungen von extensiv bis sehr intensiv bewirtschaftet werden kann. Die Beschränkung auf die minimalen Zuordnung kann dieses Problem allerdings nicht lösen, da dann artenreiche Grünlandstandorte komplett aus der HNV-Kulisse fallen. Vor diesem Hintergrund ist für Deutschland mit einer Unterschätzung der HNV-Flächen zu rechnen. Kleinräumige, für die Biodiversität wichtige Landnutzungen oder Strukturen werden in den groben Rasterdaten der Bodenbedeckungskarten nicht sichtbar. Nur großräumige Nutzungsstrukturen und im gesamten Betrieb extensiv geführte Landnutzungen können abgebildet werden.

Tab. 1 Bodenbedeckungsklassen mit einer Zuordnung zu „High Nature Value“-Land für Klimagebiete Deutschlands (minimale, maximale Gruppe)

Tab. 1 Land cover classes assigned to HNV land for climate regions in Germany (minimum and maximum)

Corine Landcover - Bodenbedeckungsklasse	Class-no.	Atlantic North	Atlantic Central	Continental	Pannonian	Alpine South
Vineyards	221	-	-	-	MAX	-
Fruit trees and berry plantations	222	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX
Pastures	231	MAX	MAX	MAX	MAX & MIN	MAX & MIN
Annual crops associated with permanent crops	241	-	-	MAX	-	MAX
Complex cultivation patterns	242	MAX	MAX	MAX	-	MAX
Land principally occupied by agriculture	243	MAX	MAX	MAX	MAX & MIN	MAX & MIN
Agro-forestry areas	244	-	-	-	MAX & MIN	MAX & MIN
Natural grasslands	321	MAX & MIN	MAX & MIN	MAX & MIN	MAX & MIN	MAX & MIN
Moors and heathland	322	MAX & MIN	MAX & MIN	MAX & MIN	MAX & MIN	MAX & MIN
Sclerophyllous vegetation	323	-	MAX & MIN	MAX	MAX & MIN	MAX
Transitional woodland/shrub	324	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX
Sparsely vegetated areas	333	MAX & MIN	MAX	-	MAX	MAX
Inland marshes	411	MAX & MIN	MAX & MIN	MAX & MIN	MAX & MIN	MAX & MIN
Peat bogs	412	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX
Salt marshes	421	MAX & MIN	MAX & MIN	MAX & MIN	MAX & MIN	-

Quelle: Andersen, 2003

Quantifizierung mit Hilfe von einzelbetrieblichen Daten (FADN)

Ein weiterer Ansatz von Andersen (2003) basiert auf einzelbetrieblichen Daten des EU-Testbetriebsnetzes. Dabei wird der monetäre Aufwand für die extern zugekauften Betriebsmittel Dünger, Pflanzenschutzmittel und Kraftfutter betrachtet.

Betriebe mit einem Aufwand für diese Inputs je Hektar LF von unter 40 € werden in die Minimum-Schätzung der HNV-Betriebe eingeordnet, Betriebe mit unter 80 € bzw. bei Grünlandbetrieben unter 150 € je Hektar LF werden der maximalen Gruppe zugeschlagen. In Futterbaubetrieben wird zusätzlich eine maximale Viehbesatzdichte von

1 Großvieheinheit je Hektar LF (Minimum-Schätzung) und 1,5 (Maximum-Schätzung) definiert.

Tabelle 2 zeigt Merkmale der nach Maximum-Schätzung in die HNV-Gruppe eingeordneten deutschen Testbetriebe. Nach der Maximal-Schätzung gehören etwa 13% aller erfassten Betriebe mit 10% der LF in diese Gruppe. Eine in der Tabelle nicht dargestellte Berechnung für die Minimal-Schätzung weist nur 6% aller Betriebe mit 4% der LF aus. Der in der Tabelle dargestellte Anteil der HNV-Betriebe an allen Testbetrieben zeigt, dass in HNV-Betrieben überproportional viel Grünland liegt und ein Großteil aller Mutterkühe und Schafe gehalten wird. Auch der größte Teil aller ökologisch wirtschaftender Betriebe erfüllt die verwendete die HNV-Definition. Deutlich unterdurchschnittlich fallen in den HNV-Betrieben dagegen die Ackerfläche, die Silomaisfläche, der Flächenumfang nachwachsender Rohstoffe und die Getreide-, Milch- und Schweine-

produktion aus. Die Betriebe beziehen einen überproportional hohen Anteil an Fördermitteln der 2. Säule (Ausgleichszulage, Agrarumweltförderung), weisen aber dennoch unterdurchschnittliche Gewinne aus. Daraus lässt sich schließen, dass sich die ökonomische Stabilität dieser Betriebe schlechter darstellt als im Agrarsektor insgesamt. In Tabelle 3 wird gezeigt, dass es sich bei HNV-Betrieben vor allem um Futterbaubetriebe und in zweiter Linie auch um Marktfruchtbetriebe handelt (vgl. Spalte „Anteil der jeweiligen Betriebsform an allen HNV-MAX-Betrieben“).

Der Anteil von ökologisch wirtschaftenden Betrieben liegt vor allem bei Gemischt- und Marktfruchtbetrieben sehr hoch.

Wie deutlich wird, ermöglicht die Analyse von einzelbetrieblichen Daten Einblicke in die Strukturen und ökonomische Merkmale von Betrieben, die für den Naturschutz eine besonders wichtige Rolle spielen. Allerdings leidet auch der Betriebsdaten-gestützte Ansatz an Aggregationsproblemen, wodurch die abzubildende Wertigkeit von Flächen und Betrieben für die Erhaltung der Biodiversität nur eingeschränkt sichtbar gemacht werden kann. Eine Naturschutz-konforme Bewirtschaftung auf bestimmten Flächen ist in Betriebsdatensätzen nicht ohne weiteres erkennbar, etwa die extensive Weidehaltung von Aufzuchtfernen in ansonsten intensiv wirtschaftenden Milchviehbetrieben.

