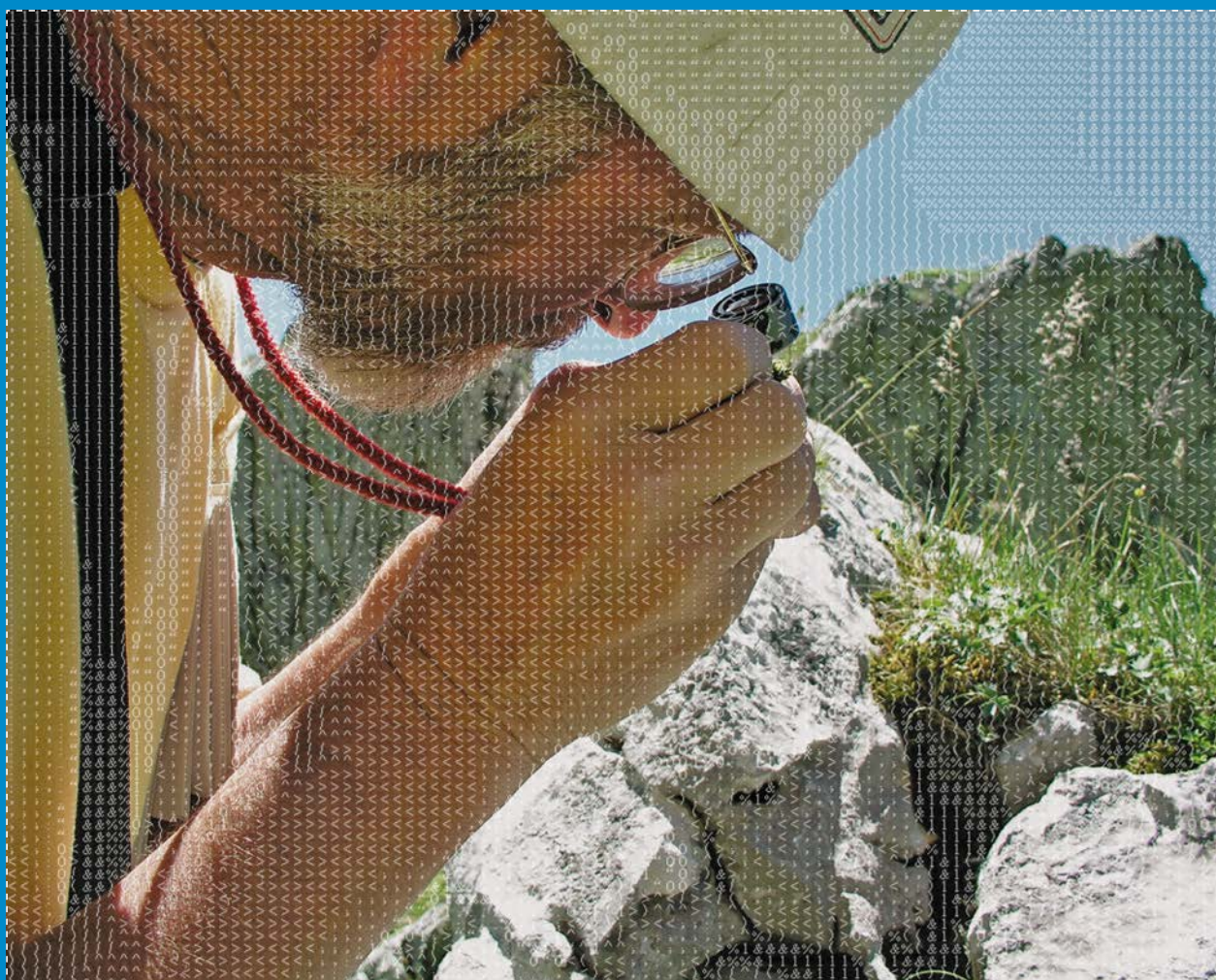


> Biodiversitätsmonitoring Schweiz BDM

Beschreibung der Methoden und Indikatoren



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU

> Biodiversitätsmonitoring Schweiz BDM

Beschreibung der Methoden und Indikatoren

Impressum

Herausgeber

Bundesamt für Umwelt (BAFU)

Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

Autoren

Koordinationsstelle BDM: Hintermann & Weber AG; Locher, Schmill, Van Wezemaal & Partner AG

Begleitung BAFU

Jean-Michel Gardaz, Meinrad Küttel

Zitierung

Koordinationsstelle BDM 2014: Biodiversitätsmonitoring Schweiz
BDM. Beschreibung der Methoden und Indikatoren. Bundesamt für
Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1410: 104 S.

Gestaltung

Ursula Nöthiger-Koch, 4813 Uerkheim

Titelbild

Jörg Schmill

PDF-Download

www.bafu.admin.ch/uw-uw-1410-d

(eine gedruckte Fassung liegt nicht vor)

Diese Publikation ist auch in französischer und englischer Sprache
verfügbar.

© BAFU 2014

> Inhalt

Abstracts	5
Vorwort	7
1 Ziele des BDM	9
2 Indikatorenkonzept	11
2.1 PSR-Modell	11
2.2 Auswahl der Indikatoren	11
2.3 Struktur des Indikatorensets	12
2.3.1 Thematische Gruppierung	12
2.3.2 Zustandsindikatoren	14
2.3.3 Einflussindikatoren	16
2.3.4 Massnahmenindikatoren	16
3 Die wichtigsten Indikatoren des BDM	17
3.1 Indikatoren zur Artenvielfalt einer Region	17
3.1.1 Der Indikator Z3	17
3.1.2 Der Indikator Z4	21
3.1.3 Der Indikator Z5	23
3.1.4 Der Indikator Z6	24
3.2 Indikatoren zur Artenvielfalt der Lebensräume	24
3.2.1 Der Indikator Z9	25
3.2.2 Der Indikator Z8	30
3.3 Indikatoren zur Artenvielfalt in Landschaften	31
3.3.1 Der Indikator Z7	31
3.3.2 Aussagen für biogeografische Regionen	32
3.3.3 Auswahl der Artengruppen	32
3.3.4 Aufnahmeflächen von einem Quadratkilometer	32
3.3.5 Transektaufnahmen statt Vollerhebung	33
3.4 Indikator zur Homogenisierung der Biodiversität	35
3.4.1 Der Indikator Z12	35
4 Datenbeschaffung	39
4.1 Datenqualität von Z7 und Z9	39
4.2 Stichprobenkonzept für die Kernindikatoren Z3, Z7, Z9	40
4.2.1 Erhebungen für Z3	40

4.2.2 Erhebungen für Z7 und Z9	41
4.2.3 Systematisches Stichprobennetz	41
4.2.4 Netzdichten	43
4.2.5 Zeitliche Auflösung	44
5 Verbreitung der Resultate	45
5.1 Kommunikationskonzept	45
5.1.1 Ziele und Zielgruppen	45
5.1.2 Organisation	45
5.1.3 Kommunikationsmittel	46
Literatur	48
Anhang	49
A1 Einflussindikatoren	49
E1 = Z10: Fläche der wertvollen Biotope	49
E2: Flächennutzung	49
E3: Fläche der naturüberlassenen Gebiete	50
E4: Länge linearer Landschaftselemente	52
E5: Nutzungs- und Bedeckungsvielfalt des Bodens	53
E6: Nährstoffangebot im Boden	55
E7: Nutzungsintensität in der landwirtschaftlichen Fläche	56
E8: Florenfremde Waldfläche	59
E9: Jungwaldfläche mit künstlicher Verjüngung	60
E10: Totholz	62
E11: Wasserentnahmen aus Fließgewässern	63
E12: Anteil beeinträchtigter Fließgewässerabschnitte	65
E13: Wasserqualität	66
E15: Landschaftszerschneidung	69
A2 Zustandsindikatoren	71
Z1: Anzahl Nutzrassen und -sorten	71
Z2: Anteil der Nutzrassen und -sorten	73
Z3: Artenvielfalt in der Schweiz und in den Regionen	76
Z4: Weltweit bedrohte Arten in der Schweiz	78
Z5: Gefährdungsbilanzen	79
Z6: Bestand bedrohter Arten	82
Z7: Artenvielfalt in Landschaften	84

	Z8: Bestand häufiger Arten	86
	Z9: Artenvielfalt in Lebensräumen	87
	Z10: Fläche der wertvollen Biotop	89
	Z11: Qualität der wertvollen Biotop	92
	Z12: Vielfalt von Artengemeinschaften	94
A3	Massnahmenindikatoren	96
	M1: Fläche der Schutzgebiete	96
	M2: Fläche der sicheren Schutzgebiete	97
	M3: Gefährdete Arten in Schutzgebieten	99
	M4: Ökologische Ausgleichsfläche	100
	M5: Biologisch bewirtschaftete Fläche	101
	M7: Finanzen für Natur- und Landschaftsschutz	103
	Verzeichnisse	104

> Abstracts

Switzerland has been monitoring its biological diversity since 2001 through the Swiss Biodiversity Monitoring BDM programme. This report summarises the concept behind this programme of the Federal Office for the Environment FOEN in a straightforward and comprehensive way. It does not contain any data but provides an in-depth explanation of the data collection methodology used. It also explains the organisation and communication aspects of the programme. The appendix to the report contains a detailed description of all of the BDM indicators.

Seit 2001 überwacht die Schweiz ihre biologische Vielfalt mit dem Biodiversitätsmonitoring Schweiz BDM. Vorliegende Publikation fasst das Konzept des BAFU-Programms auf leicht verständliche und umfassende Weise zusammen. Der Bericht enthält keine Daten, sondern erläutert eingehend die Methodik der Datenerhebung. Beleuchtet werden zudem die Organisation und Kommunikation des Programms. Im Anhang findet sich überdies eine komplette Beschreibung aller Indikatoren des BDM.

Depuis 2001, la Confédération helvétique surveille sa biodiversité au moyen du monitoring de la biodiversité en Suisse. La présente publication résume le concept du programme de l'OFEV de manière compréhensible et globale. Le rapport ne contient pas de données, mais explique dans le détail la méthodologie du recueil des données. Il éclaire également l'organisation et la communication du programme. Une description complète de tous les indicateurs du MBD est en outre proposée en annexe.

Dal 2001 la Svizzera sorveglia la propria diversità biologica mediante il programma Monitoraggio della biodiversità in Svizzera (MBD). La presente pubblicazione riassume in modo comprensibile e completo gli elementi alla base del programma dell'UFAM. Il rapporto non contiene dati, ma spiega in dettaglio la metodologia di rilevamento dei dati. Inoltre illustra l'aspetto organizzativo e comunicativo del programma. Nell'allegato viene infine fornita una descrizione completa di tutti gli indicatori dell'MBD.

Keywords:

species diversity, biodiversity,
biological diversity,
data collection, monitoring,
long-term monitoring,
methodology, indicators, BDM

Stichwörter:

Artenvielfalt, Biodiversität,
Biologische Vielfalt,
Datenerhebung, Monitoring,
Langzeitüberwachung, Methodik,
Indikatoren, BDM

Mots-clés:

diversité des espèces,
biodiversité, diversité biologique,
recueil de données, monitoring,
surveillance sur le long terme,
méthodologie, indicateurs, MBD

Parole chiave:

diversità delle specie,
biodiversità, diversità biologica,
rilevamento dei dati,
monitoraggio, sorveglianza sul
lungo periodo, metodologia,
indicatori, MBD

> Vorwort

Die Biodiversität besteht aus der Vielzahl von Ökosystemen, Arten und Genen, die auf unserem Planeten vorkommen. Die Biodiversität ist das Leben schlechthin. Die biologische Vielfalt bringt Nahrungsmittel hervor, beeinflusst das Klima, erhält die Qualität von Wasser und Luft, ist unerlässlich für die Bodenbildung und bietet Erholungsräume. Mit ihren äusserst wichtigen Dienstleistungen stellt die Biodiversität eine lebenswichtige Ressource für unsere Gesellschaft dar. Es ist daher von erstrangiger Bedeutung für die Schweiz, verlässlich festzustellen, wie sich die Biodiversität entwickelt.

Das Bundesamt für Umwelt (BAFU) hat von Gesetzes wegen die Pflicht, die landesweite Entwicklung der Biodiversität in ihren verschiedenen Erscheinungsformen zu beobachten. Eines der Programme, mit denen das BAFU die Biodiversität überwacht, ist das Biodiversitätsmonitoring Schweiz BDM. Aufgabe des BDM ist die Langzeitbeobachtung. Das BDM liefert fundierte Informationen, die es erlauben, eine Biodiversitätsschutzpolitik zu entwickeln, auszurichten und zu evaluieren. Mit seiner eigens entwickelten Methode trägt das BDM signifikant zur Verbesserung der Kenntnisse über die Biodiversität bei und stellt der Forschung fundierte und stark nachgefragte Informationen zur Verfügung.

Ende 1995 beauftragte das BAFU eine Arbeitsgemeinschaft mit dem Ausarbeiten eines Konzepts. Die ersten Felderhebungen begannen im Jahr 2001 und ein Jahr später erschien ein Zwischenbericht über die Methodik des Programms (Schriftenreihe Umwelt Nr. 342). Inzwischen sind die konzeptionellen Arbeiten abgeschlossen und für die meisten Indikatoren liegen umfangreiche Resultate aus den ersten zehn Jahren vor. Die Methoden haben sich in der Praxis bewährt, werden aber bei Bedarf den neusten Erkenntnissen angepasst.

Die Methodik der Datenerhebung im Feld, die das BDM in den vergangenen Jahren in der Schweiz entwickelte und optimierte, wurde inzwischen von einigen benachbarten Regionen und Ländern übernommen. Ausserdem stützen sich verschiedene Bereiche der schweizerischen Umweltbeobachtung auf das BDM – sei es bei der Erhebung von Daten, sei es bei der Analyse von besonderen Fragestellungen.

Um die Erfahrungen zu teilen und das geschaffene Know-how einem breiten Fachpublikum zugänglich zu machen, fasst dieser Bericht die konzeptionellen Ansätze und die Methodik des Programms zusammen. Ausführlich beschrieben werden dabei die zentralen Indikatoren zur Erhebung der Artenvielfalt, die den Kern des BDM bilden. Alle weiteren Indikatoren werden im Anhang summarisch dargestellt. Die vorliegende Publikation löst den Zwischenbericht von 2002 ab und vermittelt einen aktuellen Überblick über das gereifte Programm Biodiversitätsmonitoring Schweiz.

Obwohl die Methodik gefestigt und das Programm vollständig implementiert ist, tauchen immer wieder neue Fragen auf, und die Arbeitsanleitungen für das Feldteam müssen präzisiert oder veränderten Situationen angepasst werden. Auf der Website www.biodiversitymonitoring.ch finden sich stets aktuelle und noch detailliertere Angaben zu den Feldmethoden, die den Rahmen dieser Publikation sprengen würden.

Franziska Schwarz
Vizedirektorin
Bundesamt für Umwelt (BAFU)

1 > Ziele des BDM

Das BDM soll aufzeigen, wie sich die Biodiversität in der Schweiz über die Zeit verändert. Dabei ist offensichtlich, dass es weder biologisch notwendig noch ökonomisch sinnvoll ist, alle Arten und Lebensräume in der Schweiz gleich intensiv zu überwachen. Zudem gibt es nebst dem BDM noch diverse andere Programme, die ebenfalls Daten zu verschiedenen Artengruppen oder Lebensräumen erfassen. Bei der Analyse in den 1990er Jahren wurde deshalb bestimmt, dass das BDM einige der damals erkannten Datenlücken füllen sollte. Gemeinsam mit den Daten anderer Projekte und bestehender Datenzentren sowie aktueller Forschungsergebnisse soll das BDM einen Beitrag leisten, um ein umfassendes Bild zu Trends der Biodiversität und zu Herausforderungen in der Biodiversitätspolitik der Schweiz zu erhalten.

Konkret verfolgt das BDM die folgenden Ziele:

> *Langfristige Trends der Biodiversität aufzeigen*

Das BDM ist ein langfristiges Umweltbeobachtungsprojekt, vergleichbar mit anderen Programmen des BAFU wie etwa dem Landesforstinventar (LFI), der Nationalen Daueruntersuchung der Fliessgewässer (NADUF) und der Nationalen Bodenbeobachtung (NABO). Als solches soll es Datenreihen zur Verfügung stellen, die mit identischen Methoden erhoben werden und hohe Qualitätsstandards hinsichtlich der Vergleichbarkeit erfüllen.

> *Repräsentative Aussagen für die gesamte Schweiz ermöglichen*

Viele frühere Daten beziehen sich auf einzelne Orte oder Regionen der Schweiz. Auf dieser Grundlage ist es oft nicht möglich, auf die gesamtschweizerische Entwicklung zu schliessen. Das BDM hingegen soll Daten liefern, welche die Trends repräsentativ für die ganze Schweiz darstellen. Wo mit vertretbarem Aufwand möglich und sinnvoll, sollen zudem differenzierte Aussagen für die biogeografischen Regionen oder die Hauptnutzungstypen möglich sein.

> *Normallandschaft einbeziehen*

Naturschutzprojekte haben sich in der Vergangenheit oft auf naturschützerisch wertvolle Restflächen in der intensiv genutzten Schweizer Landschaft konzentriert. Dementsprechend liegen vorwiegend Daten zu Arten und Lebensräumen in einem kleinen Ausschnitt der Schweiz vor – grosse Teile der Biodiversität wurden kaum überwacht. Das BDM soll sicherstellen, dass die Entwicklung der Biodiversität überall, das heisst also auch in intensiv genutzten Gebieten, gemessen wird.

> *Seltene und häufige Arten integrieren*

Dank verschiedenen Interessengruppen, gezielten Artenförderungsprojekten und Datenzentren verfügt die Schweiz über eine gute Tradition, Vorkommen naturschützerisch wertvoller Arten zu dokumentieren. Eine wirksame Biodiversitätspolitik kann sich aber nicht nur um gegenwärtig gefährdete Arten und Lebensräume kümmern, sondern muss Entwicklungen auch bei weit verbreiteten und häufigen Arten frühzeitig erkennen. Das BDM soll wenn immer möglich die Entwicklungen taxonomischer Gruppen vollständig, also unter Einbezug aller Arten, erfassen und mit

seinen systematischen Messnetzen das bereits bestehende Wissen zu seltenen und gefährdeten Arten ergänzen.