Tab. 2 Anteile der „High Nature Value“ Landwirtschaftsbetriebe an allen Testbetrieben in Deutschland (nach Maximum-Schätzung, hochgerechnete Daten)

Tab. 2 Share of HNV farms as percentage of all farms (maximum estimate, extrapolated figures)

Betriebszahl	13%	Vieheinheiten (GVE)	10%
Ökobetriebe (Anzahl)	67%	Rinder-GVE	12%
Arbeitskräfte (AK-Einheiten)	10%	Milchproduktion (t)	5%
Landwirtschaftliche Nutzfläche (ha)	10%	Mutterkühe (Stück)	58%
Ackerland (ha)	6%	Schafe (Stück)	64%
Grünland (ha)	24%	Schweine-GVE	0,50%
Silomais (ha)	4%	Gewinn (Euro)	7%
Stillegung&Brache (ha)	10%	alle Subventionen (Euro)	11%
Nachwachsende Rohstoffe (ha)	1%	Direktzahlungen (Euro)	7%
Getreideproduktion (t)	4%	Ausgleichszulage (Euro)	26%
Aufwand für Dünger, Pflanzenschutzmittel, Kraftfuttermittel (Euro)	1%	Agrarumweltprämien (Euro)	28%

Quelle: Eigene Berechnungen auf Grundlage von Testbetriebsnetzdaten des Jahres 2002/2003

Tab. 3 Anteile der „High Nature Value“ Landwirtschaftsbetriebe an allen Testbetrieben der jeweiligen Betriebsform

Tab. 3 Share of HNV farms as percentage of all farms of the respective farm type

	HNV-MIN	HNV-MAX	Anteil der jeweiligen Betriebsform an allen HNV-MAX-Betrieben	Anteil Ökobetriebe an HNV-MAX-Betrieben
Dauerkultur	0%	5%	4%	13%
Futterbau	5%	14%	65%	21%
Gemischt	4%	7%	8%	40%
Marktfrucht	4%	7%	21%	40%
Sonstige	6%	7%	2%	17%
Veredlung	0%	0%	0%	-

MIN: Minimum-Schätzung, MAX: Maximum-Schätzung

Quelle: Eigene Berechnungen auf Grundlage von Testbetriebsnetzdaten des Jahres 2002/2003

Die Betonung der Bedeutung sehr extensiver, aber ökonomisch instabilerer Weidehaltungsbetriebe führt möglicherweise für bestimmte Regionen und Agrarstrukturen zu Fehleinschätzungen sowohl bezüglich des Umfangs von HNV-Land als auch bezüglich der Abhängigkeit der Zielbetriebe von zusätzlicher Förderung.

Ausblick: Aussagekraft und Weiterentwicklungsmöglichkeiten

Bezüglich der beiden aktuell zum Einsatz kommenden, GIS- und FADN-gestützten Ansätze sollte das HNV-Konzept für dicht besiedelte, oftmals stark strukturierte und vergleichsweise intensiv genutzte Kulturlandschaften, wie sie in Deutschland vorherrschen, überprüft werden. Das auf eine Dichotomie zwischen extensiver und intensiver Landwirtschaft aufbauende HNV-Konzept sollte dahingehend ergänzt werden, dass auch eine kleinräumige Integration von naturschutzfachlich wertvollen Landschaftselementen und Flächen-

nutzungen in intensiver genutzten Agrarlandschaften besser erkennbar wird. Eine Verbindung der diskutierten Ansätze beinhaltet den Vorteil, dass eine Vielfalt von bereits vorhandenen Daten verwendbar ist. Denkbar ist die Nutzung von geographischen Grundlageninformationen, naturschutzfachliche Daten wie Schutzgebiets- und Zielkulissen, Biotopkartierungen und Artenmonitoring, Daten der Agrarverwaltung zur flächenbezogenen Förderungen (Integriertes Verwaltungs- und Kontrollsystem, vgl. Beitrag von Roggendorf und Reiter) bis hin zu einzelbetrieblichen Daten mit Informationen zum Inputeinsatz und zur wirtschaftlichen Situation in landwirtschaftlichen Betrieben. Von einer erweiterten, fachübergreifenden Datengrundlage für solche Analysen könnten sowohl naturschutzfachliche Planungen als auch die Programmierung, Umsetzung und Evaluierung von Förderpolitiken sowie die Berichterstattung zur Biodiversität profitieren. Nicht zuletzt könnte auf Grundlage von bereits heute vorhandenen Fachdaten der HNV-Ansatz auf die in Deutschland bestehenden Verhältnisse angepasst werden. Dies kann auch dazu beitragen, gegenüber den EU-Institutionen ein realistischeres Bild von den Verhältnissen in Deutschland zu zeichnen und fachlich nicht vertretbare Pauschalierungen zu vermeiden.

Die im Bereich der Agrarumweltpolitik und der Evaluierung arbeitenden Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler am Institut für Ländliche Räume der FAL bemühen sich derzeit darum, derartige Fachdaten mit Bezug zur landwirtschaftlichen Flächennutzung zusammenzustellen und Verwaltungsdaten für wissenschaftliche Untersuchungen zu erschließen. Ein Ziel dieser Bemühungen ist es, die Analysemöglichkeiten zu Wirkungen der landwirtschaftlichen Flächennutzungen auf die Biodiversität freilebender Tier- und Pflanzenarten zu erweitern und Informationen für die Politikberatung bereitzustellen.