> *In erster Linie die Artenvielfalt überwachen*

Biodiversität wird in der Regel auf den drei Ebenen «Gene», «Arten» und «Lebensräume» beschrieben. Der aktuelle Schwerpunkt des BDM liegt dennoch beim Überwachen der Entwicklung der Artenvielfalt. Aus biologischer Sicht ist die Abgrenzung von Arten meist relativ einfach und Artenvielfalt ist die am einfachsten zu vermittelnde Einheit der Biodiversität. Die genetische Ebene ist zwar ebenso wichtig, eine repräsentative Überwachung derselben wäre indes mit hohen Kosten verbunden. Auch die Lebensraumbene ist bedeutend. Die methodischen Arbeiten für eine einfache Habitaterfassung konnten jedoch noch nicht erfolgreich abgeschlossen werden. Aus diesen Gründen deckt das BDM weder die Ebene der genetischen Vielfalt noch der Lebensraumdiversität ausreichend ab.

> *Verschiedene Ebenen der Artenvielfalt erfassen*

Ökologen unterscheiden drei räumliche bzw. funktionale Ebenen der Artenvielfalt: Erstens die Diversität innerhalb eines Lebensraums, zweitens die Vielfalt innerhalb eines Lebensraummosaiks oder in einer Landschaft sowie drittens innerhalb von biogeografischen Regionen oder eines Landes. Da auf diesen Ebenen unterschiedliche Einflüsse wirken, sind unterschiedliche Entwicklungen zu erwarten. Das BDM soll deshalb die Entwicklungen differenziert für alle drei Ebenen überwachen.

> *Keine Erfolgskontrolle*

Das Ziel des BDM ist ausdrücklich nicht, den Erfolg konkreter Projekte zu überprüfen – dies ist die Aufgabe spezifischer Erfolgskontrollen. Ein Monitoring muss auch keine Kausalitäten aufzeigen – dies wiederum ist vor allem die Aufgabe gezielter (Forschungs-)Projekte. Dauerbeobachtungsprogramme wie das BDM, Erfolgskontrollprogramme und gezielte (Forschungs-) Projekte ergänzen sich gegenseitig.

> *Wichtigste Trends möglicher Einflüsse und Massnahmen aufzeigen*

Auch wenn das BDM keine Kausalitäten nachweisen muss, sind in Übereinstimmung mit international gängigen Indikatorsystemen die Trends bei wichtigen Einflüssen und Massnahmen aufzuzeigen. Damit lassen sich zumindest Hypothesen formulieren, die später in weitergehenden Projekten untersucht werden können. Das BDM soll dementsprechend auf der Grundlage vorhandener Daten die Entwicklungen für mögliche Einflüsse und Massnahmen darstellen, die nach dem Stand des Wissens einen unmittelbaren Zusammenhang mit den Biodiversitätstrends haben können.

2 > Indikatorenkonzept

2.1 PSR-Modell

In internationalen Monitoring-Programmen wird in den letzten Jahren das so genannte DPSIR-Modell der Europäischen Umwelt Agentur (EUA) angewendet (Abkürzung für *Driving forces, Pressures, States, Impacts and Responses*). Das BDM basiert auf dem etwas älteren und einfacheren, für seine Zwecke aber ausreichenden PSR-Modell (OECD 1994). Indikatoren werden in diesem Modell so ausgewählt und gruppiert, dass sie die wichtigsten Einflüsse (etwa Gefährdungen wie der Einsatz von Mineraldünger) und den Zustand (etwa Anzahl Pflanzenarten auf Wirtschaftswiesen) der Biodiversität ausdrücken, oder Massnahmen zu deren Sicherung (etwa Öko-Beiträge für extensive Wiesen) wiedergeben.

Das PSR-Modell ist ein nützliches Raster, um Daten in eine Ordnung zu bringen. Es bringt aber auch Gefahren mit sich, weil durch die Darstellung und Auswahl der Indikatoren Kausalitäten zwischen diesen suggeriert werden. Es muss deshalb immer wieder daran erinnert werden, dass Korrelationen zwischen Zeitreihen nicht automatisch auch Kausalitäten belegen. So hat in der Schweiz beispielsweise in den 1980er Jahren gleichzeitig der Biozideinsatz und der Feldhasenbestand abgenommen, während parallel dazu die Fläche der Schutzgebiete zunahm. Daraus darf freilich nicht geschlossen werden, dass Biozide sich positiv oder Schutzgebiete sich negativ auf die Feldhasenbestände wirken.

2.2 Auswahl der Indikatoren

Indikatoren müssen eine Reihe von Kriterien erfüllen, damit sie für das BDM taugen:

> Zustandsindikatoren ...

- erfassen die wichtigsten Veränderungen der Biodiversität: Einerseits sollte die Vielschichtigkeit der Biodiversität – verschiedene räumliche Ebenen der Artenvielfalt (siehe Tab. 3) sowie genetische Vielfalt und Vielfalt der Lebensräume – möglichst umfassend abgedeckt werden. Andererseits können aus Kostengründen nicht alle möglichen Veränderungen überwacht werden.
- erkennen Veränderungen möglichst ohne Verzug: Die Ergebnisse müssen politisch nutzbar sein. Aussagen darüber, was vor 20 oder 50 Jahren geschehen ist, lassen kaum konkrete Massnahmen zu.
- sind eindeutig zu interpretieren: Die Veränderungen der Indikatorwerte müssen klar bewertbar sein. Eine Erhöhung des Wertes sollte einer Zunahme der Biodiversität entsprechen und positiv zu werten sein (und umgekehrt).
- lassen generalisierende Aussagen für die ganze Schweiz zu: Die Indikatoren müssen so ausgewählt und konzipiert werden, dass flächendeckende Aussagen möglich sind.

- lassen sich gut kommunizieren: Die Resultate müssen auch für Laien verständlich sein und Betroffenheit auslösen. Dies setzt voraus, dass die Indikatoren verstanden werden, dass zumindest einige der ausgewählten Artengruppen bekannt und charismatisch sind, und dass die Ergebnisse mit überzeugenden Beispielen dokumentiert werden können.
- sind möglichst kostengünstig zu erheben/berechnen: Die verfügbaren Mittel sind derart beschränkt, dass die Kosten ein entscheidendes Auswahlkriterium darstellen.

> *Einfluss- und Massnahmenindikatoren ...*

- haben einen möglichst direkten Bezug zur Biodiversität: Insbesondere bei den Einflussindikatoren ist die Versuchung gross, alle denkbaren Grössen zu überwachen und später trotzdem keine Kausalitäten belegen zu können. Dadurch würden aber zu viele Ressourcen gebunden.
- basieren überwiegend auf bereits vorhandenen Daten: Die beschränkten Mittel zwingen dazu, bei den Einfluss- und Massnahmen-Indikatoren in erster Linie auf bereits vorhandene, vielfältige und umfangreiche Daten zurückzugreifen und diese in geeigneter Form aufzuarbeiten.

2.3 Struktur des Indikatorensets

2.3.1 Thematische Gruppierung

Das Konzept des BDM umfasst gegenwärtig 32 Indikatoren. In Tabelle 1 sind sie nach dem PSR-Raster gruppiert. Auch wenn zahlenmässig die Einfluss-Indikatoren dominieren, liegt das Schwergewicht für den Mitteleinsatz des BDM eindeutig bei den Zustands-Indikatoren. Die Daten für die Einfluss- und Massnahmen-Indikatoren werden weitgehend von Dritten übernommen und für das BDM aufgearbeitet.

Tab. 1 > Thematische Gruppierung der Indikatoren gemäss PSR-Raster

Einflüsse		Zustände		Massnahmen	
14 Indikatoren:		12 Indikatoren:		6 Indikatoren:	
• Wertvolle Biotope	1	• Genetische Vielfalt	2	• Schutzgebiete	3
• Landschaftsstrukturen	4	• Artenvielfalt	8	• Vertragsflächen	1
• Offenlandnutzung	2	• Lebensraumvielfalt	2	• Landwirtschaft	1
• Waldnutzung	3			• Finanzen	1
• Gewässernutzung	3				
• Landschaftszerschneidung	1				

Tabelle 2 gibt einen Überblick über alle Indikatoren, eine ausführliche Beschreibung findet sich im Anhang. Auf dem Internet verfügbar sind heute aktuelle Daten zu 31 Indikatoren.

Tab. 2 > Übersicht über die Indikatoren des BDM

E1=Z10	Fläche der wertvollen Biotop
E2	Flächennutzung
E3	Fläche der naturüberlassenen Gebiete
E4	Länge linearer Landschaftselemente
E5	Nutzungs- und Bedeckungsvielfalt des Bodens
E6	Nährstoffangebot im Boden
E7	Nutzungsintensität der landwirtschaftlichen Fläche
E8	Florenfremde Waldfläche
E9	Jungwaldfläche mit künstlicher Verjüngung
E10	Totholz
E11	Wasserentnahmen aus Fliessgewässern
E12	Anteil beeinträchtigter Fliessgewässerabschnitte
E13	Wasserqualität
*	
E15	Landschaftszerschneidung
Z1	Anzahl Nutzzassen und -sorten
Z2	Anteil der Nutzzassen und -sorten
Z3	Artenvielfalt in der Schweiz und in den Regionen
Z4	Weltweit bedrohte Arten in der Schweiz
Z5	Gefährdungsbilanzen
Z6	Bestand bedrohter Arten
Z7	Artenvielfalt in Landschaften
Z8	Bestand häufiger Arten
Z9	Artenvielfalt in Lebensräumen
Z10	Fläche der wertvollen Biotop
Z11	Qualität der wertvollen Biotop
Z12	Vielfalt von Artengemeinschaften
M1	Fläche der Schutzgebiete
M2	Fläche der sicheren Schutzgebiete
M3	Gefährdete Arten in Schutzgebieten
M4	Ökologische Ausgleichsflächen
M5	Biologisch bewirtschaftete Flächen
**	
M7	Finanzen für Natur- und Landschaftsschutz

Z: Zustandsindikatoren; E: Einflussindikatoren; M: Massnahmenindikatoren.

* Indikator E14 wurde in E13 integriert

**M6 hat sich in der geplanten Form als nicht realisierbar erwiesen.

Um die Ressourcen optimal einzusetzen wurde zu Beginn des Projektes in mehreren Workshops bei den zukünftigen Nutzniessern des BDM der Daten- und Informationsbedarf abgeklärt. Neben den Bedürfnissen der zukünftigen Nutzer wurden auch die Empfehlungen von UNEP (1993), OECD (1994), WCMC (Reid et al. 1993) und Noss et al. (1992) berücksichtigt. Der Bericht zum BDM von 1996 enthält ausführliche Angaben zur Zusammenstellung des damaligen Indikatorsets (Hintermann et al. 1996).

Im Verlauf der weiteren Programmentwicklung wurden weitere Indikatoren evaluiert. Der Indikator Z12 ist im Verlaufe dieser Abklärungen neu dazu gekommen. Ausserdem ergaben sich auch bei den ursprünglich vorgesehenen Indikatoren Veränderungen. Der Indikator E14 wurde in den Indikator E13 integriert. Bei einigen Definitionen gab es inhaltliche Anpassungen (beispielsweise E10 und E15). Beim Indikator M6 wurde klar, dass er nicht in der geplanten Form berechnet werden kann.

2.3.2 Zustandsindikatoren

Die meisten Autoren unterscheiden drei Ebenen der Biodiversität: Genetische Vielfalt, Artenvielfalt und Vielfalt an Lebensräumen/Ökosystemen. Auch das BDM verwendet diese drei Ebenen, obwohl es Vorbehalte gegen die Ebene der Lebensraumvielfalt gibt, siehe unter anderem Reid et al. (1993).

Genetische Vielfalt

Für das übergeordnete Ziel der Erhaltung der Biodiversität ist bereits die Vielfalt unterhalb der Artenebene von grosser Bedeutung. Genetische Vielfalt kann schon verlorengehen, bevor eine Art ausstirbt.

Aus Kostengründen erfasst das BDM die genetische Vielfalt nur bei Nutzpflanzen und -tieren (Z1, Z2). Repräsentative Erhebungen, wie sie das Programm auf dem Niveau der Artenvielfalt für die verbreiteten (Z7) und die häufigen Arten (Z9) durchführt, lassen sich auf genetischem Niveau nicht finanzieren.

Artenvielfalt

Die Artenvielfalt ist zweifellos die populärste Ebene der biologischen Vielfalt – oft wird Biodiversität gar mit Artenvielfalt gleichgesetzt. Artenvielfalt ist leicht zu beschreiben und ihr Wert ist nachvollziehbar. In der Regel lassen sich Arten gut voneinander unterscheiden.

Die Artenvielfalt lässt sich auf verschiedenen räumlichen Ebenen erfassen. Tabelle 3 zeigt, worin sie sich unterscheiden.

Verschiedene Autoren bezeichnen die drei Ebenen als Alpha-, Beta- und Gamma-Diversität. Diese Begriffe werden in der Literatur aber nicht einheitlich verwendet (Jurasinski et al. 2009), weshalb hier auf diese Bezeichnungen verzichtet wird.

Tab. 3 > Die drei räumlichen/funktionalen Ebenen der Artenvielfalt

	Vielfalt innerhalb eines Lebensraumes	Vielfalt in Landschaften	Vielfalt in biogeografischen Regionen / in einem Land
Kernindikator im BDM	Z9	Z7	Z3
Wichtigste Einflüsse	• Nährstoffe • Struktur • Nutzungstechnik • Pflege	• Heterogenität • Grenzlinienlänge • Grösse der Nutzflächeneinheiten	• Arealverschiebungen • Artenbildung • Artensterben
Wichtigste Schutzstrategien	• Nutzungstechniken entwickeln/optimieren	• Biotopschutz • Ausgleichsflächen • Biotopvernetzung	• Artenschutz • Wiedereinbürgerung • grossräumige Korridore • ev. Isolation
Sensitive Arten	häufige, weit verbreitete Arten	weit verbreitete, nicht häufige Arten	seltene Arten (bedrohte Arten in Roten Listen)
Zeitliche Dynamik	mittel	schnell	zuerst langsam, dann schnell
Sinnvoller Bezugsraum	• Nutzungseinheiten • Lebensräume	• Regionen • Höhenstufen	• Biogeografische Regionen

Zusätzlich zur reinen Artenzahl spielt auch die Veränderung der Artenzusammensetzung in den verschiedenen Räumen eine zentrale Rolle. Indikator Z12 zeigt auf, wie sich die Artengemeinschaften innerhalb einzelner Lebensräume und in den verschiedenen Regionen der Schweiz entwickeln. Mit diesem Indikator lässt sich somit verfolgen, ob die weltweit thematisierte Homogenisierung der Biodiversität auch in den Lebensräumen und Landschaften der Schweiz voranschreitet.

Die Indikatoren Z9, Z7, Z3 sowie Z12 decken stellvertretend die Entwicklungen für die drei räumlichen Ebenen und die Homogenisierung ab und bilden somit den Kern der BDM-Erhebungen. Nebst diesen Kernindikatoren gibt es durchaus noch weitere Indikatoren, die auf spezielle Aspekte hinweisen.

Z4 (Weltweit bedrohte Arten in der Schweiz) dokumentiert, inwieweit die Schweiz ihre internationale Verantwortung wahrnimmt. Z5 bilanziert die Veränderungen in der Gefährdungssituation bedrohter Arten. Arten, deren Gefährdung gemäss den Roten Listen zugenommen hat, werden gegen jene Arten verrechnet, deren Gefährdung abgenommen hat, um so ein Gesamtbild der Entwicklung zu vermitteln.

Z6 gibt die Bestandesentwicklungen einiger seltener Arten beispielhaft wieder. Die Daten zur Berechnung übernimmt das BDM aus Drittprogrammen. Berücksichtigt werden hier beispielsweise charismatische Arten. Aus den Felderhebungen für Z7 und Z9 lassen sich zudem für etwa 1500 häufige oder verbreitete Arten die Entwicklung ihrer Verbreitung respektive ihres Bestandes ableiten. Diese Angaben zeigt der Indikator Z8 im Überblick.

Lebensraumvielfalt

Die Lebensraumvielfalt ist sehr komplex, schwierig zu fassen und in ihrer Bedeutung umstritten. Reid et al. (1993) weisen darauf hin, dass der Erhalt von Lebensgemeinschaften – und damit auch von Lebensraumtypen, welche in der Praxis vor allem über

Pflanzenlebensgemeinschaften definiert werden – nicht Selbstzweck ist. Vielmehr sollen dadurch jene Arten erhalten werden, welche die betreffende Gemeinschaft bilden und die Funktionen des Ökosystems gewährleisten. Beide Ziele schliessen nicht aus, dass sich Gemeinschaften verändern. Dies macht es schwierig, ideale Zustände sowie erwünschte und unerwünschte Veränderungen zu definieren. Zusätzlich zu den konzeptionellen Vorbehalten gibt es methodische Probleme; es ist äusserst schwierig, gewisse Biotoptypen so abzugrenzen, dass die Ergebnisse reproduzierbar sind und der methodische Fehler ausreichend klein ist.

Das BDM beschränkt sich auf je einen quantitativen und einen qualitativen Indikator zu den wertvollen Lebensräumen gemäss schweizerischem Recht (Z10 und Z11). Flächen- und Strukturveränderungen können einen wesentlichen Einfluss auf die Artenvielfalt haben. Weitere Angaben dazu sind in den E-Indikatoren enthalten.

2.3.3 Einflussindikatoren

Wie Tabelle 3 zeigt, wird die Vielfalt auf den verschiedenen räumlichen Ebenen von unterschiedlichen Einflüssen gesteuert. Die Diversität in Lebensräumen (gemessen von Z9) wird insbesondere vom Nährstoffangebot, von der Struktur der Nutzfläche und der Nutzungstechnik oder Pflege bestimmt. Diese Einflüsse geben vor allem die Indikatoren E6, E7, E8, E9, E11, E12, E13 und E15 wieder. Die Vielfalt in Landschaften wird von der Heterogenität des Lebensraumes, der Grenzlinienlänge und der Grösse der Nutzungseinheiten geprägt, die insbesondere durch die Indikatoren E2, E4, E5, E11, E12 und E15 abgebildet werden. Die Vielfalt in Regionen schliesslich wird zusätzlich von Faktoren wie Arealverschiebung, das Einwandern und Verschwinden von Arten beeinflusst und (teilweise) wiedergegeben durch E1 und E3.

Nicht alle relevanten Einflüsse sind über Indikatoren abgedeckt. Das BDM wurde bewusst so konzipiert, dass bloss die wichtigsten Einflüsse im Indikatorset wiedergegeben werden. Für einige durchaus wünschenswerte Indikatoren fehlt zudem eine geeignete Datengrundlage. Verschiedene Aspekte, die im Zusammenhang mit Biodiversität ebenfalls interessieren, sind teilweise bereits in Indikatoren anderer Programme enthalten. Zusammenhänge lassen sich durch das Verknüpfen dieser Daten analysieren (siehe beispielsweise die Analyse mit dem Landesforstinventar, Brändli et al. 2007).

2.3.4 Massnahmenindikatoren

Auch die Wahl der Massnahmenindikatoren richtet sich weitgehend nach den verfügbaren Daten. Die Veränderung der rechtlich verbindlichen Schutzgebiete (M1 und M2) sowie die Veränderung des Anteils bedrohter Arten in Schutzgebieten (M3) sind für die Artenvielfalt in den Regionen der Schweiz wichtig. Demgegenüber wirken die Indikatoren M4 (Veränderung der Ökoausgleichsflächen) und M5 (Veränderung des Flächenanteils des Biolandbaus) vor allem auf die Diversität in Lebensräumen und Landschaften. Der Indikator M7 (Veränderung der Finanzen für Natur- und Landschaftsschutz) wirkt sich auf alle drei Ebenen aus.

3 > Die wichtigsten Indikatoren des BDM

Im Zentrum des BDM steht die Frage, wie sich der Zustand der Biodiversität über die Zeit verändert. Wie in den vorangehenden Kapitel erläutert, konzentriert sich das BDM dabei vor allem auf die Veränderungen der Artenvielfalt. Hier investiert das BDM auch den grössten Teil seiner finanziellen Mittel.

Nachfolgend werden die Indikatoren zur Artenvielfalt genauer vorgestellt. Die Kernindikatoren zu den verschiedenen räumlichen Ebenen stehen dabei im Vordergrund. Eine komplette Liste der Indikatoren mit kurzen Angaben zur Definition, Bedeutung (inklusive der Grenzen bei der Interpretation) und Methodik findet sich im Anhang.

3.1 Indikatoren zur Artenvielfalt einer Region

Die Zahl der verschiedenen Arten einer biogeografischen Region – oder eines Landes – hängt von der geografischen Lage, der Topografie, den Böden, dem Klima und den Einflüssen der menschlichen Zivilisation ab. Veränderungen dieser Zahl werden weitgehend von Bestandsänderungen der seltenen Arten bestimmt: Sie nimmt beim Erlöschen der letzten regionalen Vorkommen ab. Bei der Wieder- oder Neubesiedlung der Region und bei der Neuentstehung von Arten (in normalen Zeiträumen ein eher ziemlich seltenes Phänomen) nimmt sie zu.

3.1.1 Der Indikator Z3

- > **Definition Z3:** *«Veränderung der Summe der wild lebenden Arten einer taxonomischen Einheit, deren Präsenz in der Schweiz während mindestens neun der zehn zurückliegenden Jahre mit standardisierten Methoden nachgewiesen oder als wahrscheinlich dargelegt werden kann.»*
 - > **Bedeutung:** *Der Indikator Z3 gibt eine Übersicht zur Entwicklung der Artenzahl der bekanntesten Tiergruppen in der Schweiz. Dabei werden die Artenvorkommen ungeachtet ihres Schutzstatus oder Naturschutzwertes miteinander verrechnet. Für eine weitergehende Analyse aus Sicht des Naturschutzes sind die Gründe der Zu- und Abnahmen bei den Artengruppen daher noch einzeln zu betrachten. Dies ist mit den Zusatzangaben im Indikatorblatt möglich.*
-

Das BDM misst die Veränderung der Summe der Arten der Schweiz mit dem Indikator Z3. Auch wenn nicht explizit als Indikator für seltene Arten beschrieben, wird Z3 kurzfristig von den Prozessen «Verschwinden» oder «Neuauftreten» seltener und bedrohter Arten bestimmt (siehe Tab. 4). Diese besiedeln in erster Linie Sonderstandorte oder Grenzregionen. Z3 reagiert daher auf Veränderungen an Sonderstandorten (beispielsweise Naturschutzaktivitäten), (Wieder-)Einbürgerungen und weiträumige

Entwicklungen wie Arealverschiebungen. Kleinräumige Veränderungen, beispielsweise im Bereich der Land- und Forstwirtschaft, beeinflussen Z3 hingegen kaum oder dann, wenn die Veränderungen zwar kleinräumig sind, längerfristig aber auf einer Vielzahl von Lokalitäten stattfinden.

Neben den oben beschriebenen langsam ablaufenden Prozessen kann die Verschleppung von Arten («Neobiota») zu einer Zunahme der Artenzahl führen.

Verlässliche Nachweise von Präsenz und Absenz

Z3 soll das Verschwinden oder Neuauftreten von Arten dokumentieren. Demzufolge können nur Gruppen berücksichtigt werden, für die sowohl der Präsenz- als auch der Absenznachweis in der Schweiz gelingen kann. Vor allem Letzteres ist bei vielen Gruppen schwierig, ebenso wie das möglichst zeitnahe Entdecken neuer Arten. In jedem Fall lassen sich Veränderungen bei seltenen Arten nur mit einer Vollerhebung zuverlässig erfassen, denn Stichprobenerhebungen können das Vorkommen oder Fehlen seltener Arten nie ausreichend präzise abbilden (seltene Arten fallen durch die Maschen eines Stichprobennetzes). In der Praxis scheitert eine flächendeckende Erhebung der Präsenz/Absenz aller Arten der Schweiz an den mangelnden Mitteln. Die Berechnung von Z3 ist daher nur unter Nutzung und Optimierung der bereits vorhandenen Meldenetze von freiwilligen Mitarbeitern möglich. Bedingung dabei ist, dass das Meldernetz ausreichend dicht ist, um Veränderungen entdecken zu können. Dies ist vor allem bei charismatischen Gruppen der Fall, wo Freizeitfaunistiker bevorzugt Raritäten nachweisen. Der Indikator Z3 beschränkt sich daher stellvertretend für die Gesamtartenzahl auf einen Ausschnitt der Biodiversität.

Nur wild lebende Organismen berücksichtigt

Der Indikator Z3 berücksichtigt explizit nur Organismen, die freilebend in der Schweiz vorkommen. Samenbanken oder Zoohaltungen werden ausgeschlossen, da die Schutzstrategien für Organismen in reinen ex situ-Populationen anders gelagert sind als bei wildlebenden Arten.

Damit eine Art als in der Schweiz wild lebend gilt und für Z3 berücksichtigt wird, muss in der Regel ein Reproduktionsnachweis ausserhalb menschlicher Obhut vorliegen. In einigen Fällen wird auf den Direktnachweis der Fortpflanzung verzichtet, insbesondere wenn dieser nur schwerlich zu erbringen ist, jedoch aufgrund anderer Hinweise auf eine erfolgreiche Reproduktion geschlossen werden kann. Die exakten Minimalanforderungen sind für jede Art definiert und dokumentiert.

Ausschluss von starken Schwankungen

Für Z3 werden nur Arten gezählt, die regelmässig in der Schweiz auftreten. Das Kriterium «in 9 von 10 Jahren nachgewiesen» wurde von der Schweizerischen Vogelwarte Sempach übernommen (Schmid 1994). Diese Forderung nach konstanten Nachweisen spielt eine zentrale Rolle für mobile Arten, deren Arealgrenze im Bereich der politisch-geografischen Grenzen der Schweiz beziehungsweise ihrer biogeografischen Regionen verlaufen, und die daher nicht konstant in der Schweiz reproduzieren («Irrgäste»,

«Vermehrungsgäste»). Bei wenig mobilen Arten gilt das Kriterium mit hinreichender Sicherheit als erfüllt, wenn im Abstand von 10 Jahren jeweils ein Nachweis in genügender Distanz zur Grenze des betrachteten Raumes gelingt. Die Referenz-Zeitspanne von 10 Jahren orientiert sich an den Kriterien für die Beurteilung von Populationen für die Klassierung in den Roten Listen (IUCN 2001).

Unklare Abgrenzung von «einheimisch» und «fremd»

Die Prozesse, die durch Z3 abgebildet werden, verlaufen natürlicherweise relativ langsam. Ausnahmen bilden allerdings stark anthropogen beeinflusste Faunen- oder Florenveränderungen (Aussetzung, Einschleppung, Öffnung von Verbreitungshindernissen, gezielte Ausrottung). Artikel 8h der Biodiversitätskonvention verlangt explizit, dass die «einheimischen» Arten erhalten werden. Ein Monitoringprogramm sollte sich demzufolge ebenfalls auf autochthone Arten konzentrieren oder zumindest die Veränderungen im Bestand dieser Arten gesondert dokumentieren.

In einem kleinen Binnenland wie der Schweiz sind Flora und Fauna auch ohne Zutun des Menschen allein infolge klimatischer und biogeografischer Prozesse einem dauernden Wandel unterworfen. Sehr viele heute in der Schweiz weit verbreitete Arten sind erst im Verlauf der letzten 10 000 Jahre eingewandert. Wir betrachten sie aber dennoch als «einheimisch», zumindest wenn ihre Einwanderung, wie etwa bei der Rotbuche, schon 6000 Jahre zurückliegt. Auch vom Menschen vor weniger als 1000 Jahren künstlich angesiedelte Arten werden heute als «einheimisch» betrachtet, zum Beispiel der Edelkrebs. Es ist heutzutage üblich, das Jahr 1492, oft gerundet 1500, als historische Grenze zwischen «einheimisch» und «fremd» zu verwenden.

Trotz der klaren zeitlichen Abgrenzung bleiben aber erhebliche Definitionsprobleme – beispielsweise Aussetzung im Ausland, spontane Besiedlung der Schweiz (Bisam, Marderhund, Waschbär); Aussetzungen, die eine Neubesiedlung nicht verursachen, sondern nur vorwegnehmen oder beschleunigen (Seefrosch); unbeabsichtigte Einschleppung mit Kulturpflanzen (Unkräuter, phytophage Insekten). Wegen dieser Schwierigkeiten erhebt das BDM für den Indikator Z3 alle Arten einer taxonomischen Gruppe, unabhängig ihrer Herkunft. Eine gesonderte Auswertung für Arten unterschiedlicher Herkunft ist aber rückwirkend möglich.

Langsame Reaktion

Der Indikator Z3 reagiert träge auf Entwicklungen. Zwischen 1900 und 2007 gab es in der Schweiz bei insgesamt rund 700 überwachten Tierarten nur 65 bleibende Veränderungen (42 Zugänge, 23 Abgänge), also etwa 1 Prozent pro Jahr (Martinez et al. 2009). Auch die theoretischen biogeografischen Modelle sagen innerhalb politisch relevanter Zeiträume konstante Z3-Werte voraus. Selbst erhebliche Landschaftsveränderungen beeinflussen den Indikator nur wenig. Zu den genannten Theorien gehören unter anderem die Gleichgewichtstheorie der Inselbiogeografie (MacArthur & Wilson 1967), die «species saturation» («Artensättigung», Terborgh & Faaborg 1980) und die «carrying capacity for species richness» («Tragbarkeitsgrenze für Artenreichtum», Brown et al. 2001).

Z3 ist zudem wegen seiner Abhängigkeit von wenigen, seltenen Arten im Allgemeinen nicht sehr sensitiv, ausser im Grenzbereich zwischen Vorkommen und Nicht-mehr-Vorkommen: Es ist zum Beispiel entscheidend, ob ein einziges Paar einer Brutvogelart noch regelmässig brütet. Trotz dieser Einschränkungen stützen sich massgebliche internationale Bemühungen zur Erfassung der Biodiversität explizit auf Kenngrössen, wie sie Z3 verwendet (vgl. Reid et al. 1993: «... one of the most useful indicators of status and trends ...»). Ein Monitoring kann daher nicht auf diese verzichten.

Um die Sensitivität des Indikators zu erhöhen, wird der Wert von Z3 nicht nur für die Schweiz als Ganzes, sondern auch für die verschiedenen biogeografischen Regionen getrennt berechnet. Somit kann zusätzlich regionales Verschwinden und Einwandern für die sechs Regionen Jura, Mittelland, Alpennordflanke, Alpensüdflanke, Westliche und Östliche Zentralalpen dargestellt werden.

Daten aus Drittprogrammen

Zunächst wurde Z3 für jene Taxa realisiert, zu denen dank bestehender Meldenetze bereits erhebliches Vorwissen verfügbar ist. Wie Tabelle 4 zeigt, können Z3-Informationen für Wirbeltiere (ohne Fledermäuse) und einige charismatische Grossinsektengruppen übernommen werden (teilweise unter Ausschluss schwierig zu bestimmender Untergruppen). Andere Gruppen wie beispielsweise Gefässpflanzen, Moose und Flechten können bei Z3 nicht berücksichtigt werden, da zwar Präsenz- aber keine Absenznachweise mit genügender Sicherheit möglich sind. Bei den Gefässpflanzen zum Beispiel würden Veränderungen vor allem durch unbeständige Adventivarten – vom Menschen eingeführte oder eingeschleppte Arten – verursacht. Absenznachweise können bei solchen, lokal nicht stetig vorkommenden Arten nicht mit vertretbarem Aufwand gelingen. In einer nächsten Projektphase könnte Z3 eventuell um einige Gruppen erweitert werden, bei denen derzeit Informationen zum Vorkommen der Arten rasch zunehmen.

Tab. 4 > Berücksichtigung verschiedener Artengruppen bei der Berechnung von Z3*Stand Dezember 2012. Weitere Gruppen wurden nicht abgeklärt.*

Taxon	Bemerkung	Arten	Berücksichtigung für Z3
Säugetiere	ohne Fledermäuse	59	berücksichtigt
Fledermäuse	Absenz nicht nachweisbar	26	nicht berücksichtigt
Vögel	alle Brutvögel	177	berücksichtigt
Reptilien		15	berücksichtigt
Amphibien		18	berücksichtigt
Fische und Rundmäuler	ohne Arten in Gartenteichen	88	berücksichtigt
Libellen	ohne einige Wanderarten	67	berücksichtigt
Schmetterlinge	nur Tagfalter (inkl. Hesperidae, aber ohne Zygaenidae)	190	berücksichtigt
Heuschrecken		103	berücksichtigt
Eintagsfliegen	derzeit rascher Zuwachs der Informationsdichte	87	vielleicht später machbar
Steinfliegen	derzeit rascher Zuwachs der Informationsdichte	111	vielleicht später machbar
Köcherfliegen	derzeit rascher Zuwachs der Informationsdichte	302	vielleicht später machbar
Gefässpflanzen	Absenz nicht nachweisbar	ca. 3100	nicht berücksichtigt
Moose	Absenz nicht nachweisbar	1 078	nicht berücksichtigt
Pilze	nur Speisepilze	ca. 150	nicht berücksichtigt (keine taxonomische Gruppe; Abgrenzung unklar)
Flechten	Absenz nicht nachweisbar	ca. 1 600	nicht berücksichtigt

3.1.2 Der Indikator Z4

Die Schweiz ist internationale Verpflichtungen zur Erhaltung weltweit bedrohter Arten eingegangen. Diese haben bei Artenschutzmassnahmen erste Priorität, da ihr Verschwinden im Gegensatz zu «bloss» national bedrohten Arten einen irreversiblen Verlust darstellt. Der Indikator Z4 zeigt nur einen sehr kleinen Ausschnitt der Biodiversität in der Schweiz, liefert aber einen wesentlichen Hinweis auf den Beitrag der Schweiz an den Erfolg internationaler Schutzbemühungen.

> Definition Z4: «Veränderung der Summe aller Arten, die weltweit gefährdet sind und deren Präsenz in der Schweiz während mindestens neun der zehn zurückliegenden Jahre mit standardisierten Methoden nachgewiesen oder als wahrscheinlich dargelegt werden kann.»

> Bedeutung: Der Indikator Z4 gibt einen Hinweis zur Bedeutung der Schweiz beim Schutz weltweit gefährdeter Arten. Die Übersicht bleibt vorerst lückenhaft, da die weltweite Gefährdung noch nicht für alle Artengruppen abgeschätzt worden ist und/oder nicht zu allen für die Schweiz relevanten Arten ausreichend Daten vorliegen.

Die Bezeichnung der weltweiten Gefährdung erfolgt nach quantitativen, konsistenten Einstufungskriterien der IUCN (IUCN 2001). Die Einstufung drückt das globale Aussterberisiko aus. Der Begriff «wild vorkommend» ist analog Z3 definiert. Der Indikator wird nur alle 5 Jahre aktualisiert.

Endemische Arten der Schweiz erfüllen praktisch ausnahmslos mindestens die IUCN-Kriterien für den Status «verletzlich». Sie können unabhängig von der Tätigkeit der IUCN – aber unter Verwendung der gleichen Kriterien – eingestuft werden. Dies erlaubt den Einbezug einiger Molluskenarten bei Z4, obwohl die IUCN diese Gruppe noch nicht umfassend bewertet hat.

Theoretisch wäre Z4 eine Teilmenge von Z3. Bei Z3 kann aber nur ein sehr kleiner Teil aller Taxa erfasst werden. Weil Z4 nur eine überschaubare Menge an Einzelarten (die weltweit gefährdeten) enthält, können hier im Vergleich mit Z3 zusätzliche Artengruppen berücksichtigt werden. Das sind derzeit Fledermäuse, Mollusken, einige Gruppen von Gliedertieren, Gefässpflanzen und Moose.

Langfristiges Ziel des BDM ist die Erfassung aller weltweit bedrohten Arten in der Schweiz, doch erfolgt der Ausbau des Indikators schrittweise in Abhängigkeit der Arbeit der IUCN und der Datenlage innerhalb der Schweiz. Viele Daten werden bei der Aufarbeitung des Indikators Z3 (und teilweise Z5 und Z6) «beiläufig» verfügbar gemacht. Soweit nicht auf die Datenbasis dieser Indikatoren oder weiterer unabhängiger Programme zurückgegriffen werden kann, müssen zur Kontrolle der Präsenz relevanter Arten sehr verschiedene Methoden angewendet werden (Meldenetz von Freizeitfloristikern/-faunistikern, gezielte professionelle Nachsuche bei potenziell neu auftretenden oder verschollenen Arten). Methodische Schwierigkeiten (beschränkte flächendeckende Nachweisbarkeit, Probleme der Artdefinitionen) zwingen aber zum Ausschluss einiger Arten (beispielsweise der Grasart Dicke Trespe *Bromus grossus*, deren Absenz nicht zuverlässig nachgewiesen werden kann).