Literatur

European Union (2006): *Rural Development in the European Union. Statistical and Economic Information. Directorate-General for Agriculture and Rural Development, Report 2006, August 2006.*

UN/ECE, 2003. *Kyiv resolution on biodiversity. Fifth Ministerial Conference 'Environment for Europe', Kyiv, Ukraine, 21-23 May 2003. Document ECE/CEP/108. United Nations, Economic Commission for Europe.*

European Environmental Agency (2005): *Agriculture and environment in EU-15 - the IRENA indicator report. EEA Report No 6/2005.*

European Environmental Agency (2004): *High nature value farmland - Characteristics, trends and policy challenges. EEA Report No 1/2004.*

Andersen E. (ed.) (2003): *Developing a high nature value farming area indicator. Internal report. EEA, Copenhagen.*

UNEP | Council of Europe (2006): *Progress in Identifying and Supporting High Nature Farmland. Council for the Pan-European Biological and Landscape Strategy. Fourth Intergovernmental Biodiversity Conference in Europe. 22-24 February 2006.*

Liste der Teilnehmer/-innen

List of participants

Wolfgang Arenhövel

Thüringer Landesanstalt für Wald-, Jagd und Fischerei
 Jägerstr. 1
 99867 Gothar
 Tel.: 03621 225210
 Fax: 03621 225222
 E-Mail: arenhoevel.wolfgang@forst.thueringen.de

Babette Balzer

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
 Informations- und Koordinationszentrum
 für Biologische Vielfalt
 Tiergenetische Ressourcen
 Deichmanns Aue 29
 53179 Bonn
 Tel.: 0228 68453238
 Fax: 0228 68453787
 E-Mail: babette.balzer@ble.de

Dr. Frank Begemann

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
 Informations- und Koordinationszentrum
 für Biologische Vielfalt
 Referatsleiter
 Deichmanns Aue 29
 53179 Bonn
 Tel.: 0228 68453239
 Fax: 0228 68453787
 E-Mail: frank.begemann@ble.de

Dr. Rainer Berg

Fischereiforschungsstelle des Landes Baden-Württemberg
 Untere Seestraße 81
 88085 Langenargen
 Tel.: 07543 930816
 Fax: 07543 930820
 E-Mail: Rainer.berg@lvvg.bwl.de

Prof. Dr. Andreas Bolte

Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft
 Institut für Waldökologie und Waldinventuren
 Alfred-Möller-Str. 1
 16225 Eberswalde
 Tel.: 03334 65344
 Fax: 03334 65354
 E-Mail: a.bolte@bfh-inst7.fh-eberswalde.de

Dr. Petra Böttinger

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft
 Institut für Pflanzenvirologie, Mikrobiologie
 und biologische Sicherheit
 Messeweg 11/12
 38104 Braunschweig
 Tel.: 0531 2993810
 Fax: 0531 2993013
 E-Mail: p.boettinger@bba.de

Jörg Bremond

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
 Informations- und Koordinationszentrum
 für Biologische Vielfalt
 Tiergenetische Ressourcen
 Deichmanns Aue 29
 53179 Bonn
 Tel.: 0228 68453242
 Fax: 0228 68453787
 E-Mail: joerg.bremond@ble.de

Elli Broxham

Monitoring Institute for Rare Breeds and Seeds in Europe
Schneebergstr. 17
CH-9000 St. Gallen
Tel.: +41 (0)71222 7410
Fax: +41 (0)71222 7440
E-Mail: info@monitoring.eu.com

Dr. Wolfgang Büchs

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft
Institut für Pflanzenschutz im Ackerbau und Grünland
Messeweg 11/12
38104 Braunschweig
Tel.: 0531 2994506
Fax: 0531 2993008
E-Mail: w.buechs@bba.de

Anke Bührmann

NED.WORK
Redaktion
Büttgenweg 10
40547 Düsseldorf
Tel.: 0211 5379747
Fax: 0211 676723
E-Mail: anke.buehrmann@t-online.de

Christian Dietzen

RIFCON GmbH
Breslauer Str. 7
69493 Hirschberg
Tel.: 06201 879777
E-Mail: christian.dietzen@rifcon.de

Rainer Dröschmeister

Bundesamt für Naturschutz
Konstantinstr. 110
53179 Bonn
Tel.: 0228 84911461
Fax: 0228 84919999
E-Mail: droeschr@bfn.de

Dr. Walther Durka

Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH
Department Biozooenoseforschung
Theodor-Lieser-Straße 4
06120 Halle (Saale)
Tel.: 0345 5585314
Fax: 0345 5585329
E-Mail: Walter.Durka@ufz.de

Dr. Christine Ehling

Institut für Tierzucht
Biotechnologie
Höltystraße 10
31535 Neustadt
Tel.: 05034 871147
Fax: 05034 871101
E-Mail: ehling@tzv.fal.de

Götz Ellwanger

Bundesamt für Naturschutz
Konstantinstr. 110
53179 Bonn
Tel.: 0228 84911551
Fax: 0228 84911519
E-Mail: ellwangerg@bfn.de

Dr. Jan Engels

International Plant Genetic Resources Institut (IPGRI)
Headquarters
via dei Tre Denari 472/a
I-00057 Maccarese (Fiumicino)
Tel.: +39 (0) 6 6118222
Fax: +39 (0) 6 61979661
E-Mail: j.engels@cgiar.org

Dr. Lothar Frese

Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen
Genbank
Bundesallee 50
38116 Braunschweig
Tel.: 0531 5962451
Fax: 0531 5962457
E-Mail: l.frese@bafz.de

Franz Geberth

Landesanstalt für Entwicklung der Landwirtschaft
und der ländlichen Räume
Oberbettringer Str. 162
73525 Schwäbisch Gmünd
Tel.: 07171 917270
Fax: 07171 917101
E-Mail: Franz.Geberth@lel.bwl.de