Obwohl das BDM die bestehenden Roten Listen der IUCN (IUCN, publiziert im Internet unter www.redlist.org, Stand 2010) mit Endemiten anderer Artengruppen nach IUCN-Kriterien (IUCN 2001) ergänzt hat, umfasst die Liste der weltweit gefährdeten Arten für die Schweiz nur die bekannteren Taxa (Tab. 5). Es ist davon auszugehen, dass in den kommenden Jahren zusätzliche Arten auf die Liste der überwachten Z4-Arten gesetzt werden können.

Tab. 5 > Artengruppen mit weltweit gefährdeten Arten, die derzeit bei der Berechnung von Z4 berücksichtigt werden

Die Spalte «Arten Z4» gibt an, wie viele weltweit bedrohte Arten derzeit in der Schweiz bekannt sind und im Rahmen von Z4 auch überwacht werden können.

Taxon	Bemerkung	Arten Z4
Säugetiere		1
Vögel		0
Reptilien		0
Amphibien		1
Fische	11 Arten von der IUCN noch nicht klassiert	8
Mollusken	Gruppe von der IUCN noch nicht klassiert, vorläufig nur endemische Arten in Z4	5
Zehnfusskrebse		3
Schmetterlinge	eine zusätzliche Art ist nicht überprüfbar	6
Hautflügler	15 gefährdete Ameisenarten nicht überprüfbar	0
Käfer	nur unvollständig bearbeitet	4
Heuschrecken		1
Libellen		0
Spinnen	nur unvollständig bearbeitet	1
Gefässpflanzen	eine zusätzliche Art ist nicht überprüfbar	27
Moose		2

3.1.3 Der Indikator Z5

> Definition Z5: «Zahl der Arten, deren Gefährdung in der Schweiz um eine Stufe abgenommen hat, minus Zahl der Arten, deren Gefährdung um eine Stufe zugenommen hat. Arten, deren Gefährdungsstufe um zwei (drei) Einheiten verändert ist, werden doppelt (dreifach) gezählt.»

> Bedeutung: Der Indikator Z5 bilanziert, wie sich die Gefährdungen der Arten auf den offiziellen Roten Listen über 10–20 Jahre verändert. Ein Vergleich ist allerdings nur zulässig, wenn die verglichenen Roten Listen nach denselben IUCN-Kriterien erarbeitet worden sind und sich die Taxonomie nicht wesentlich geändert hat. Da diese Bedingungen nur für Brutvögel erfüllt sind, gibt Z5 vorläufig vor allem eine aktuelle Übersicht zu den verschiedenen Roten Listen des Bundes.

Der Indikator Z5 zeigt auf, wie sich die Gefährdungsbilanzen der Flora und Fauna in der Schweiz verändert. Die Anzahl bedrohter Arten lässt sich für jedes Taxon aus den Roten Listen ablesen. Meist ist jedoch weniger die Anzahl oder der Anteil bedrohter Arten pro Artengruppe interessant, sondern die zeitlichen und räumlichen Veränderungen dieser Zahlen. Um derartige Entwicklungen belegen zu können, muss die Zuordnung der Arten nach Gefährdungskategorien aufgrund einheitlicher, nachvollziehbarer Kriterien erfolgen. Ein derartiges System ist von der IUCN für die Abschätzung der weltweiten Gefährdung bereits entwickelt worden (IUCN 1994), auch Anpassungen dieser Kriterien für die Verwendung in nationalen Roten Listen liegen inzwischen vor

(IUCN 2003). In der Schweiz wurde dieses einheitliche System ab 2001 übernommen, so dass bei den folgenden, schrittweisen Revisionen der Roten Listen Bilanzen über die Gefährdungsveränderungen erstellt werden können. Dies war zum ersten Mal im Jahr 2010 bei den Brutvögeln der Fall, und der Indikator Z5 konnte entsprechend berechnet werden. Z5 ist definiert als «Zahl der Arten, deren Gefährdung in der Schweiz um eine Stufe abgenommen hat minus Zahl der Arten, deren Gefährdung um eine Stufe zugenommen hat. Arten, deren Gefährdungsstufe sich um zwei (drei) Einheiten verändert hat, werden doppelt (dreifach) gezählt».

3.1.4 Der Indikator Z6

- > **Definition Z6:** *«Veränderung der Bestandesgrössen ausgewählter, in der Schweiz, europa- oder weltweit bedrohter oder potenziell bedrohter Arten.»*
- > **Bedeutung:** *Der Indikator Z6 ist zwar für die Biodiversität als Ganzes nicht repräsentativ, da die Auswahl durch die wenigen verfügbaren Daten bestimmt ist. Z6 zeigt aber anhand verschiedener Beispiele, wie sich die Bestände bedrohter oder potenziell bedrohter Pflanzen- und Tierarten innerhalb von zehn oder mehr Jahren verändern. Er gibt so den abstrakten Zahlen anderer Indikatoren (vor allem Z5) gewissermassen ein «Gesicht».*

Zur Illustration der Trends bei bedrohten oder seltenen Arten stellt das BDM exemplarisch die Entwicklungen der Bestände einiger besonders gut dokumentierter oder charismatischer Arten im Indikator Z6 dar. Arten mit erhöhtem Aussterberisiko sind für den Erhalt der Artenvielfalt von besonderer Bedeutung. Die Angaben für Z6 stammen aus Drittprojekten wie etwa Artenschutzprogrammen. Für Z6 werden grundsätzlich jährliche Schätzungen der Bestandsgrösse (Abundanz) verwendet. Das Schätzen von Abundanzen ist in der Regel aber methodisch schwierig und sehr aufwändig, so dass entsprechende Datenreihen nur für ganz wenige Arten der Schweizer Flora und Fauna vorhanden sind. Der Indikator Z6 umfasst derzeit vor allem Angaben zu Brutvögeln sowie einzelne Vertreter der Säuger, Amphibien, Gefässpflanzen und eine Insektenart.

3.2 Indikatoren zur Artenvielfalt der Lebensräume

Der Artenreichtum innerhalb eines Lebensraumes wird beeinflusst durch die Qualität und Quantität der Ressourcen wie Nährstoffe, Nahrungsangebot und Strukturen. In genutzten Flächen hat zudem die Art und Intensität der Nutzung oder Pflege entscheidenden Einfluss auf die biologische Vielfalt.

Bei der Bewertung der Biodiversitätsentwicklung ist jedoch zu beachten, dass nicht allein die Anzahl der gefundenen Arten, sondern auch Unterschiede in der Zusammensetzung der Artengemeinschaften zur Biodiversität beitragen, siehe Kapitel 3.4.

3.2.1 Der Indikator Z9

Artenreichtum – gemessen als Artenzahl pro Flächeneinheit – ist einer der aussagekräftigsten und überzeugendsten Indikatoren, da er intuitiv verständlich ist.

-
- > **Definition Z9:** *«Veränderung des mittleren Artenreichtums ausgewählter Artengruppen auf kleinen Flächen standardisierter Grösse.» Der Indikator misst die Artenvielfalt der Gefäßspflanzen, Moose und Mollusken (Gehäuseschnecken) auf einer Fläche von zehn Quadratmetern. Für den Z9-Indikator Gewässerinsekten wird die Artenvielfalt von Eintagsfliegen, Steinfliegen und Köcherfliegen in Fliessgewässerabschnitten gemessen.*
 - > **Bedeutung:** *Der Indikator Z9 charakterisiert die kleinräumige Artenvielfalt innerhalb von Lebensraumtypen. Dies ermöglicht eine Auswertung der Trends der Artenvielfalt für die wichtigsten Hauptnutzungen der Schweiz. Da die Daten in einem regelmässig über die Schweiz erhobenen Raster erhoben werden, zeigt Z9, wie sich der Artenreichtum in unserer alltäglichen Landschaft, also in «normalen» Schweizer Wiesen, Äckern, Wäldern und Gewässern entwickelt. Naturschützerisch wertvolle Sonderstandorte fallen hier nicht ins Gewicht.*
-

Berücksichtigung von Nutzflächen

Z9 illustriert die Veränderungen der Artenvielfalt in verschiedenen Lebensraumtypen. Um repräsentative Aussagen für die Schweiz zu gewinnen, werden die Rohdaten mit einem systematischen Stichprobennetz mit rund 1600 terrestrischen und 570 aquatischen Probeflächen erhoben (siehe Kapitel 4.2). Grundsätzlich wäre Z9 für alle Lebensraumtypen vorstellbar, die in der Schweiz über einen gewissen Flächenanteil verfügen. Um jedoch für einen Flächentyp gesicherte Trends erkennen zu können, muss eine Mindestanzahl von Aufnahmeflächen bearbeitet werden. Da der finanzielle Rahmen nur eine beschränkte Anzahl erlaubt, sind Aussagen zu seltenen Standorten (beispielsweise Hochmoore) mit dem derzeitigen Stichprobenraster nicht möglich. Veränderungen auf derartigen Sonderstandorten werden in spezifischen Erfolgskontrollprojekten überwacht, zum Beispiel in der Erfolgskontrolle zu den Bundesinventaren des BAFU. Die Indikatoren Z3 und Z5 erfassen diese Erfolgskontrollen zu einem kleinen Teil (siehe Kapitel 3.1).

Im Gegensatz zu Sonderstandorten wird die Artenvielfalt auf den häufigen Nutzflächen stark von Nutzungseingriffen geprägt. Z9 konzentriert sich auf die Nutzungseinheiten Wald, Ackerland, Dauergrünland, Siedlungsgebiete und unproduktive alpine Flächen, teilweise differenziert nach der Höhenstufe (siehe Tab. 6). Im Jahr 2010 kamen die Fliessgewässer als neuer Habitattyp dazu. Eine Auflösung in noch feiner unterteilte Nutzungstypen ist aus finanziellen Gründen nicht möglich.

Tab. 6 > Verteilung der terrestrischen Probeflächen auf die Auswertungseinheiten von Z9

Zusätzlich zu diesen terrestrischen Straten untersucht das BDM auch Fließgewässer.

Nutzungseinheit	kollin	montan	subalpin	Schweiz
Wald	X	X	X	X
Ackerland				X
Wiesen/Weiden	X	X	X	X
Alpweiden				X
Siedlungsgebiete				X
Unproduktive alpine Flächen				X

Die Unterteilung der Auswertungseinheiten mag auf den ersten Blick grob erscheinen. Veränderungen werden jedoch am ehesten in diesen Straten erwartet. So wird sich die zunehmende Ökologisierung und Extensivierung, das Ziel der gegenwärtigen Landwirtschaftspolitik, auf diesen Indikator auswirken. Eine Auswertung für ökologische Ausgleichsflächen auf der Basis der Z9-Erhebungen hat beispielsweise deutliche Hinweise über den Erfolg dieser Öko-Programme gegeben (Roth et al. 2008). Der Indikator bildet ebenfalls die Folgen des Klimawandels ab.

Veränderungen bei häufigen Arten

Stark genutzte Gebiete wie Siedlungsgebiete, Landwirtschafts- und Waldflächen werden vor allem von «Trivialarten» besiedelt. Z9 zeigt deshalb in Ergänzung zu anderen Indikatoren vor allem Trends bei häufigen Arten auf. Der Indikator ist so konzipiert, dass er in erster Linie auf Veränderungen bei diesen Arten, die für für Nutzflächen typisch sind, -reagiert. Die Sensitivität lässt sich durch die Erhebungsmethode (beispielsweise Zahl der Begehungen einer Fläche) und die Grösse der Aufnahmeflächen steuern. Je kleiner eine Probefläche ist, desto weniger Arten lassen sich dort feststellen. Die Erhebungen für Z9 weisen immer einen «Sockel» an sehr häufigen Arten auf. Ausschlaggebend für die Veränderung der Artenzahl sind aber vor allem «mittelhäufige» Arten, die nicht in jeder Stichprobe vertreten sind. Seltene Arten beeinflussen den mittleren Artenreichtum auf kleinen Flächen hingegen nicht, da sie in den Aufnahmeflächen ohnehin kaum vorkommen.

Kleine Aufnahmeflächen

Die Aufnahmeflächen wurden aus folgenden Überlegungen klein gewählt:

- > *Eindeutige Zuordnung der Probefläche zu einem Auswertungsstratum:* Jede Aufnahme soll möglichst eindeutig einem einzigen Nutzungs- oder Gewässertyp zugeordnet werden können. Die Kategorisierung sollte mindestens die Straten gemäss Tabelle 6 umfassen, idealerweise für spezielle Auswertungen noch detaillierter sein.
- > *Sensitivität bei häufigen Arten:* Z9 soll Veränderungen bei häufigen Arten widerspiegeln. Die Wahrscheinlichkeit, in erster Linie häufige Arten anzutreffen, ist auf kleinen Flächen höher als bei grossen.
- > *Taxonabhängige Grösse der Aufnahmefläche:* Die Grösse der Aufnahmefläche muss an die Biologie der untersuchten Arten angepasst werden. Für Gefässpflanzen und

Moose ist empirisch eine Probefläche von 10 Quadratmetern definiert, aus der auch die Bodenproben für die Molluskenbestimmung entnommen werden, siehe Abbildung 1. Für die Erfassung der Gewässerinsekten richtet sich die Länge der Fließgewässerabschnitte nach der jeweiligen Gewässerbreite: Die Abschnittslänge entspricht der zehnfachen Bachbreite.

- > *Hohe Reproduzierbarkeit der Daten* (vgl. auch Kapitel 4.1): Für die Zuverlässigkeit der Trendberechnungen ist entscheidend, dass die Erhebungsfehler konstant sind. Nur dann können die Trends mit Sicherheit auf biologische und ökologische Vorgänge zurückgeführt werden. Dieser systematische Fehler ist um so konstanter, je vollständiger die Artenvorkommen an einem Standort erfasst werden können. Auf kleinen Stichprobenflächen ist eine Vollerfassung der vorhandenen Arten einfacher und schneller als auf grossen.
- > *Rohdaten für Frequenzberechnungen von Einzelarten*: Z9 erfasst zwar nur die Präsenz/Absenz der Arten. Da die Probefläche aber relativ klein ist, können allein mit diesen Ergebnissen Hinweise auf regionale oder nationale Bestandstrends gefunden werden.
- > *Nicht zu viele Nullproben*: Eine Aufnahme­fläche darf allerdings aus statistischen Gründen auch nicht zu klein ausfallen. Zu viele Proben ohne Vorkommen der zu prüfenden Artengruppe («Nullproben») führen bei einem fix vorgegebenen Stichprobenumfang zu Auswertungsproblemen.

Abb. 1 > Aufnahme­fläche zur Erhebung von Z9

Für Pflanzen und Moose ist empirisch eine kreisrunde Erhebungsfläche von 10 Quadratmetern definiert, auch die Bodenproben zur Molluskenbestimmung beziehen sich auf diese Fläche.



Versichern und Wiederfinden der Flächen

Zur Ermittlung der Veränderungen des Artenreichtums in Lebensräumen werden die Daten auf einem vorgegebenen Netz von Aufnahmepunkten periodisch erhoben (siehe

Kapitel 4.2). Für das BDM ist von zentraler Bedeutung, dass tatsächlich immer wieder dieselben Flächen untersucht werden. Bei den terrestrischen Kleinstflächen von nur 10 Quadratmetern ist eine hohe Präzision beim Wiederauffinden sicherzustellen. Die Zentren der Aufnahmeflächen (identisch mit Schnittpunkten des Kilometernetzes des Landeskoordinatensystems der Schweiz) werden daher mit GPS eingemessen. Innerhalb des Waldes lässt sich der Standort anhand von Markierungen des Landesforstinventars (LFI) feststellen, das ein vergleichbares, allerdings auf das Waldareal beschränktes Messnetz betreibt. Die Probefläche wird «versichert», indem ein detailliertes Versicherungsprotokoll (Oberflächenmarkierung) verfasst und im Zentrum der Fläche ein Magnet versenkt wird (Tiefe der Oberkante: 60 Zentimeter). Dort, wo kein Magnet versenkt werden kann, wird die Fläche mittels Stahlstift oder Farbmarkierungen gekennzeichnet. Mit Hilfe des Versicherungsprotokolls und eines Magnetdetektors kann das Flächenzentrum später exakt und rasch wiedergefunden werden.

Die Aufnahmeflächen für die Gewässerinsekten werden mit Farbmarkierungen am Gewässerrand gekennzeichnet. Situationsskizzen erleichtern das Wiederfinden der Flächen.

Robuste und reproduzierbare Feldmethoden

Die Erhebungsmethoden für Z9 sind so ausgelegt, dass die Arten einer Gruppe mit geringem Aufwand auf einer kleinen Stichprobenfläche ermittelt werden können. Die Daten einer einzelnen Aufnahmefläche sind ein Teil der Stichprobe eines Auswertungsstratums (beispielsweise «unproduktive alpine Flächen») und können nur zusammen mit den Aufnahmen weiterer Flächen desselben Stratums interpretiert werden. Die Erhebungsmethode ist hingegen nicht darauf ausgelegt, anhand einer einzelnen Probefläche die Biodiversität seiner näheren Umgebung darzustellen. Die Z9-Pflanzenaufnahme an einem einzelnen Standort wie zum Beispiel im Bremgartenwald bei Bern auf 560 Meter über Meer ist eine von vielen Messungen, die in diesem Fall letztlich eine repräsentative Aussage über die Veränderung des mittleren Artenreichtums der Pflanzen für das gesamte Stratum «Montane Wälder in der Schweiz» ermöglichen. Die auf 10 Quadratmetern gewonnenen Daten bilden indes die Pflanzenvielfalt des Bremgartenwaldes selbst nicht ausreichend ab.