Dr. Frank Glante

Umweltbundesamt
Fachgebietsleiter „Bodenzustand, -nutzung“
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau
Tel.: 0340 21033434
Fax: 0340 21043434
E-Mail: frank.glante@uba.de

Helmut Götzer

Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft
Fachbereich pflanzliche Erzeugung
Gustav-Kühn-Str. 8
04159 Leipzig
Tel.: 0341 9174129
Fax: 0341 9174111
E-Mail: helmut.goetzer@smul.sachsen.de

Prof. Dr. Hans-Rolf Gregorius

Institut für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung
der Universität Göttingen
Büsgenweg 2
37077 Göttingen
Tel.: 0551 / 393537
Fax: 0551 / 398367
E-Mail: hgregor@gwdg.de

Dr. Frieder Hamm

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
R 514
Deichmanns Aue 29
53179 Bonn
Tel.: 0228 / 68452966
E-Mail: frieder.hamm@ble.de

Siegfried Harrer

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
Informations- und Koordinationszentrum
für Biologische Vielfalt
Pflanzengenetische Ressourcen
Deichmanns Aue 29
53179 Bonn
Tel.: 0228 / 68453240
Fax: 0228 / 68453787
E-Mail: siegfried.harrer@ble.de

Michaela Haverkamp

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
Informations- und Koordinationszentrum
für Biologische Vielfalt
Pflanzengenetische Ressourcen
Deichmanns Aue 29
53179 Bonn
Tel.: 0228 / 68453385
Fax: 0228 / 68453787
E-Mail: michaela.haverkamp@ble.de

Gerd Heusinger

Bayerisches Landesamt für Umwelt
5.6, Landschaftspflege u. Naturschutzprogramme
Schloß Steinenhausen
95326 Kulmbach
Tel.: 09221 / 6045871
Fax: 09221 / 6045900
E-Mail: gerd.heusinger@lfu.bayern.de

Dr. Wolfgang Heyer

Universität Halle-Wittenberg
Institut für Landwirtschafts- und Ernährungswissenschaften
Ludwig-Wucherer-Str. 2
06108 Halle
E-Mail: wolfgang.heyer@landw.uni-halle.de

Dr. Wilbert Himmighofen

Bundesministerium für Ernährung,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz
R 225
Rochusstr. 1
53123 Bonn
Tel.: 01888 / 52903425
Fax: 0228 / 5293425
E-Mail: wilbert.himmighofen@bmelv.bund.de

Dr. Andreas Johaentges

Presse- und Informationsdienst GmbH
Agra-Europe
Kessenicher Straße 219-221
53129 Bonn

Dr. Hans-Stephan Jenke

Bundesforschungsanstalt für Fischerei
Institut für Fischereiökologie
Palmaille 9
22767 Hamburg
Tel.: 040 / 38905290
Fax: 040 / 38905261
E-Mail: hans-stephan.jenke@ifl.fisch.de

Bernd Kajtna

Arche Noah - Gesellschaft zur Erhaltung und
Verbreitung der Kulturpflanzenvielfalt
Bereichsleitung Obst & Beeren
Obere Straße 40
A-3553 Schiltern
Tel.: +43 (0) 2734 / 8626-10
Fax: +43 (0) 2734 / 8627
E-Mail: bernd.kajtna@arche-noah.at

Dr. Jörg Kalisch

Bundesministerium für Ernährung,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz
R 322
Tierzucht und Tierhaltung
Rochusstr. 1
53123 Bonn
Tel.: 01888 / 5293490
Fax: 01888 / 5293490
E-Mail: joerg.kalisch@bmelv.bund.de

Nadja Kasperczyk

Institut für Ländliche Strukturforchung
Zeppelinallee 31
60325 Frankfurt am Main
Tel.: 069 / 775001
Fax: 069 / 777784
E-Mail: kasperczyk@ifls.de

Dr. Ralf Kätzel

Landesforstanstalt Eberswalde
Fachbereich Waldentwicklung Monitoring
Alfred-Möller-Str. 1
16225 Eberswalde
Tel.: 03334 / 65230
Fax: 03334 / 65239
E-Mail: ralf.kaetzel@lfe-e.brandenburg.de

Dr. Jörg Kleinschmit

Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt
 Abt. Waldgenressourcen
 Prof.-Oelkers-Straße 6
 34346 Hann-Münden
 Tel.: 05541 / 700430
 Fax: 05541 / 700473
 E-Mail: joerg.kleinschmit@nw-fva.de

Martin Köhler

Bundesministerium für Ernährung,
 Landwirtschaft und Verbraucherschutz
 UAL 22
 Rochusstr. 1
 53123 Bonn
 Tel.: 01888 / 5290
 E-Mail: martin.koehler@bmelv.bund.de

Heinrich König

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW
 Dez 36
 Leibnizstraße 10
 45659 Recklinghausen
 Tel.: 02361 / 305404
 Fax: 02361 / 305 539
 E-Mail: heinrich.koenig@loebf.nrw.de

Dr. Norbert Roland Kowarsch

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
 R 514
 Deichmanns Aue 29
 53179 Bonn
 Tel.: 0228 / 68452965
 E-Mail: norbert.kowarsch@ble.de

Dr. Gisbert Kuhn

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
 Institut für Agrarökologie, Ökologischen Landbau und Bodenschutz
 Arbeitsgruppe Vegetationskunde (IAB 4c)
 Vöttinger Strasse 38
 85354 Freising
 Tel.: 08161 / 715826
 Fax: 08161 / 714006
 E-Mail: gisbert.kuhn@lfl.bayern.de

Dr. Christoph Künast

BASF Aktiengesellschaft
 APD/EE Ecotoxicology - LI 475
 67117 Limburgerhof
 Tel.: 0621 / 6027063
 Fax: 0621 / 6027214
 E-Mail: alexander.henze@mail.basf-ag.de