Die Feld- und Labormethoden sind für jede Artengruppe detailliert beschrieben und auf der Website www.biodiversitymonitoring.ch verfügbar. Sie sind so präzise definiert, dass die Interpretationsmöglichkeiten durch die bearbeitende Person minimal sind. Für die Datenerhebung müssen qualifizierte Mitarbeitende eingesetzt werden. FreizeitfaunistikerInnen und -floristInnen verfügen zwar teilweise über das benötigte Fachwissen. In der Regel sind sie aber kaum für die Erhebung von Z9 zu gewinnen, da sie in der Feldmethode sehr stark eingeschränkt und meist nur mit wenig attraktiven Trivialarten konfrontiert sind. Um Erhebungskosten zu senken, wurden Methoden gesucht, die es einer geschulten Person erlauben, auf einer Probefläche mehrere Artengruppen zu sammeln. Die Artbestimmung erfolgt hingegen immer durch Spezialisten. Moos- und Molluskenproben werden beispielsweise von dem Botaniker gesammelt, welcher die Gefässpflanzenaufnahmen durchführt. Zur Bestimmung werden die Proben anschliessend an Spezialisten versandt.

Die Feldmitarbeitenden des BDM entnehmen zusätzlich in einem genau definierten Radius vom Zentrum jeder Z9-Probefläche Bodenproben. Diese Proben werden an die Nationale Bodenbeobachtung NABO weitergegeben und im Rahmen dieses Monitoringprogrammes analysiert. Während die NABO auf diese Weise eine grosse und gitternetzförmige Stichprobe erhält, profitiert das BDM im Gegenzug von Informationen über die Bodenqualität und -beschaffenheit am jeweiligen Standort.

Für Gewässerinsekten gibt es ein eigenes Erhebungsteam. Diese Mitarbeitenden erfassen vor Ort die Ökomorphologie der Gewässer, entnehmen die Proben und bestimmen die Tiere auf Ebene der Gattungen, die dem Niveau des «Indice biologique CH» (Stucki 2010) entspricht. Die genaue Artbestimmung erfolgt dann durch Taxonspezialisten im Labor. Die Erfassung der Gewässerinsekten ist methodisch vergleichbar mit dem Modul-Stufen-Konzept des Bundes (Stucki 2010).

Keine Verwendung von Diversitätsindizes

Die wissenschaftliche Literatur bietet eine breite Palette an möglichen Indizes zur Berechnung der Diversität in Lebensräumen (z. B. Magurran 1988). Der wohl am meisten verwendete Index ist das Diversitätsmass nach Shannon-Weaver. Dieses berücksichtigt sowohl die Anzahl der verschiedenen Arten als auch ihre relative Häufigkeit in einem Gebiet. Der Vorteil einer solchen Berechnung liegt darin, dass nicht nur die Präsenz, sondern auch die Dominanz innerhalb einer Artengemeinschaft berücksichtigt wird. Die Berechnung des Index verlangt aber, dass neben Präsenz und Absenz auch die Bestandesgrössen erhoben werden (zu Problemen der Reproduzierbarkeit bei Individuenzahlen siehe Ausführungen zu Z7 in Kapitel 3.3). Ein weiterer Nachteil bei der Verwendung derartiger Indizes für den BDM-Indikator Z9 besteht darin, dass die Veränderung des Zahlenwertes keine eindeutigen Aussagen zulässt. Der Shannon-Weaver-Index steigt beispielsweise, wenn häufige Arten selten werden. Je nach Häufigkeitsverteilung können hingegen etliche Arten aussterben, ohne dass der Index eine relevante Veränderung anzeigt. Ebenso schwer interpretierbare Ergebnisse liefert die Berechnung der so genannten Evenness (Ebenmässigkeit; ein Mass für die Gleichmässigkeit der Anteile einer Art in der Stichprobe). Das BDM verzichtet daher weitgehend auf die Verwendung solcher Indizes, ausgenommen bei Indikator Z12, wo ganz gezielt die Artenzusammensetzungen miteinander verglichen werden.

Auswahl der Artengruppen

Wie andere Indikatoren auch erfasst Z9 die Biodiversität nur stellvertretend anhand einiger ausgewählter Artengruppen. Dabei eignen sich nur Gruppen, von denen jeweils mehrere Arten in möglichst allen Nutzungseinheiten gemäss Tabelle 6 vorkommen (also Gruppen mit mehreren Arten sowohl in Offenland, Siedlungen, Wald, etc.). Dasselbe gilt für Fliessgewässer. Zudem müssen die Arten eines Taxons in Abhängigkeit der Nutzungseinflüsse unterschiedlich häufig sein, damit daraus überhaupt eine Veränderung des Indikatorwertes resultieren kann. Da Z9 gewissermassen «Punktfornationen» vermittelt, kommen überdies nur Gruppen in Betracht, die sich in Beziehung zu einer Nutzungseinheit bringen lassen. Grossäuger mit weitläufigen Revieren können beispielsweise nicht für die Darstellung der Lebensraumdiversität in Landschaften verwendet werden. Bei der Projektierung des Programms wurden über ein

Dutzend Artengruppen in Betracht gezogen. Dabei spielte das Kriterium der Kosten eine wichtige Rolle. Letztlich wurden Gruppen ausgewählt, die sich relativ kostengünstig erheben lassen, da so bei gegebenem Budget mehr Artengruppen in die Berechnung integriert werden können. Es sind jene Taxa, für die nur wenige Begehungen einer Fläche notwendig sind und deren Bestimmungsaufwand gering ist.

Tabelle 7 zeigt die nach methodischer, ökologischer und ökonomischer Prüfung ausgewählten Artengruppen. Seit 2001 werden Gefässpflanzen, Moose und Mollusken erhoben, Tagfalter seit 2003. 2010 starteten die Erhebungen zu Gewässerinsekten (Eintagsfliegen, Steinfliegen, Köcherfliegen).

Tab. 7 > Artengruppen, die aktuell in Z9 oder Z7 (siehe Kapitel 3.3) berücksichtigt werden

Taxon	Z7	Z9
Gefässpflanzen	X	X
Moose		X
Mollusken (ohne Nacktschnecken)		X
Brutvögel	X	
Tagfalter (ohne Dickkopffalter)	X	
Gewässerinsekten		X

3.2.2 Der Indikator Z8

- > Definition Z8:** «Veränderung der Frequenz besetzter Rasterzellen ausgewählter, weit verbreiteter oder häufiger Arten.»
- > Bedeutung:** Der Indikator Z8 erfasst, wie sich die Bestände und Verbreitung häufiger Pflanzen- und Tierarten im Laufe der Zeit verändern. Häufige Arten sind ökologisch bedeutend: Sie bilden den Hauptteil der lebenden Biomasse, eine ergiebige Nahrungsquelle für andere Organismen und liefern einen grossen Beitrag an die Ökodieleistungen. Mit ihren grossen Beständen und ihrer weiten Verbreitung prägen sie das Erscheinungsbild ihrer Lebensräume und sogar ganzer Landschaften.

Theoretisch ist für die Berechnung des Indikators Z9 nur die Artenzahl pro Aufnahme und nicht die Identifikation der einzelnen Arten notwendig (siehe Kapitel 4). Die Artbestimmung bedeutet aber bei den operationalisierten Taxa keinen entscheidenden Zusatzaufwand. Für die Interpretation der beobachteten Veränderungen bieten die Artnamen dagegen wichtige Zusatzinformationen. Auch wenn in den einzelnen Flächen die Abundanzen nicht erhoben werden, kann über die Häufigkeit der Vorkommen von Einzelarten in allen Erhebungsflächen einer Region ein Bestandstrend errechnet werden. Voraussetzung ist einzig, dass die Art mit einer bestimmten Häufigkeit in den Proben auftritt, um überhaupt statistisch gesicherte Aussagen zuzulassen. Zusammen mit den Erhebungen zu Z7 liefern so die Datenerhebungen von Z9 Bestandstrends für rund 1500 häufige Arten der Schweiz. Der Indikator Z8 stellt diese Daten für ausgesuchte Arten dar.

3.3 Indikatoren zur Artenvielfalt in Landschaften

Die Artenzahl in einem Landschaftsausschnitt ist abhängig von der Heterogenität der verschiedenen Lebensräume, der Länge von Grenzlinien, der Qualität der Lebensräume und Übergangsbereiche (Ökotone) und der Grösse der Nutzflächeneinheiten. Da eine hohe Diversität in Lebensräumen mit einer geringen Diversität auf Landschaftsebene einhergehen kann (und umgekehrt), ist eine eigenständige Betrachtung beider Skalen zwingend erforderlich.

Weiter ist bei der Bewertung der Biodiversitätsentwicklung zu beachten, dass nicht allein die Anzahl der gefundenen Arten, sondern auch Unterschiede in der Zusammensetzung der Artengemeinschaften zur Biodiversität beitragen (siehe Kapitel 3.4).

3.3.1 Der Indikator Z7

> **Definition Z7:** «Veränderung des mittleren Artenreichtums ausgewählter Artengruppen in Rasterzellen von einem Quadratkilometer.» Bislang werden Gefässpflanzen (seit 2001), Brutvögel (2001) und Tagfalter (2003) erfasst.

> **Bedeutung:** Der Indikator Z7 zeigt auf, wie sich die Artenvielfalt von Gefässpflanzen, Brutvögeln und Tagfaltern in der Landschaft entwickelt. Die Werte von Z7 sind hoch oder steigen, wenn die Landschaften vielfältig strukturiert sind und somit auf relativ kleinem Raum vielen verschiedenen Arten Lebensraum bieten. Mit seinem regelmässigen Stichprobenetz gibt Z7 einen repräsentativen Überblick über die Schweizer Landschaft und wird folglich vor allem durch die Vorkommen häufiger und weit verbreiteter Arten beeinflusst.

Der Indikator Z7 ist ein Mass für die Artenvielfalt in Landschaften. Anhand der Gefässpflanzen, Tagfalter und Brutvögel misst Z7 die Veränderungen der Artenzahlen in der Landschaft. Die Resultate sind einfach zu verstehen und lassen sich gut kommunizieren. In reich strukturierten Landschaften mit verschiedenartigen Lebensraumtypen und gut ausgebildeten Übergangszonen kommen viele Arten vor. Derartige Landschaften werden von der Bevölkerung als vielfältig empfunden, ausgeräumte Landschaften hingegen als monoton. Neben der Vielfalt kommt es auch auf die Qualität der Lebensräume an. So ist es beispielsweise relevant, ob es auf einer Untersuchungsfläche nur Fettwiesen gibt oder auch Magerrasen. Wenn hochwertige Lebensräume fehlen, finden auch die für sie charakteristischen Arten keinen Lebensraum mehr.

Einfluss weit verbreiteter Arten

Der Indikator misst den gesamten Artenreichtum einer taxonomischen Gruppe in den Probestichen. Der Indikatorwert wird wie Z9 primär durch jene Arten bestimmt, die zwar nicht häufig, aber weit verbreitet sind, da sie durch grossflächige Landschaftsveränderungen am stärksten betroffen werden. Beispiele für solche «mittel-häufigen» Arten sind der Wiesen-Salbei (*Salvia pratensis*), der Schachbrettfalter (*Melanargia galathea*) oder die Feldlerche (*Alauda arvensis*). Der Indikatorwert vermindert sich beispielsweise, wenn Bestände verbreiteter Arten in der Normallandschaft lokal erlö-

schen. Ein Trend zu mehr ökologischen Ausgleichsflächen und einer besseren Vernetzung der Biotope wird hingegen die Lebensbedingungen solcher Arten verbessern und somit zu einer Zunahme des Indikatorwerts führen. Sehr häufige Arten sind dagegen auf fast jeder Stichprobenfläche zu finden und beeinflussen daher das Resultat kaum. Auch sehr seltene Arten mit beschränkter Verbreitung sind für den Z7-Wert wenig relevant, da sie nur ganz selten und zufällig auf BDM-Stichprobenflächen leben.

3.3.2 Aussagen für biogeografische Regionen

Landschaftsveränderungen können für die Schweiz als Ganzes dargestellt werden. Von besonderem Interesse ist jedoch auch die Entwicklung in einzelnen Regionen. In Abstimmung mit dem Raumgliederungssystem des Bundes (Gonseth et al. 2001) wertet das BDM die Veränderungen für die biogeografischen Regionen «Jura», «Mittelland», «Alpennordflanke» und «Alpensüdflanke» sowie «Zentralalpen» separat aus. Die Regionen «Östliche Zentralalpen» und «Westliche Zentralalpen» werden hier zusammengefasst.

3.3.3 Auswahl der Artengruppen

Im Rahmen der Vorbereitungsarbeiten zum BDM wurden analog zu Z9 etwa ein Dutzend Artengruppen auf ihre Eignung für Z7 geprüft. Berücksichtigt wurden bei Beginn der Feldarbeiten im Jahr 2001 zwei Gruppen: Gefässpflanzen und Brutvögel. 2003 kamen die Tagfalter hinzu. Neben biologischen Überlegungen spielten bei dieser Auswahl auch finanzielle und organisatorische Gründe eine wesentliche Rolle. In Abhängigkeit von der Anzahl Begehungen sind die Erhebungen der einzelnen Organismengruppen unterschiedlich teuer. Für Reptilien wären zum Beispiel bis zu 20 Begehungen desselben Quadrates nötig! Aber auch organisatorische Engpässe – wie fehlende Artenkenner – mussten berücksichtigt werden.

3.3.4 Aufnahmeflächen von einem Quadratkilometer

Der Indikator wird mit einem landesweiten Stichprobennetz von rund 520 Flächen von je einem Quadratkilometer Fläche erhoben (siehe auch Kapitel 4.2). Auf diesen Probeflächen erfassen die Feldmitarbeitenden die Präsenz von Arten der ausgewählten taxonomischen Gruppen. Da für alle Organismengruppen dieselben Referenzflächen gelten, sind aggregierte Auswertungen mehrerer Artengruppen bzw. Korrelationen zwischen verschiedenen Taxa möglich. Für die Festlegung der Stichprobenflächengrösse auf einen Quadratkilometer waren folgende Überlegungen entscheidend:

- > *Lebensraummosaik*: In der kleinräumig genutzten Schweiz finden sich auf Flächen von einem Quadratkilometer unterschiedlich reichhaltige Lebensraummosaik, so dass diese Flächengrösse die Landschaftsvielfalt optimal erfasst. Quadratkilometerflächen, die lediglich von einem einzigen Lebensraumtyp ausgefüllt werden, sind in unserem Land selten.
- > *Sensitivität*: Als Indikator für die Landschaftsqualität ist bei Z7 der Einfluss verbreiteter – aber nicht häufiger – Arten wesentlich. Analysen haben gezeigt, dass mit der Erhebungsfläche von einem Quadratkilometer primär diese Arten die Variabilität des Indikators bestimmen. Die Variabilität des Z7-Wertes ist stark davon abhängig, wie sich Arten entwickeln, die in den Roten Listen mit «verletzlich» klassiert sind.

Häufige Arten bilden den Sockel des Z7-Wertes, tragen aber, da fast auf allen Aufnahme­flächen vorkommend, kaum zur Variabilität bei.

- > **Kompatibilität:** Verschiedene andere Erhebungen benutzen ebenfalls Probeflächen von einem Quadratkilometer. Die Vergleichbarkeit mit anderen Daten (so etwa die Referenz zu früheren Erhebungen) ist bei dieser Flächengrösse am besten sichergestellt. Die Erhebungen der Brutvögel stimmen zum Beispiel mit dem Projekt «Monitoring häufiger Brutvögel (MHB)» der Schweizerischen Vogelwarte Sempach überein.

3.3.5 Transektaufnahmen statt Vollerhebung

Grundsätzlich strebt das BDM für jede Aufnahme­fläche eine vollständige Artenliste der überwachten Organismengruppen an. Methodische und finanzielle Rahmenbedingungen führten aber dazu, dass für einige Taxa Alternativen zu einer flächigen Aufnahme gefunden werden mussten. Eine abschliessende Artenliste von Gefässpflanzen einer Fläche von einem Quadratkilometer zu erstellen, bedingt einen immensen Zeit- und damit auch Kostenaufwand. Zudem lässt sich eine solche Vollerhebung viel schwieriger standardisieren, was die Vergleichbarkeit der Erhebungen stark beeinträchtigen würde. Die Gefässpflanzen werden deshalb nach präzisen methodischen Vorgaben auf Transekten innerhalb der Probeflächen aufgenommen, siehe Abbildung 2. Gleiches gilt für die Erhebungen der Tagfalter.

Abb. 2 > Transekt zur Erhebung von Z7-Pflanzen und Tagfalter

Für die Gefässpflanzen- und Tagfaltererhebungen wurde in jeder Z7-Stichprobefläche ein 2,5 Kilometer langer Transekt definiert.



Mit den Transektaufnahmen von 2,5 Kilometer Länge wird zwar nicht die Gesamtartenzahl des betreffenden Kilometerquadrats ermittelt. Methodentests zeigten jedoch, dass je nach Artengruppe zwischen zwei Drittel (Gefässpflanzen) und 90 Prozent

(Brutvögel) aller Arten des Kilometerquadrates nachgewiesen werden und dass diese Zahl mit der Gesamtartenzahl eng korreliert ist. Da also der Transekt die Lebensraumvielfalt des gesamten Quadrates gut repräsentiert, sind Auswertungen mit flächigen Aufnahmen anderer Artengruppen immer noch zulässig. In jedem Fall aber können mit Hilfe der Transekte statistisch gesicherte Veränderungen über die Zeit erfasst werden, solange der systematische Fehler bei der Erhebung konstant gehalten wird.

Entscheidend für ein Monitoring ist die Reproduzierbarkeit der Daten. Um eine möglichst grosse Messgenauigkeit zu erzielen, versucht das BDM, durch detaillierte Vorgaben für die Datenerfassung den Interpretationsspielraum des einzelnen Bearbeiters maximal einzuengen. Zudem beschränkt sich das BDM darauf, bei den Gefässpflanzen nur die Präsenz der Arten, nicht aber deren Häufigkeit (Abundanz) innerhalb der einzelnen Erhebungsflächen zu erfassen. Methodentests haben ergeben, dass das Erfassen der Abundanzen innerhalb der einzelnen Stichprobenflächen zu einer erheblichen, durch die verschiedenen Bearbeiter verursachten Streuung der Werte führt. Statistisch gesicherte Trends auf der Basis von Abundanzen könnten nur dann berechnet werden, wenn die Bearbeiterabhängigkeit durch wesentlich aufwändigere Erfassungsmethoden eingeschränkt würde. Für weit verbreitete Arten sind auf nationalem und regionalem Niveau verlässliche Auswertungen zu Bestandsentwicklungen möglich, indem die Veränderung der Quadrate mit dem entsprechenden Artenvorkommen berechnet wird.