Dr. Martina Langhammer

Forschungsinstitut für die Biologie
 landwirtschaftlicher Nutztiere
 FB Genetik und Biometrie
 Wilhelm-Stahl-Allee 2
 18196 Dummerstorf
 Tel.: 038208 / 68921
 Fax: 038208 / 68902
 E-Mail: martina.langhammer@fhn-dummerstorf.de

Dr. Hans-Jörg Lehmann

Bundesamt für Landwirtschaft BLW
 Eidgenössisches Volkswirtschaftsdepartement EVD
 Mattenhofstrasse 5
 CH-3003 Bern
 SWITZERLAND
 Tel.: +41 (0) 31 / 3222569
 Fax: +41 (0) 31 / 3222634
 E-Mail: hans-joerg.lehmann@blw.admin.ch

Brigitte Leicht

Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum
 Rheinhessen-Nahe-Hunsrück
 Landwirtschaft und Umwelt - Agrarleistungen
 Rüdesheimer-Str. 60-69
 55545 Bad Kreuznach
 Tel.: 0671 / 820452
 Fax: 0671 / 820300
 E-Mail: brigitte.leicht@dlr.rlp.de

Dr. Heike Liesebach

Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft
 Institut für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung
 Eberswalder Chaussee 3A
 15377 Waldsiedersdorf
 Tel.: 033433 / 157174
 Fax: 033433 / 157199
 E-Mail: h.liesebach@holz.uni-hamburg.de

Dr. Ulrich Matthes

Forschungsanstalt für Waldökologie
 und Forstwirtschaft Rheinland Pfalz
 Struktur- und Genehmigungsdirektion Süd
 Schloss
 67705 Trippstadt
 Tel.: 06306 / 911153
 Fax: 06306 / 911200
 E-Mail: ulrich.matthes@wald-rlp.de

Dr. Werner Maurer

Forschungsanstalt für Waldökologie
 und Forstwirtschaft Rheinland Pfalz
 Abteilung Genressourcen und Forstpflanzenzüchtung
 Schloß
 67705 Trippstadt
 Tel.: 06306 / 911134
 Fax: 06306 / 911200
 E-Mail: werner.maurer@wald-rlp.de

Annette Meyer

Landesumweltamt Brandenburg
 Ref. Naturschutz (RO7)
 Tramper Chaussee 2
 16225 Eberswalde
 Tel.: 03334 / 662728
 Fax: 03334 / 662650
 E-Mail: annette.meyer@lua.brandenburg.de

Dr. Ursula Monnerjahn

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
 Informations- und Koordinationszentrum
 für Biologische Vielfalt
 aquatische genetische Ressourcen
 Deichmanns Aue 29
 53179 Bonn
 Tel.: 0228 / 68453246
 Fax: 0228 / 68453787
 E-Mail: ursula.monnerjahn@ble.de

Fritz Mossel

Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum
 -Rheinhessen-Nahe-Hunsrück
 Landwirtschaft und Umwelt - Agrarleistungen
 Rüdesheimer-Str. 60-70
 55545 Bad Kreuznach
 Tel.: 0671 / 820452
 Fax: 0671 / 820300
 E-Mail: fritz.mossel@dlr.rlp.de

Dr. Andreas Müller-Belecke

Institut für Binnenfischerei e.V. Potsdam-Sacrow
 Im Königswald 2
 14469 Potsdam
 Tel.: 033201 / 40613
 Fax: 033201 / 40640
 E-Mail: andreas.mueller-belecke@ifb-potsdam.de

Dr. Eberhard Münch

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
Informations- und Koordinationszentrum für Biologische Vielfalt
Forstgenetische Ressourcen
Deichmanns Aue 29
53179 Bonn
Tel.: 0228 / 68453241
Fax: 0228 / 68453787
E-Mail: eberhard.muench@ble.de

Ulrike Neumann

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
R 514
Deichmanns Aue 29
53179 Bonn
Tel.: 0228 / 68453518
E-Mail: ulrike.neumann@ble.de

Dr. Markus Nipkow

Naturschutzbund Deutschland e.V.
Ornithologie und Vogelschutz
53223 Bonn
Tel.: 0228 / 4036155
Fax: 0228 / 4036203
E-Mail: markus.nipkow@nabu.de

Bernhard Osterburg

Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig
Institut für ländliche Räume
Bundesallee 50
38116 Braunschweig
Tel.: 0531 / 5965211
Fax: 0531 / 5965599
E-Mail: bernhard.osterburg@fal.de

Prof. Dr. Annette Otte

Justus-Liebig-Universität
Professur für Landschaftsökologie und Landschaftsplanung
Heinrich-Buff-Ring 26 - 32
35392 Gießen
Tel.: 0641 / 9937160
Fax: 0641 / 9937169
E-Mail: Annette.Otte@agr.uni-giessen.de

Dr. Michael Riffel

RIFCON GmbH
Geschäftsleitung
Breslauer Str. 7
69493 Hirschberg
Tel.: 06201 / 879777
E-Mail: michael.riffel@rifcon.de

Aileen Rochert

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
Informations- und Koordinationszentrum
für Biologische Vielfalt
Sekretariat
Deichmanns Aue 29
53179 Bonn
Tel.: 0228 / 68453237
Fax: 0228 / 68453787
E-Mail: aileen.rochert@ble.de

Wolfgang Roggendorf

Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL)
Institut für ländliche Räume
Bundesallee 50
38116 Braunschweig
Tel.: 0531 / 5965171
Fax: 0531 / 5965299
E-Mail: wolfgang.roggendorf@fal.de

Sabine Roscher

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
 Informations- und Koordinationszentrum
 für Biologische Vielfalt
 Projekt „Verwandte Wildarten von Kulturpflanzen“
 Deichmanns Aue 29
 53179 Bonn
 Tel.: 0228 / 68453235
 Fax: 0228 / 68453787
 E-Mail: sabine.roscher@ble.de

Prof. Dr. Heinz Saedler

Max-Planck-Institut für Züchtungsforschung
 Molekulare Pflanzengenetik
 Carl-von-Linn-Weg 10
 50829 Köln
 Tel.: 0221 / 5062101
 Fax: 0221 / 5062113
 E-Mail: saedler@mpiz-koeln.mpg.de

Dr. Elke Saggau

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
 Grundsatzfragen und EU-Abrechnungen
 Deichmanns Aue 29
 53179 Bonn
 Tel.: 0228 / 68453536
 E-Mail: elke.saggau@ble.de

Michael Scheurig

Am Heuacker 8
 74864 Fahrenbach-Robern
 E-Mail: michael2306_de@yahoo.com

Dirk Schmeller

Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH
 Department Naturschutzforschung
 Permoserstr. 15
 04318 Leipzig
 Tel.: 0341 / 2353282
 Fax: 0341 / 2353191
 E-Mail: dirk.schmeller@ufz.de

Heinz Peter Schmitt

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW
 Forstgenbank NRW
 Obereimer 2 a
 59821 Arnsberg
 Tel.: 02931 / 524321
 Fax: 02931 / 524320
 E-Mail: heinz-peter.schmitt@loebf.nrw.de

Friedrich Schmitz

Bundesministerium für Ernährung,
 Landwirtschaft und Verbraucherschutz
 R 533
 Rochusstr. 1
 53123 Bonn
 Tel.: 0228 / 5294167
 E-Mail: friedrich.schmitz@bmelv.bund.de

Gitta Schnaut

Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft
 Institut für ländliche Räume
 Bundesallee 50
 38116 Bonn
 Tel.: 0531 / 5965239
 E-Mail: gitta.schnaut@fal.de

Dr. Stefan Schrader

Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft
 Institut für Agrarökologie
 Bundesallee 50
 38116 Braunschweig
 Tel.: 0531 / 5962514
 Fax: 0531 / 5962599
 E-Mail: stefan.schrader@fal.de

Christiane Schreck

Universität Kassel
 FB Ökologische Agrarwissenschaften
 FG Agrarbiodiversität
 Steinstr. 19
 37213 Witzenhausen
 Tel.: 05542 / 981257
 Fax: 05542 / 981230
 E-Mail: cschreck@uni-kassel.de

Dr. Stefan Schröder

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
 Informations- und Koordinationszentrum
 für Biologische Vielfalt
 Agrobiodiversität
 Deichmanns Aue 29
 53179 Bonn
 Tel.: 0228 / 68453243
 Fax: 0228 / 68453787
 E-Mail: stefan.schroeder@ble.de

Dr. Wolfgang Schuchert

Max-Planck-Institut for Plant Breeding Research
 Molecular Plant Genetics
 Carl-von-Linn-Weg 10
 50829 Köln
 Tel.: 0221 / 5062101
 Fax: 0221 / 5062113
 E-Mail: schucher@mipz-koeln.mpg.de

Dr. Volker Schulze

Deutsche Gesellschaft für Züchtungskunde e.V.
 Adenauerallee 174
 53113 Bonn
 Tel.: 0228 / 213411
 Fax: 0228 / 223497
 E-Mail: info@dgfz-bonn.de

Prof. Dr. Wolfgang Schumacher

Universität Bonn
 Geobotanik und Naturschutz
 Karl-Robert-Kreiten-Str. 13
 53115 Bonn
 Tel.: 0228 / 732836
 E-Mail: geobotanik@uni-bonn.de

Dr. Gesine Schütte

Universität Hamburg
 Forschungstichpunkt Biotechnik, Gesellschaft und Umwelt
 Ohnhorststraße 18
 22609 Hamburg
 Tel.: 040 / 42816528
 Fax: 040 / 42816527
 E-Mail: g.schuette@botanik.uni-hamburg.de

Elisabeth Schwaiger

Umweltbundesamt GmbH
 Terrestrische Ökologie
 Spittelauer Lände 5
 1090 Wien
 AUSTRIA
 Tel.: +43 (0) 1313 04 / 3640
 Fax: +43 (0) 13134 / 3533
 E-Mail: elisabeth.schwaiger@umweltbundesamt.at

Dr. Anne F. Sell

Bundesforschungsanstalt für Fischerei
 Institut für Seefischerei
 Palmaille 9
 22767 Hamburg
 Tel.: 040 / 38905246
 Fax: 040 / 38905263
 E-Mail: anne.sell@ish.BFAFisch.de

Dorothea Steinhäuser

Bundesministerium für Ernährung,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz
R 533
Rochusstr. 1
53123 Bonn
Tel.: 0228 / 5294334
E-Mail: dorothea.steinhauser@bmelv.bund.de

Siegfried Stich

Bundesministerium für Ernährung,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz
R 533
Rochusstr. 1
53123 Bonn
Tel.: 0228 / 5294130
E-Mail: sigfried.stich@bmelv.bund.de

Ursula Stratmann

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
Informations- und Koordinationszentrum
für Biologische Vielfalt
Agrobiodiversität
Deichmanns Aue 29
53179 Bonn
Tel.: 0228 / 68453244
Fax: 0228 / 68453787
E-Mail: ursula.stratmann@ble.de

Alexander Mitschke

Dachverband Deutscher Avifaunisten e.V.
Am Diekamp 12
48157 Münster
Tel.: 0251 / 143543