- > Für *Z7-Gefässpflanzen* erfolgen die Transektaufnahmen entlang einer Strecke von 2,5 Kilometer je einmal im Frühjahr sowie im Spätsommer (alpine Bereiche jeweils nur eine Aufnahme im Hochsommer). Die Aufnahmen finden in vorgegebenen Zeitfenstern statt, die entsprechend der Höhenstufe an die Phänologie angepasst sind. Die Transekte werden von der Koordinationsstelle vorgegeben und orientieren sich nach Möglichkeit am Wegnetz gemäss der Landeskarte im Massstab 1:25 000.
- > Für *Z7-Tagfalter* werden die selben Transekte begangen. Aufgrund der ausgeprägten Saisonalität vieler Tagfalterarten sind jedoch zwischen vier (in den hohen Lagen) und sieben Begehungen (im Tiefland) zu absolvieren. Ein weiterer, wichtiger Unterschied zu den Gefässpflanzen besteht darin, dass die Tagfalteraktivität stark von der Witterung abhängt. Aufnahmen sind daher nur zulässig, wenn mindestens 13 Grad Celsius, wenig Wind und über 80 Prozent Sonnenschein herrschen.
- > Die Erhebungen zu *Z7-Brutvögel* sind mit dem Vogelwarte-Programm «Monitoring häufiger Brutvögel (MHB)» abgestimmt. Die Mitarbeitenden wählen dabei eine Strecke von rund 5 Kilometer Länge, auf der das Quadrat flächendeckend (soweit dies die Topographie erlaubt) auf Vorkommen von Brutvögeln abgesucht werden kann. In den Tallagen finden drei, in Hochlagen zwei Morgenexkursionen in vorgegebenen Zeitfenstern statt.

3.4 Indikator zur Homogenisierung der Biodiversität

Die Biodiversität eines Lebensraums oder einer Landschaft lässt sich nicht allein mit ihrem Artenreichtum beschreiben. Die Zusammensetzung der Artengemeinschaften ist für die Biodiversität ebenso relevant. Lebensräume oder Landschaften können aufgrund menschlicher Aktivitäten ähnlicher werden, etwa wenn fremde Arten eingeschleppt, angepflanzt oder ausgesetzt werden. Dies bewirkt eine Angleichung der Artengemeinschaften und einen Verlust der örtlichen Vielfalt. Das Phänomen wird in der Fachwelt als Homogenisierung bezeichnet («biotic homogenization»: Olden 2006). Um eine solche, allmähliche Vereinheitlichung oder Homogenisierung der Artengemeinschaften gegebenenfalls nachweisen zu können, hat das BDM den Indikator Z12 entwickelt, der im ursprünglichen Konzept noch nicht vorgesehen war.

3.4.1 Der Indikator Z12

Definition Z12

- > «Veränderung der Ähnlichkeitswerte aus paarweisen Vergleichen von Artenlisten der einzelnen Z7- und Z9-Aufnahmeflächen:
- Für Daten aus dem Indikator «Artenvielfalt in Landschaften» (Z7): Die Veränderung des mittleren Simpson-Index (Ähnlichkeitswert) aus allen paarweisen Vergleichen der Artenlisten der Flächen von einem Quadratkilometer im betrachteten Raum, ausgedrückt in Prozent (zwischen 0 und 100).
 - Für Daten aus dem Indikator «Artenvielfalt in Lebensräumen» (Z9): Die Veränderung des mittleren Simpson-Index (Ähnlichkeitswert) aus allen paarweisen Vergleichen der Flächen von zehn Quadratmetern im betrachteten Nutzflächentyp, ausgedrückt in Prozent (zwischen 0 und 100).»

Bedeutung

- > Der Indikator Z12 untersucht, ob sich die Lebensräume und Landschaften in der Schweiz immer ähnlicher werden. Rationalisierte Landnutzungsmethoden (zum Beispiel Düngung, Bewässerung) oder Landschaftsgestaltungen führen grossflächig zu ähnlichen Lebensbedingungen. Dementsprechend besteht die Gefahr, dass charakteristische, standorttypische Arten verschwinden und sich die Artengemeinschaften von Gebiet zu Gebiet kaum mehr voneinander unterscheiden. Eine solche Homogenisierung der Artengemeinschaften kennzeichnet einen klaren Verlust an biologischer Vielfalt, selbst dann, wenn die Artenzahlen konstant bleiben oder sogar zunehmen. Denn am Ende dieses Prozesses steht die Normalwiese, der Normwaldrand oder die Standardhecke, die überall in der Schweiz gleich aussehen.
- > Der Indikator Z12 liefert eine wesentliche Zusatzinformation zur Interpretation der BDM-Kernindikatoren Z7 und Z9. Steigende Artenzahlen sind positiv, aber nur wenn die Zunahme nicht durch gebietsfremde oder anspruchslose Arten verursacht wird, die sich in vielen verschiedenen Lebensräumen heimisch fühlen.

Der Indikator «Vielfalt von Artengemeinschaften» (Z12) beschreibt, wie sich die Artenzusammensetzungen innerhalb einzelner Nutzungstypen und in den verschiedenen Regionen der Schweiz entwickeln. Wenn sich infolge einheitlicher Nutzungen und anderer Prozesse überall die gleichen Arten ausbreiten, so steigt vielleicht kleinräumig

betrachtet die Artenzahl, aber grossräumig wäre ein Verlust an Vielfalt, eine Vereinheitlichung der Artgemeinschaften die Folge. Umgekehrt können auch eher artenarme Standorte zur Vielfalt beitragen, wenn sie Arten beherbergen, die andernorts fehlen. Der Indikator «Vielfalt von Artengemeinschaften» gibt somit dem Aspekt der lokaltypischen Ausprägungen von Artengemeinschaften ein Gewicht. Wichtig sind insbesondere regionstypische Arten oder solche mit engen ökologischen Ansprüchen, die charakteristisch für einen Lebensraum sind. Solche Arten verleihen einem Standort seine Unverwechselbarkeit und erzeugen eine hohe Vielfalt von Artengemeinschaften.

Ähnlichkeitsindex verwendet

Die mittlere Verschiedenartigkeit der Artenzusammensetzung auf den Aufnahmeflächen des BDM lässt sich mit einem Index ausdrücken. Die Fachliteratur bietet eine immense Auswahl solcher Indizes (Koleff 2003). Das BDM verwendet den Simpson-Index. Dieser Index erwies sich in Tests, bei denen anhand von BDM-Daten diverse Szenarien plausibler Veränderungen der Artenzusammensetzung durchgerechnet wurden, als besonders sensitiv.

Der Indikator beruht auf einzelnen Vergleichen der Artenlisten zweier Aufnahmeflächen. Dabei wird nur die Anwesenheit der Arten berücksichtigt. Die Ähnlichkeit der Artenlisten wird mit dem Simpson-Index ausgedrückt. Der Simpson-Index ist definiert als Anteil der Arten der vereinigten Artenlisten beider Probestflächen, die nur auf einer der beiden Flächen vorkommen (siehe Abb. 3). Je verschiedenartiger die Artengemeinschaften auf den Probestflächen sind, desto höher fällt der Indexwert aus und umgekehrt.

Abb. 3 > Vielfalt der Artengemeinschaften quantitativ erfasst

Die drei Kreise stellen drei Probestflächen dar. Der Artenreichtum allein bringt nicht zum Ausdruck, wie stark sich die Artengemeinschaften der drei Probestflächen voneinander unterscheiden. Er ist in allen drei Fällen identisch (nämlich 3). Der Indikator Z12 dagegen gibt an, wie unterschiedlich die Gemeinschaften sind und benützt dazu den Simpson-Index. Der Vergleich von a) mit b) ergibt einen Wert für die Verschiedenartigkeit von 0,33 bzw. 33 Prozent, im Vergleich b) mit c) beträgt die Verschiedenartigkeit 0,66 bzw. 66 Prozent. Die Verschiedenartigkeit für a) und c) ist maximal, weil keine gemeinsamen Arten vorhanden sind und erreicht den Wert 1 (= 100 Prozent). Die mittlere Verschiedenartigkeit aller drei Flächen beträgt also 0,66 oder 66 Prozent.



Für alle möglichen Paarungen zweier Aufnahmeflächen der BDM-Stichprobe bzw. einer Auswertungseinheit (Stratum) wird der Simpson-Index berechnet. Der Mittelwert all dieser Simpson-Indexwerte ergibt den Wert des Indikators Z12. Der Indikatorwert wird in Prozentwerten zwischen 0 und 100 ausgedrückt. Sinkt der Indikatorwert über die Zeit, ist dies ein Hinweis auf eine Homogenisierung der Biodiversität.

Hohe Präzision

Die Berechnung von Z12 erfolgt nach einem einfachen Algorithmus, braucht aber viele Vergleiche. Ein programmiertes Auswertungsskript führt die vielen Index-Berechnungen automatisiert und zuverlässig durch.

Um die Präzision des Indikatorwertes abzuschätzen, ermittelt das BDM mit Hilfe der sogenannten «Jackknife»-Methode (Jones 1974) einen Vertrauensbereich für den Indikator. Die Präzision ist in den meisten untersuchten Auswertungseinheiten sehr hoch und der Vertrauensbereich für den Indikatorwert relativ eng. Simulationen für Gefäßpflanzen zufolge ist der Indikator Z12 zum Beispiel in der Lage, das flächendeckende Einwandern einer neuen Art in Wiesen und Weiden auf Kosten einer anderen Art sicher nachzuweisen.

Bestehende Daten als Grundlage

Der Indikator Z12 beruht auf den Daten der beiden Indikatoren Z7 «Artenvielfalt in Landschaften» und Z9 «Artenvielfalt in Lebensräumen». Es sind keine zusätzlichen Erhebungen notwendig. Während Z7 und Z9 den Artenreichtum ungeachtet der Identität der Arten feststellt, beachtet Z12 ausschliesslich die Zusammensetzung der Artengemeinschaften und registriert diesbezügliche Unterschiede zwischen den Aufnahmeflächen.

Für jede der taxonomischen Artengruppen, die das BDM im Rahmen von Z7 und Z9 erhebt, berechnet der Indikator Z12 einen Wert für die Vielfalt der Artengemeinschaften und ihre Entwicklung im Lauf der Zeit (Gefäßpflanzen, Tagfalter, Brutvögel, Moose und Mollusken). Der Indikator liesse sich auch für jede andere, klar definierte Artengruppe berechnen, zum Beispiel für typische Flachmoorarten oder für Gebirgspflanzen (Bühler & Roth 2011).

In den routinemässig publizierten Basisdaten (siehe Kapitel 5.1) verwendet der Indikator dieselben Auswertungseinheiten wie Z7 und Z9. Die Vielfalt der Artengemeinschaften von Landschaften unterscheidet die biogeografischen Regionen. Die Vielfalt der Artengemeinschaften von Lebensräumen wird einerseits nach Höhenstufe, andererseits nach Hauptnutzung differenziert angegeben.

Interpretation der Indikatorwerte

Die Richtung, in die sich der Indikatorwert bewegt, lässt sich eindeutig interpretieren. Steigende Indikatorwerte zeigen eine steigende Vielfalt der Artengemeinschaften an. Sinkende Werte zeigen dagegen an, dass die Probeflächen einander zunehmend ähnlich werden. Bei der Wertung des Indikators ist trotzdem eine gewisse Vorsicht geboten. Der Indikatorwert Z12 sinkt nicht nur, wenn seltene Arten aus BDM-Flächen verschwinden. Auch wenn sich eine häufige Art verbreitet und auf zusätzlichen Probeflächen auftritt, sinkt der Indikatorwert. Werden dadurch auch langfristig keine seltenen Arten verdrängt, dann ist die Ausbreitung von häufigen Arten zumindest nicht negativ zu werten.

Auch die ökologische Interpretation der Indikatorwerte ist nicht so eindeutig, wie sie auf den ersten Blick erscheint: Der Indikator unterscheidet zum Beispiel nicht, ob eine Rote Liste-Art oder ein erst vor kurzem aufgetretener Neophyt verschwindet. Aus naturschutzfachlicher Sicht ist dieser Unterschied bedeutend. Umgekehrt könnte theoretisch eine flächendeckende Ausbreitung von Zielarten des Naturschutzes (etwa die Echte Schlüsselblume) den Indikatorwert senken und damit auf eine Vereinheitlichung der Artengemeinschaften hinweisen – obwohl eine naturschutzpolitisch erwünschte Entwicklung eingetreten ist. Wo auffällige Trends des Indikators Z12 auftreten, braucht es demnach für die ökologische Interpretation zusätzliche Auswertungen. Bühler & Roth (2011) haben zum Beispiel festgestellt, dass die Homogenisierung des schweizerischen Grünlandes in den letzten 10 Jahren vor allem auf der Zunahme von Generalisten beruht und nicht etwa auf der Abnahme naturschutzrelevanter Arten.

4 > Datenbeschaffung

Die Daten zur Berechnung der Indikatoren stammen aus verschiedenen Quellen. Von Grund auf neu aufgebaut wurde die Datenerhebung für die Indikatoren Z7 und Z9. Die restlichen Daten übernimmt das BDM aus anderen Erhebungen des BAFU oder anderer Stellen. Dies gilt sowohl für die Einfluss- und Massnahmenindikatoren als auch für die Berechnung einiger Zustandsindikatoren. Dabei nimmt das BDM teilweise gezielte Ergänzungen vor wie zum Beispiel gezielte Abklärungen zum Nachweis seltener Arten in (den biogeografischen Regionen) der Schweiz für die Indikatoren Z3 oder Z4.

4.1 Datenqualität von Z7 und Z9

Das BDM soll Veränderungen der Biodiversität mit grosser Sicherheit und hoher statistischer Genauigkeit erkennen. Deshalb müssen die Daten hohen Qualitätsansprüchen genügen. Dies bedeutet:

- > *Permanente Überwachung der Datenqualität:* Ein Nachweis echter zeitlicher Veränderungen in Datensätzen ist nur möglich, wenn systematische Fehler im Verlauf der Datenerhebungen entweder konstant gehalten oder ihre spezifischen Veränderungen quantifiziert werden können. Deshalb misst das BDM zusätzlich zu den für die Indikatorberechnung nötigen Daten auch die Grösse der Erhebungsfehler.
- > *Erhebungsmethoden konsequent anwenden:* In einem Monitoring geht es darum, die Veränderungen über einen Zeitabschnitt zu erfassen. Damit reproduzierbare Zeitreihen erzeugt werden können, werden für die Datenerhebung die einmal festgelegten Methoden konstant weiter verwendet. Nur so ist ein direkter Vergleich der Einzelerhebungen möglich. Dennoch kommt es vor, dass sich methodische Änderungen nicht vermeiden lassen, in erster Linie Präzisierungen. Diese sind aber nur mit Zustimmung der Projektleitung zulässig und werden im Detail protokolliert.
- > *Bearbeiterunabhängige Feldmethoden:* Das BDM ist ein langfristiges Projekt. Die mit der Datenerhebung betrauten Personen wechseln daher im Verlaufe der Jahre. Um statistisch zuverlässige Datenreihen zu erhalten, müssen die Bearbeitereffekte minimal sein. Dies wird mit fehlertoleranten Erhebungsmethoden erreicht. Der einzelne Bearbeiter darf überdies nur sehr wenig Ermessensspielraum haben. Zudem unterstehen die Bearbeitereffekte einer permanenten Kontrolle. Dazu dienen beispielsweise «blinde» Doppelerhebungen durch verschiedene Bearbeiter oder Analysen der Rohdaten mit so genannten Multi-Species-Site-Occupancy-Modellen. Mit solchen Modellen schätzt das BDM die Zahl der Arten, die zwar vorkommen, bei einzelnen Aufnahmen aber nicht nachgewiesen werden können (Kéry & Royle 2008). Das Fehlerrisiko wird weiter minimiert, indem die BDM-Feldmitarbeitenden die Daten zu Z7 und Z9 bereits im Feld elektronisch erfassen. Damit entfallen mögliche Fehler beim manuellen Übertragen der Daten in die Datenbank. Wegen der unvermeidlichen Bearbeiterwechsel hat das BDM seine Methoden auch so definiert, dass sie nicht nur von einzelnen Spezialisten beherrscht werden. In einem derart langfristigen Programm sind nur jene Feld- und Labormethoden sinnvoll, deren kor-

rekte Anwendung bei einer ausreichend grossen Zahl möglicher Bearbeiter vorausgesetzt werden kann. Diese Einschränkung hat zum Ausschluss von Organismengruppen geführt (siehe Kapitel 3.2 und 3.3).

- > *Bewertungsunabhängige Rohdatenerhebung und Speicherung:* Als Langzeitprojekt muss ein Monitoring grundsätzlich offen sein für neue Wertungssysteme und Auswertungsmöglichkeiten. Die Feldmethoden wurden deshalb möglichst unabhängig von späteren Bewertungen definiert. Es gibt zum Beispiel keine Vorselektion der aufgenommenen Arten bei der Felderhebung. Die Rohdaten werden so gespeichert, dass spätere Neuauswertungen möglich sind.
- > *Geringe Einschränkung der Analysemöglichkeiten:* Im Gegensatz zu Erfolgskontrollen stehen analytische Fragen bei einem Monitoring nicht im Vordergrund. Eine Dauerbeobachtung erfasst die langfristige Entwicklung eines Stratum oder einer Artengruppe unabhängig von möglichen kausalen Zusammenhängen. Infolge neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse werden sich die Vorstellungen über die notwendigen Datenanalysen im Laufe der Zeit verändern (etwa die Definition von räumlichen Bezugseinheiten). Die Datenerhebung im BDM wurde daher bewusst nicht auf die momentan interessierenden Auswertungsstrategien hin optimiert (beispielsweise das stratified-random-sampling). Sie erfolgt vielmehr weitgehend unabhängig von aktuellen Trends (Poststratifizierung in einem design-based-approach, vgl. Stevens 1994).
- > *Keine Beeinflussung der Daten durch die Erhebungen:* Da das BDM Zeitreihen zu verschiedenen Aspekten der Biodiversität erhebt, muss garantiert werden, dass eine Erhebung die Werte der nachfolgenden Datenerfassung nicht beeinflusst. Ein «Monitoring-Effekt» muss vermieden werden. Dies ist insbesondere für die Stichprobenerhebungen für Z9 relevant, wo in regelmässigen Zeitabständen immer wieder dieselben Flächen untersucht werden. Die Koordination der Datenaufnahme vor Ort ist daher zentral, etwa indem eine einzelne Person die Daten gleichzeitig für mehrere Taxa erfasst.