Dr. Dirk Süßenbach

Umweltbundesamt
Fachgebiet IV 1.3
Prüfung, Bewertung und Management des Umweltrisikos
von Pflanzenschutzmitteln; EU-Wirkstoffprogramm
Postfach 1406
06813 Dessau
Tel.: 0340 / 21032355
Fax: 0340 / 21033138
E-Mail: dirk.suessenbach@uba.de

Jens Tauchert

Beratungsgesellschaft NATUR dbR
Geschäftsführer
Rheinstraße 142
55299 Nackenheim
Tel.: 06135 8544
Fax: 06135 950876
E-Mail: tauchert@bgnatur.de

Dr. Jochen Trautner

Bundesforschungsanstalt für Fischerei
Palmaille 9
22767 Hamburg
Tel.: 040 / 38905 225

Dr. Anja Vaasen

Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit
Referat 404 - Koexistenz, GVO Monitoring
Mauerstr. 39-42
10117 Berlin
Tel.: 01888 / 44440413
Fax: 01888 / 44440099
E-Mail: anja.vaasen@bvl.bund.de

Rudolf Vögel

Landesumweltamt Brandenburg
Abt. Raumentwicklung / Großschutzgebiete
Tramper Chaussee 2
16225 Eberswalde
Tel.: 03334 / 662721
Fax: 03334 / 662650
E-Mail: rudi.voegel@lua.brandenburg.de

Hans-Albert Volz

Bundesministerium für Ernährung,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz
R 533
Rochusstr. 1
53123 Bonn
Tel.: 0228 / 5294270

Wolfgang Voth

Landesforstanstalt Mecklenburg-Vorpommern
Forstliches Versuchswesen
Zeppelinstraße 3
19061 Schwerin
Tel.: 0385 / 6700112
Fax: 0385 / 6700102
E-Mail: wolfgang.voth@lfoa-mv.de

Dr. Reinhard von Broock

Lochow-Petkus GmbH
Postfach 1197
29296 Bergen
Tel.: 05051 / 477114
Fax: 05051 / 47722114
E-Mail: sieblitz@lochow-petkus.de

Edelgard von Houwald

Bundesministerium für Ernährung,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz
R 225
Rochusstr. 1
53123 Bonn
Tel.: 01888 / 5293616
Fax: 0228 / 5293425

Christine von Weizsäcker

ECOROPA
130165
53061 Bonn
Tel.: 0228 / 9181033
Fax: 0228 / 9181034
E-Mail: cvw@ecoropa.de

Dr. Barbara Weber

Bundesministerium für Ernährung,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz
R 225
Rochusstr. 1
53123 Bonn
Tel.: 01888 / 524378
Fax: 0228 / 5293425
E-Mail: barbara.weber@bmelv.bund.de

Klaus Weddeling

Bundesamt für Naturschutz
FG I 1.3 Monitoring
Konstantinstr. 110
53179 Bonn
Tel.: 0228 / 84911473
Fax: 0228 / 84919999
E-Mail: weddelingk@bfn.de

Dr. Steffen Weigend

Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft
Höltstraße 10
31535 Neustadt-Mariensee
Tel.: 05034 / 871180
Fax: 05034 / 871143
E-Mail: steffen.weigend@fal.de

Prof. Dr. Karl-Otto Wenkel

Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung
(ZALF) e. V.
Institut für Landschaftsanalyse
Eberswalder Straße 84
15374 Müncheberg
Tel.: 033432 / 82105
Fax: 033432 / 82334
E-Mail: wenkel@zalf.de

Michael Wild

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
R 324
Deichmanns Aue 28
53179 Bonn
Tel.: 0228 / 68453671
E-Mail: michael.wild@ble.de

Dr. Beatrix Wuntke

Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung
(ZALF) e. V.
Institut für Landschaftsanalyse
Eberswalder Straße 84
15374 Müncheberg
Tel.: 033432 / 82354
Fax: 033432 / 82334
E-Mail: wuntke@zalf.de

Peter Zachäus

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
R 514
Deichmanns Aue 29
53179 Bonn
Tel.: 0228 / 68453460
E-Mail: peter.zachaeus@ble.de

Dr. Sabine Zachgo

Max-Planck-Institut for Plant Breeding Research
Molecular Plant Genetics
Carl-von-Linn-Weg 10
50829 Köln
Tel.: 0221 / 5062101
Fax: 0221 / 5062113
E-Mail: szachgo@mipz-koeln.mpg.de

Christine Zarda

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie
Rheingaustraße 186
65203 Wiesbaden
Tel.: 0611 / 6939251
Fax: 0611 / 6939282
E-Mail: c.zarda@hlug.de

Schriftenreihe „Agrobiodiversität“

- Band 26** **European dictionary of domesticated and utilised animals**
 A first prototype developed within the European Network for Biodiversity Information
 Hrsg.: T. Gladis, U. Monnerjahn, D. Jiménez-Krause, J. Bremond, S. Schröder und F. Begemann, 2006, 10,- €

Vorläuferschriftenreihe „Schriften zu Genetischen Ressourcen“

- Band 25** **Vermarktungsstrategien für innovative Produkte und Verfahren auf der Basis genetischer Ressourcen für Ernährung und Landwirtschaft**
 Ergebnisbericht über ein Fachgespräch am 08.06.2004 in Bonn
 Hrsg.: J. Efken, 2005, 8,- €
- Band 24** **Analyse und Bewertung der genetischen Vielfalt in der Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft zur Ableitung von Entscheidungskriterien für Erhaltungsmaßnahmen**
 Tagungsband eines Symposiums am 27. September 2004
 Hrsg.: F. Begemann, S. Schröder und S. Weigend, 2005, 9,- €
- Band 23** **Produktvielfalt durch Ressourcenvielfalt – Potenziale genetischer Ressourcen**
 Tagungsband eines Symposiums vom 24. - 25. September 2003
 Hrsg.: F. Begemann und S. Schröder, 2004, 9,- €