4.2 Stichprobenkonzept für die Kernindikatoren Z3, Z7, Z9

4.2.1 Erhebungen für Z3

Der Z3-Wert wird von seltenen Arten beeinflusst. Das Erhebungskonzept muss demnach sicherstellen, dass diese seltenen Organismen zuverlässig erfasst werden. Eine flächendeckende Erhebung ist dazu unabdingbar. In einem fixen Stichprobennetz würden seltene Arten kaum erfasst. Sie fielen mit grosser Wahrscheinlichkeit buchstäblich durch die Maschen dieses Netzes. Aus diesem Grund wird eine flächendeckende bzw. gezielte Überwachung an bekannten Sonderstandorten über weit verzweigte Meldenetze sichergestellt. Die Melder sollen sich vor allem auf den Nachweis einiger weniger seltener Arten konzentrieren. Um dies zu erreichen, erhält das BDM Unterstützung durch mehrere Koordinationsstellen anderer Programme. Zudem werden spezifische, also auf einzelne Arten fokussierte Kartierungen in Auftrag gegeben.

4.2.2 Erhebungen für Z7 und Z9

Um für Z7 und Z9 repräsentative Aussagen zur Artenvielfalt auf kleinen Bezugsflächen zu erhalten, muss das BDM Daten in gesamtschweizerischen Stichprobenerhebungen beschaffen. Besonders wichtig ist das Erkennen von stetig gerichteten Veränderungen der mittleren Artenzahl pro Flächeneinheit. Fixe Erhebungsflächen, die in regelmässigen Zeitintervallen untersucht werden (verbundene Messwerte), stellen dies sicher.

4.2.3 Systematisches Stichprobennetz

In Anlehnung an andere Erhebungsprogramme (insbesondere Landesforstinventar LFI) verfügt das BDM über ein systematisches Stichprobennetz (Abb. 4 und 5). Ein derartiges regelmässiges Netz erlaubt bei ausreichender Dichte das nachträgliche Bilden von Auswertungsgesamtheiten. Der Netzsprung ist zufällig gewählt worden. Die gewonnenen Daten können so statistisch gleich behandelt werden wie zufällig gezogene Stichproben. Gegenüber zufällig verteilten Stichproben hat das systematische Netz von Aufnahmeflächen aber den Vorteil, dass die regionalen Teilstichprobengrössen proportional zur Fläche der Regionen sind. Dies unabhängig davon, wie man Regionen allenfalls später neu abgegrenzt haben möchte. Die Stichprobennetze für Z7 und Z9 (ohne Gewässerinsekten) sind räumlich auf die Aufnahmen des Landesforstinventars (LFI), der schweizerischen Arealstatistik sowie auf die laufende Langfristüberwachung der Normallandschaft im Kanton Aargau (LANAG) abgestimmt. Das heisst, dass beispielsweise zu jedem Z9-Punkt automatisch auch Angaben aus der Arealstatistik oder im Wald zusätzlich aus dem LFI vorliegen. Dies eröffnet optimale Möglichkeiten für kombinierte Analysen. Das Gewässerinsekten-Stichprobennetz konnte hingegen nicht in Anlehnung an ein bestehendes Erhebungsprogramm definiert werden (Abb. 6).

Abb. 4 > Stichprobennetz für Z7

Das Stichprobennetz für Z7 wurde in den beiden biogeografischen Regionen Jura und Alpensüdflanke verdichtet.

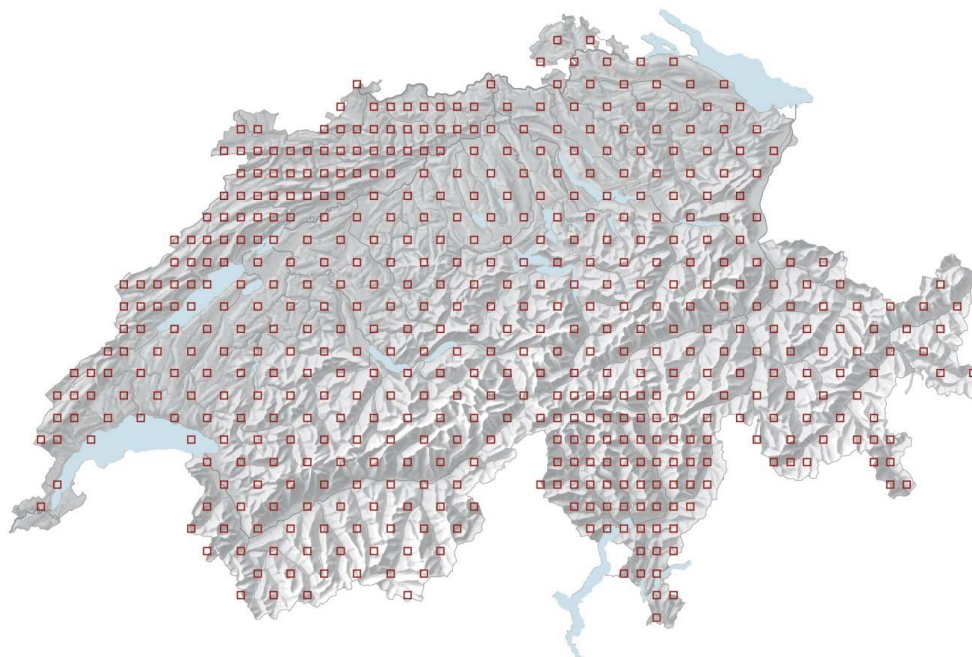


Abb. 5 > Stichprobennetz für Z9 (Gefässpflanzen, Moose und Mollusken)

Das Z9-Stichprobennetz für landlebende Arten umfasst rund 1600 terrestrische Stichprobeflächen.

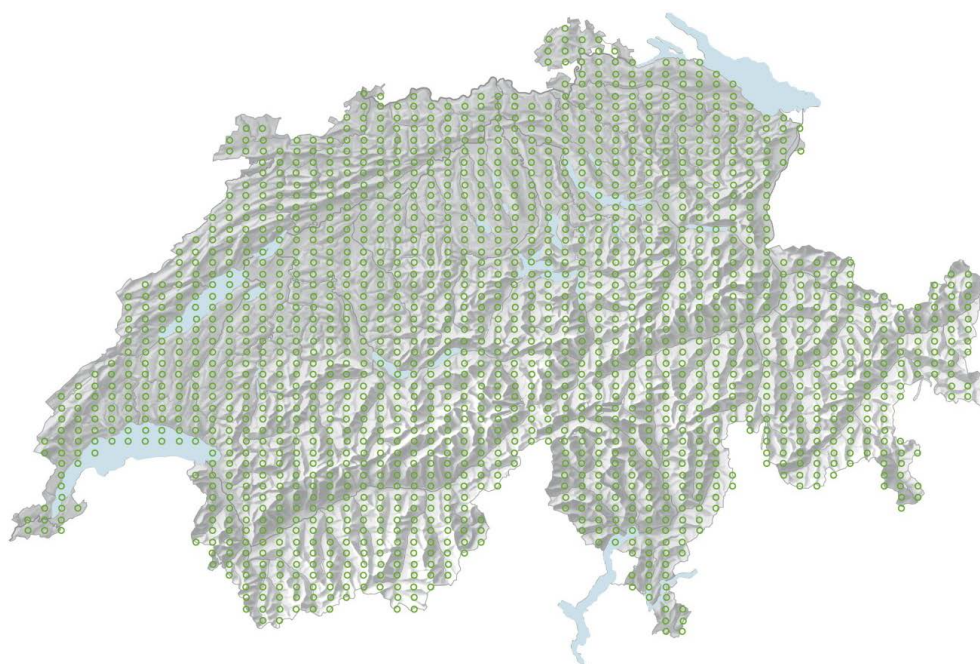
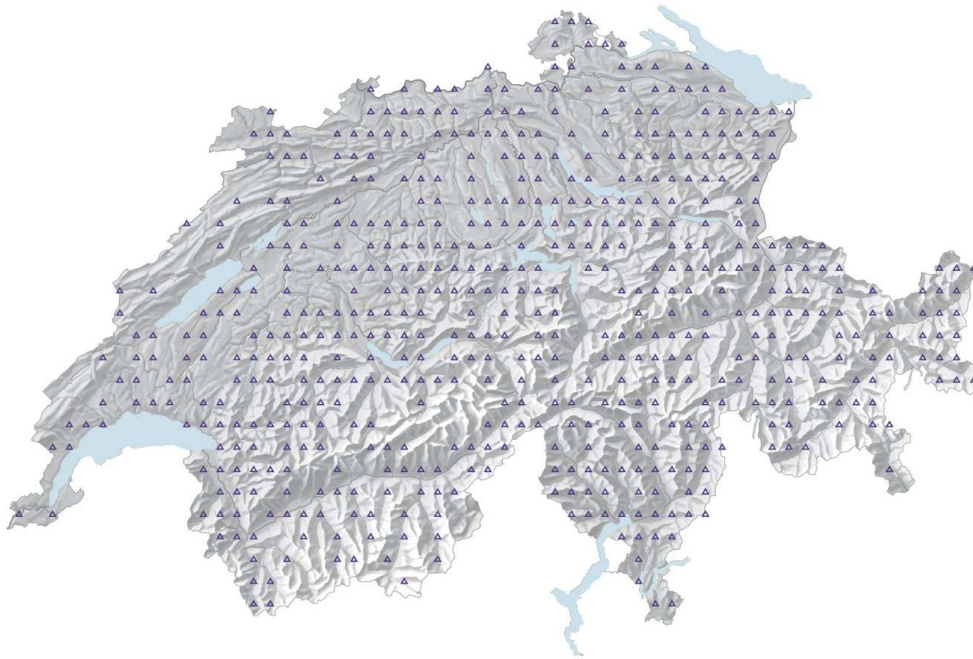


Abb. 6 > Stichprobennetz für Z9 (Gewässerinsekten)

Das Stichprobennetz für die Z9-Gewässerinsekten umfasst rund 570 aquatische Stichprobeflächen.



4.2.4 Netzdichten

Die Definition des Stichprobennetzes richtet sich nach der geforderten Präzision der Aussagen zur Veränderung der Biodiversität. Die Aussageschärfe ist grundsätzlich abhängig von der Macht («statistical power») des statistischen Testverfahrens, der Streuung der Einzelwerte und der Stichprobengrösse. Die Streuung der Messwerte ist durch die Heterogenität der Artenvielfalt von Landschaften und Nutzungen in der Schweiz bestimmt und lässt sich durch das Monitoringprogramm nicht beeinflussen. Wenn das bestmögliche Berechnungsverfahren ausgewählt ist, lässt sich die Aussageschärfe nur noch mit einer entsprechend grossen Zahl von Aufnahme­flächen steuern. Die Zahl der Probeflächen ihrerseits bestimmt direkt die Bearbeitungskosten (kostenrelevant sind in erster Linie die Fel­daufnahmen – die Organisation und die Auswertung der Aufnahmen sind kaum vom Messnetzumfang abhängig). Die Netzdichten für die beiden Indikatoren Z7 und Z9 stellen somit einen Kompromiss zwischen Aussageschärfe (gemessen als Erkennbarkeit der Veränderung des mittleren Artenreichtums) und den Erhebungskosten dar.

Auf der Basis der verfügbaren Daten wurden für die untersuchten Taxa die 95 Prozent-Vertrauensbereiche hochgerechnet. Es lagen keine Daten zu den Varianzen der zeitlichen Veränderung vor. Näherungsweise wurden deshalb die räumlichen Variabilitäten für eine Hochrechnung des Vertrauensbereiches verwendet. Dank der verbundenen Stichproben ist die Präzision besser als ursprünglich geschätzt. Die minimal notwendige Aussageschärfe wurde anschliessend für jede Artengruppe aufgrund der biologisch denkbaren Veränderungen grob abgeschätzt. Der zweite wichtige Faktor waren die

Kosten für die Datenerhebung. Beides diene zur Definition eines Stichprobenumfanges für Z7 und Z9, der für alle berücksichtigten Gruppen ausreichend sensitiv auf Veränderungen bei der Biodiversität anspricht. Für wichtige spezielle Aussagen genügen diese gesamtschweizerisch ausgerichteten Stichproben aber nicht. Deshalb wurde das Netz der Probeflächen für das Siedlungsgebiet und die Regionen Jura und Alpensüdflanke verdichtet. Das Netz für Z7 umfasst rund 520 Probeflächen, dasjenige für Z9 rund 1600 Probepunkte für Gefässpflanzen, Moose und Mollusken sowie 570 Probestrecken für Gewässerinsekten.

Mit dem systematischen Netz werden auch Flächen oder Punkte bezeichnet, die entweder technisch nicht zu bearbeiten sind (beispielsweise unbegehbare Felspartien) oder wo zum Vornherein feststeht, dass keine Arten gefunden werden (beispielsweise Tagfalter auf Seeflächen). Diese werden im Feld nicht bearbeitet und bei der Auswertung als «missings» für den ersten Fall und als Nuller für den zweiten berücksichtigt. Der tatsächliche Stichprobenumfang unterscheidet sich daher je nach Taxon minimal.

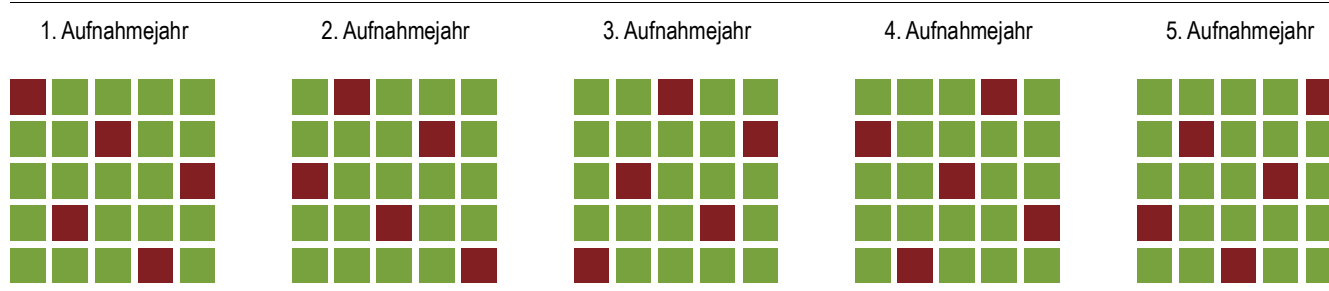
4.2.5 Zeitliche Auflösung

Das BDM interessiert sich besonders für kontinuierliche Zu- oder Abnahmen der erhobenen Werte über die Zeit. Biologisch relevante Zeiträume für derartige Aussagen sind von der Generationsdauer der beobachteten Organismen abhängig. Aufgrund dieser Überlegung wären Erhebungswerte in möglichst geringen zeitlichen Abständen gewünscht. Andererseits sind der Erhebungshäufigkeit finanzielle Grenzen gesetzt. Für die Erhebungen von Z7 und Z9 wurde ein Kompromiss in der zeitlichen Staffelung der Aufnahmen gefunden. Demnach wird jedes Jahr jeweils nur ein Fünftel der Gesamtstichprobe für Z7 und Z9 erhoben (Abb. 7). Damit lagen im sechsten Betriebsjahr (ausgenommen Tagfalter) erstmals verbundene Wertepaare für einen Fünftel der Gesamtstichprobe, im zehnten Jahr für die gesamte Stichprobe vor. Diese Staffelung bringt die folgenden Vorteile:

- > Eine aktuelle Berichterstattung ist nach einer Anlaufzeit jährlich möglich.
- > Extreme jährliche Schwankungen werden geglättet.
- > Starke Veränderungen sind für zurückliegende 5 Jahre (Teilstichprobe), schwächere für 10 Jahre nachweisbar (Gesamtstichprobe).
- > Jährliche Daten erlauben Analyse von Trends häufiger Einzelarten.
- > Aufwand lässt sich gleichmässig über die Jahre verteilen.

Abb. 7 > Schema zur zeitlichen Staffelung der Rohdatenerhebungen für Z7 und Z9

Jedes Jahr wird nur ein Fünftel der Gesamtstichprobe erhoben.



5 > Verbreitung der Resultate

Welchen Nutzen das BDM entfaltet, hängt entscheidend davon ab, wie effektiv das Projekt seine Ergebnisse vermittelt. Kommunikationsaspekte wurden daher von Beginn weg in das Konzept einbezogen, so zum Beispiel bereits bei der Auswahl der Indikatoren. Bei der Projektentwicklung wurden zudem die Bedürfnisse der verschiedenen Zielgruppen ermittelt und eine Palette von Produkten beschrieben, welche diese Bedürfnisse abdecken sollten.

Die technischen Möglichkeiten der Kommunikation und die Mediennutzung haben sich indes im Laufe der Zeit verändert. Das BDM hat sich diese Entwicklungen zunutze gemacht und seine Instrumente laufend angepasst. Und auch in Zukunft soll die Kommunikation flexibel bleiben. Entsprechend stellen die nachfolgend beschriebenen Grundsätze und Produkte der BDM-Kommunikation eine Momentaufnahme dar. Die Vermittlung der Daten soll – im Gegensatz zu den Methoden der Datenerhebung – nicht einem starren Schema folgen, sondern stets den aktuellen Erfordernissen der Datennutzer angepasst werden.

5.1 Kommunikationskonzept

5.1.1 Ziele und Zielgruppen

Die Kommunikation will

- > Ergebnisse verständlich aufbereiten und zugänglich machen
- > über die laufenden Arbeiten und Projektfortschritte informieren und
- > Konzept und Methoden des BDM erklären und begründen.

Hauptzielgruppen sind professionelle Nutzerinnen und Nutzer der Daten (Fachleute bei der Verwaltung, Institutionelle Datennutzer, Umweltorganisationen), alle am BDM direkt Beteiligten (Datenlieferanten, Auftraggeber, Mitarbeitende) sowie interessierte Laien (Naturinteressierte, Lehrpersonen, Studierende, ...).

5.1.2 Organisation

Federführend für die gesamte Kommunikation über das BDM und seine Resultate ist das Bundesamt für Umwelt BAFU. Es übernimmt namentlich die Information der Medien und der breiten Öffentlichkeit, so etwa in Form von Medienkonferenzen oder -mitteilungen, wenn wichtige Projektfortschritte oder bahnbrechende Daten kommuniziert werden sollen.