- Band 22** **Rudolf Mansfeld and Plant Genetic Resources**
 Tagungsband eines Symposiums vom 8. - 9. Oktober 2001
 Hrsg.: H. Knüpfner und J. Ochsmann, 2003, 12,- €
- Band 21** **Standortspezifische Sortenentwicklung**
 Eine Studie mit Landsorten der Linse
 Bernd Horneburg, 2003, Dissertation, 9,- €
- Band 20** **Biologische Vielfalt für Ernährung, Land- und Forstwirtschaft**
 Tagungsband eines Symposiums am 19. September 2002
 Hrsg.: F. Begemann, 9,- €
- Band 19** **Biodiversität der Gattung Ocimum L., insbesondere der Kultursippen**
 Sabine Eckelmann, 2003, Dissertation, 10,- €
- Band 18** **Wildpflanzen als Genetische Ressourcen**
 Julia Forwick-Kreuzer, 2003, Dissertation, 24,- €
- Band 17** **Vielfalt auf den Markt**
 Tagungsband eines Symposiums vom 5. - 6. November 2001
 Hrsg.: F. Begemann und Landesschafzuchtverband Niedersachsen e.V., 9,- €
- Band 16** **Nutzung genetischer Ressourcen - ökologischer Wert der Biodiversität**
 Hrsg.: K. Hammer und Th. Gladis, 2001, 8,18 €
- Band 15** **Erhaltung und nachhaltige Nutzung genetischer Ressourcen der Zierpflanzen**
 Tagungsband eines Symposiums vom 27. - 28. September 2000
 Hrsg.: F. Begemann und P. Menzel, 2001. (vergriffen, im Internet)

- Band 14** **Regeneration adulter Malus-Unterlagen**
B. Feuerhahn, 2000, Dissertation, 10,22 €
- Band 13** **Erhaltung und Nutzung regionaler landwirtschaftlicher Vielfalt - von der Verpflichtung zur Umsetzung**
Hrsg.: A. Oetmann-Mennen und F. Stodiek, 2000, 5,11 €
- Band 12** **Dokumentation und Informationssysteme im Bereich pflanzengenetischer Ressourcen in Deutschland**
Hrsg.: F. Begemann, S. Harrer, J.D. Jiménez Krause, 1999, 8,69 €
- Band 11** **Populationsgenetische Untersuchung von Blei Abramis brama, Güster Abramis bjoerkna, Plötze Rutilus rutilus und Rotfeder Scardinius erythrophthalmus aus Gewässern des nordostdeutschen Tieflandes**
Christian Wolter, 1999, Dissertation, 7,66 €
- Band 10** **Agrarbiodiversität und pflanzengenetische Ressourcen - Herausforderung und Lösungsansatz**
Karl Hammer, 1998, 7,15 €
- Band 9** **Abstammung der Europäischen Hausschafe und Phylogenie der eurasischen Wildschafe**
Arne Ludwig, 1998, Dissertation, 10,22 €
- Band 8** **Züchterische Nutzung pflanzengenetischer Ressourcen – Ergebnisse und Forschungsbedarf**
Tagungsband eines Symposiums vom 29.09. - 01.10.1997 in Gatersleben
Hrsg.: F. Begemann, 1998, 7,66 €
- Sonderband 4. Internationale Technische Konferenz der FAO über Pflanzengenetische Ressourcen**
Konferenzbericht, Leipziger Deklaration, Globaler Aktionsplan und Weltzustandsbericht, kostenlos
- Band 7** **Bestimmung der optimalen Keimtemperatur für die routinemäßige Keimfähigkeitsbestimmung zahlreicher Arten aus dem Genus Allium**
L.Carl-Eckhard Specht, 1997, Dissertation, 7,66 €
- Band 6** **Charakterisierung und Evaluierung von Koriander (Coriandrum sativum L.) und taxonomische Implikationen**
Axel Diederichsen, 1997, Dissertation, 7,66 €
- Band 5** **Vergleichende Aspekte der Nutzung und Erhaltung pflanzen- und tiergenetischer Ressourcen**
Tagungsband eines Symposiums vom 07. - 09. November 1996 in Mariensee
Hrsg.: F. Begemann, C. Ehling und R. Falge, 1996, 7,66 €
- Band 4** **Evolution und Taxonomie von pflanzengenetischen Ressourcen-Festschrift für Peter Hanelt**
Hrsg.: R. Fritsch und K. Hammer, 1996, 7,66 €
- Band 3** **Zugang zu Pflanzengenetischen Ressourcen für die Ernährung und Landwirtschaft - der Diskussionsprozess in Deutschland**
Hrsg.: F. Begemann, 1996, 7,66 €
- Band 2** **In-situ-Erhaltung pflanzengenetischer Ressourcen in der Bundesrepublik Deutschland am natürlichen Standort und on farm**
Tagungsband eines Symposiums vom 11. - 13. Oktober 1995 in Bogensee
Hrsg.: F. Begemann und R. Vögel, 1996, 7,66 €
- Band 1** **Erhaltung pflanzengenetischer Ressourcen in der Land- und Forstwirtschaft**
Tagungsband eines Symposiums vom 09. - 11. November 1994 in Witzenhausen
Hrsg.: J. Kleinschmit, F. Begemann und K. Hammer, 1995, 7,66 €

Band 0 **Integration of Conservation Strategies of Plant Genetic Resources in Europe**

Proceedings of an International Symposium on Plant Genetic Resources in Europe

held in Gatersleben, Germany December 6-8, 1993.
(vergriffen, im Internet)

Hrsg.: F. Begemann und K. Hammer (1994)

Alle Publikationen sowie weitere relevante Informationen sind im Internet verfügbar unter:

www.genres.de/CF/genres/ibv/ibv_publicationen.cfm