Das BDM ist indes ein umfangreiches Programm, das laufend eine erhebliche Menge von Daten produziert, für die sich weniger die Öffentlichkeit als vielmehr zahlreiche Fachleute interessieren. Damit diese grundlegenden Informationsansprüche an das

BDM professionell und ohne Verzug abgedeckt werden können, gehören der Koordinationsstelle BDM auch Kommunikationsfachleute an, die in enger Zusammenarbeit mit den wissenschaftlichen Experten alltägliche Kommunikationsaufgaben erledigen.

5.1.3 Kommunikationsmittel

Website

Die Kommunikation des BDM trägt mit einer zweckmässigen Mischung von Instrumenten dazu bei, ihre Zielpublika zielgerichtet und nutzergerecht zu erreichen. Der zentrale Kommunikationskanal des BDM ist die Website mit eigener Domain www.biodiversitymonitoring.ch. In gedruckter Form stehen dagegen nur wenige Produkte zur Verfügung.

Die Website des Biodiversitätsmonitorings ist seit Anfang 2001 in Betrieb. Sie stellt das Basiskommunikationsmittel des Programms dar und liefert Laien wie Fachleuten die wichtigsten Facts über Biodiversität und das Projekt BDM. Die Daten und Methodik sämtlicher Indikatoren sind im Überblick einsehbar, umfangreiche Basisdaten (siehe unten) stehen zum Herunterladen bereit. Die Site wird laufend aktualisiert. Die Website erfordert mit ihren insgesamt rund 300 Seiten Umfang in den drei Sprachen Deutsch, Französisch und Englisch eine intensive Pflege.

Basisdaten

Rohdaten – also Daten, wie sie im Feld erhoben wurden, beispielsweise Artenlisten für einzelne Stichproben – werden nicht publiziert. Auf Anfrage und nach Abschluss von Datennutzungsverträgen können sie jedoch von Interessierten eingesehen und genutzt werden. Allgemein zugänglich sind hingegen die sogenannten Basisdaten in den drei Sprachen Deutsch, Französisch und Englisch. Basisdaten sind aufgearbeitete, leicht aggregierte und hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Biodiversität kommentierte Daten. Das Zielpublikum für diese Basisdaten umfasst vor allem Fachleute. Darunter sind etwa kantonale Fachstellen, Planungsbüros, Bundesstellen, Umweltorganisationen, Forschungsanstalten sowie die am Programm Beteiligten. Die Daten werden als sogenannte PDF-Portfolios auf der Website des BDM publiziert. Die Portfolios enthalten Datenlisten, Grafiken, Definitionen und Kommentare sowie teilweise weitere Angaben wie Artenlisten. Die Datenreihen können direkt vom Nutzer herauskopiert und damit leicht weiterverarbeitet werden.

BDM-Facts

BDM-Facts fassen die Ergebnisse von besonderen Auswertungen aus BDM-Daten zusammen und machen sie einem breiten Zielpublikum verständlich. Die Publikationen erscheinen in loser Folge etwa zweimal pro Jahr und umfassen jeweils 3 bis 5 Seiten auf Deutsch und Französisch in einem eigenen Layout mit Bildern und Grafiken. Die Faktenblätter erscheinen ausschliesslich als PDF und sind auf der Website zum Herunterladen verfügbar.

Newsletter per E-Mail

Der BDM-Newsletter ist ein einfach aufgemachtes, elektronisches Bulletin, welches das Zielpublikum vor allem über die Veröffentlichung von neuen und aktualisierten Indikatoren unterrichtet, aber auch wichtige Projektfortschritte dokumentiert. Es wird 3- bis 6-mal pro Jahr und in den Sprachen Deutsch und Französisch über einen eigenen Verteiler an alle Interessentinnen und Interessenten per e-Mail versandt, die sich auf der BDM-Website in eine Verteilerliste eingetragen haben.

Interner Newsletter

Zusätzlich zum oben genannten BDM-Newsletter versendet die BDM-Kommunikation bei Bedarf einen internen Newsletter (nur auf Deutsch) an eine interne Empfängerliste. Auf diesem Weg versorgt die Koordinationsstelle sämtliche Mitarbeitende des BDM – vom Auftraggeber beim BAFU bis hin zu den Fachleuten im Feld – mit wichtigen Informationen aus der Projektleitung. Der interne Newsletter wird nach Bedarf, zum Beispiel zu Beginn und zum Abschluss der Feldsaison, versandt.

Lagebericht zur Biodiversität

In der BAFU-Schriftenreihe Umwelt-Zustand erscheint alle rund 3 bis 5 Jahre ein rund 80-seitiger Lagebericht zum Zustand und zu den Trends der Biodiversität in der Schweiz (siehe Koordinationsstelle Biodiversitäts-Monitoring Schweiz 2009). Die attraktiv aufgemachte Broschüre enthält in Deutsch und Französisch alle wichtigen Resultate und Auswertungen des BDM und vermittelt einen Überblick über die Entwicklung der Biodiversität in der Schweiz. Zielpublikum sind alle an der Biodiversität Interessierten – von beteiligten Fachleuten bis hin zu den Medien.

Faltblatt

Ein kleines, gedrucktes Faltblatt portraitiert das BDM auf Deutsch, Französisch, Italienisch und Englisch. Es enthält die wichtigsten Informationen wie: Was ist Biodiversität? Was ist das BDM? Was und wie wird gemessen? Was nützt das BDM? Kontaktadresse. Zielpublikum sind alle Personen, die direkt mit dem BDM in Berührung kommen. BDM-Mitarbeitende geben das Faltblatt im Feld oder bei Vorträgen ab oder legen das Papier auf Konferenzen aus.

Beiträge in Fachzeitschriften

Das BDM veröffentlicht fallweise und sporadisch besondere Auswertungen von Daten oder methodische Beiträge in anerkannten Fachzeitschriften oder wissenschaftlichen Publikationen.

> Literatur

- Brändli U.-B., Bühler Ch., Zangger A. 2007: Waldindikatoren zur Artenvielfalt: Erkenntnisse aus LFI und BDM. Schweizerische Zeitschrift für das Forstwesen 158: 243–254.
- Brown J.H., Ernest S.K.M., Parody J.M., Haskell J.P. 2001: Regulation of diversity: maintenance of species richness in changing environments. *Oecologia* 126: 321–332.
- Bühler C., Roth T. 2011: Spread of common species results in local-scale floristic homogenization in grassland of Switzerland. *Diversity and Distributions* 17(6): 1089–1098.
- Gonseth Y., Wohlgemuth T., Sansonnens B., Buttler A. 2001: Die biogeografischen Regionen der Schweiz. Erläuterungen und Einteilungsstandard. Umwelt Materialien Nr. 137. Bern, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. 48 S.
- Hintermann U., Locher R., Rohner J., Weber D., Zangger A. 1996: Biodiversitätsmonitoring Schweiz. Bericht zum ersten Teil der Vorbereitungsphase (Arbeiten 1996). 214 S., unveröffentlicht, deponiert: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Abteilung Naturschutz, Bern.
- International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN) 1994: IUCN Red List Categories. Prepared by IUCN Species Survival Commission. Gland, IUCN. 21 S.
- International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN) 2001: IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1. IUCN Species Survival Commission. Gland, Switzerland and Cambridge, UK, IUCN. 30 pp.
- International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN) 2003: Guidelines for the Application of IUCN Red List Criteria at Regional Levels: Version 3.0. IUCN Species Survival Commission. Gland, Switzerland and Cambridge, UK, IUCN. 26 pp.
- Jones H.L. 1974: Jackknife estimation of functions of stratum means. *Biometrika* 61: 343–348.
- Jurasinski G., Retzer V., Beierkuhnlein C. 2009: Inventory, differentiation, and proportional diversity: a consistent terminology for quantifying species diversity. *Oecologia* 159(1): 15–26.
- Kéry M., Royle A. 2008: Hierarchical bayes estimation of species richness and occupancy in spatially replicated surveys. *Journal of Applied Ecology* 45: 589–598.
- Koleff P., Gaston K.J., Lennon J.J. 2003: Measuring beta diversity for presence-absence data. *Journal of Animal Ecology* 72: 367–382.
- Koordinationsstelle Biodiversitäts-Monitoring Schweiz 2009: Zustand der Biodiversität in der Schweiz. Umwelt-Zustand Nr. 0911, Bundesamt für Umwelt, Bern. 112 S.
- MacArthur R.H., Wilson E.O. 1967: The theory of island biogeography. Princeton, Princeton University Press. 203 S.
- Martinez N., Küttel M., Weber D. 2009: Deutliche Zunahme wildlebender Tierarten in der Schweiz seit 1900. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 41: 375–381.
- Magurran A.E. 1988: *Ecological Diversity and Its Measurement*. Sydney, London, Croom, Helm. 179 S.
- Noss R.F., Cline S.P., Csuti B., Scott J.M. 1992: Monitoring and assessing biodiversity. In Lykke E., *Achieving Environmental Goals*. S. 67–85. London, Belhaven Press.
- Olden J. 2006: Biotic homogenization: a new research agenda for conservation biogeography. *Journal of Biogeography* 33: 2027–2039.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) 1994: *Environmental Indicators*. OECD core set. Paris, OECD. 77 S.
- Reid W.V., McNeely J.A., Tunstall D.B., Bryant D.A., Winograd M. 1993: Biodiversity indicators for policy-makers. World Resource Institute (WRI) / International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN) / World Conservation Monitoring Centre (WCMC). 42 S.
- Roth T., Amrhein V., Peter B., Weber D. 2008: A Swiss agri-environment scheme effectively enhances species richness for some taxa over time. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 125: 167–172.
- Schmid H. 1994: Ornithop CH. Schweizerische Vogelwarte Sempach.
- Stevens D.L. 1994: Implementation of a national monitoring program. *Journal of Environmental Management* 42: 1–29.
- Stucki P. 2010: Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer. Makrozoobenthos Stufe F. Bafu-Schriftenreihe Umwelt-Vollzug Nr. 1026. Bern, Bundesamt für Umwelt. 61 S.
- Terborgh J.W., Faaborg J. 1980: Saturation of bird communities in the West Indies. *American Naturalist* 116: 178–195.
- United Nations Environment Programme (UNEP) 1993: *Guidelines for country studies on biological diversity*. UNEP, Nairobi. 131 S.
- World Conservation Monitoring Centre (WCMC) 1992: *Global Biodiversity. Status of the earth's living resources*. London, Chapman & Hall. 585 S.

> Anhang

A1 Einflussindikatoren

E1 = Z10: Fläche der wertvollen Biotope

Der Indikator E1 entspricht dem Indikator Z10.

E2: Flächennutzung

Veränderung der Gesamtfläche einzelner Nutzflächen in der Schweiz beziehungsweise in interessierenden Teilräumen.

Definition

Jeder der 13 definierten Nutzungstypen beherbergt Lebensgemeinschaften, die sich an die dort herrschenden Lebensbedingungen angepasst haben. Verändert sich die Nutzung einer Fläche, dann verändert sich auch die Anzahl und die Zusammensetzung der Arten, die dort leben. Werden beispielsweise landwirtschaftlich genutzte Flächen überbaut, erhalten Arten mehr Raum, die gerne in Siedlungen leben; umgekehrt schrumpft der Lebensraum für Lebewesen, die an landwirtschaftliche Nutzungen angepasst sind. Auf der Alpensüdseite finden die «Siedlungsspezialisten» bereits mehr Raum vor als Lebensgemeinschaften, die Landwirtschaftsflächen bevorzugen.

Bedeutung für die Biodiversität

Der Indikator gibt Aufschluss über die Nutzung der Landschaft und damit über die Veränderung der Lebensräume. Eine Zu- oder Abnahme der Biodiversität lässt sich aus den Flächenveränderungen jedoch nicht direkt ableiten. Derartige Interpretationen können nur in Verbindung mit anderen BDM-Indikatoren gemacht werden.

Die Erhebungen der Arealstatistik Schweiz bilden die Grundlage für den Indikator E2. Als Datenquelle dienen Luftbilder, die mit einem Stichprobennetz von 100 Metern Maschenweite überlagert wurden. Mittels stereoskopischer Luftbildinterpretation wurde jedem der insgesamt 4,1 Millionen Stichprobenpunkte eine der 74 Nutzungskategorien der Arealstatistik zugeteilt. Unklare Punkte wurden zusätzlich im Gelände verifiziert. Die genaue Definition dieser 74 Kategorien ist im Kategorien-Katalog der Arealstatistik Schweiz¹ festgehalten.

Methodik

Für den Indikator E2 wurden die 74 Grundkategorien der Arealstatistik zu 13 BDM-Kategorien zusammengefasst. Ökologisch relevante Nutzungen und Bedeckungen können mittels dieser Einteilung unterschieden werden. Darüber hinaus wird ein Vergleich mit dem europäischen System «CORINE Land Cover» möglich.

¹ Bundesamt für Statistik 1992: Die Bodennutzung der Schweiz. Arealstatistik 1979/85. Kategorienkatalog. Reihe Statistik der Schweiz. Bern, Bundesamt für Statistik. 191 S.

E3: Fläche der naturüberlassenen Gebiete

Veränderung der Summe naturüberlassener Flächen in der Schweiz und in den biogeografischen Regionen.

Definition

Als naturüberlassene Flächen gelten Gebiete, die gemäss Arealstatistik keiner Nutzung unterliegen und in einem gewissen Abstand, meist 500 Meter, von beeinflussender Infrastruktur entfernt liegen. Als beeinflussende Infrastrukturen gelten Siedlungen, Strassen, Eisenbahnlinien, Skilifte und dergleichen. Diese Definition bezieht sich auf die Wildnis ausserhalb des Waldes.

Zu den naturüberlassenen Flächen zählen auch Waldflächen, die entweder seit mindestens 50 Jahren nicht mehr bewirtschaftet werden oder die im Gebüschwald respektive im nicht zugänglichen Wald liegen. Zudem müssen die Waldflächen mindestens 500 Meter von der nächsten Waldstrasse entfernt liegen und dürfen nicht beweidet werden, um als naturüberlassen zu gelten.

Gewässer sind in dieser Definition nicht enthalten. Zur Gewässerwildnis fehlen bisher geeignete Grundlagedaten.

Als «naturüberlassen» gelten hier ungenutzte Flächen, die mindestens 500 m Abstand zu Siedlungen, Strassen (inkl. Wald- und Alpstrassen) und anderen Infrastrukturen haben. Unter 1800 Metern über Meer sind 95 Prozent der Fläche mit Infrastruktur belegt oder weniger als 500 Meter von Infrastrukturen entfernt. Oberhalb dieser Höhe sind es immer noch 33 Prozent. Alle diese Flächen gelten nicht als «naturüberlassen», da natürliche Prozesse gestört werden könnten. Alphütten und Bergwälder sind in der Regel erschlossen, der Wald wird genutzt oder als Schutzwald gepflegt.

Bedeutung für die Biodiversität

Denn in diesen ungestörten Prozessen liegt der eigentliche Wert naturüberlassener Flächen und nicht etwa darin, dass sie eine überdurchschnittlich hohe Artenvielfalt beherbergen. Geröllhalden und Felswände beispielsweise sind sehr artenarme Gebiete. Doch es sind Gebiete, die sich nach ihren eigenen Gesetzmässigkeiten entwickeln und die spezialisierten Arten einen Lebensraum bieten.

Die ungestörte Entwicklung führt zu «natürlichen», nachhaltigen Zuständen. Beispielsweise stehen in naturüberlassenen Wäldern im Vergleich zum Wirtschaftswald mehr dicke Bäume und der Anteil an Alt- und Totholz ist höher. Viele Insekten, Pilze, Flechten und Vögel sind ganz oder teilweise auf solche Strukturen und auf störungsarme Waldgebiete angewiesen. Naturüberlassene Wälder sind jedoch meistens dichter und dadurch dunkler, denn offene Flächen entstehen dort nur durch natürliche Vorgänge wie Murgänge, Lawinen, Stürme oder alte Bäume, die umfallen und Pioniergesellschaften Platz machen. Da viele Pflanzen- und Tierarten auf Licht und Wärme angewiesen sind, finden sie in solchen Wäldern keine geeigneten Lebensräume. Dadurch kann sich die wachsende Waldwildnis negativ auf die Biodiversität auswirken. Dasselbe ist der Fall, wenn sich die Waldwildnis auf ehemaligen Trockenwiesen ausbreitet.

Dennoch wäre aus der Sicht der Biodiversität eine Zunahme der Waldwildnis grundsätzlich zu begrüßen. Denn erst ein Mosaik aus Schutz- und Wirtschaftswäldern unterschiedlicher Ausprägung, speziellen Nutzungsformen und eben naturüberlassenen Waldflächen ermöglicht es, das gesamte Spektrum an Waldarten und biologischen Waldfunktionen in der Schweiz zu erhalten.

Es ist anzunehmen, dass der Klimawandel die Zusammensetzung der Wildnis in hohen Lagen beeinflussen wird. So etwa, weil die Gletscher schmelzen und Fels oder Moränen freigeben oder weil die Baumgrenze steigt. Weil auch die Schneegrenze steigt, werden in Zukunft wahrscheinlich die Infrastrukturen für den Wintertourismus in höheren Lagen ausgebaut. Dadurch würde sich die Fläche, die der Natur überlassen bleibt, weiter verringern.

Die Angaben zu den naturüberlassenen Flächen (ohne Wald) basieren auf der Stichprobenerhebung der Arealstatistik Schweiz (Bundesamt für Statistik) und dem digitalen Landschaftsmodell der Schweiz von swisstopo. Die Arealstatistik gibt an, welche Flächen nicht genutzt werden, nämlich «Gebüsch, Strauchvegetation», «Gletscher, Firn», «Nassstandorte», «Unproduktive Gras- und Krautvegetation» sowie «Fels, Sand und Geröll».

Methodik

Die Angaben über die Infrastrukturen stammen aus dem digitalen Landschaftsmodell der Schweiz (VECTOR25). Sie wurden in zwei Kategorien mit unterschiedlichen Einflussbereichen unterteilt. Damit eine Fläche als Wildnis gilt, muss sie mindestens 500 Meter von Infrastrukturen mit grossem Einflussbereich, oder 25 Meter von Infrastrukturen mit geringem Einflussgebiet entfernt liegen. Einen grossen Einflussbereich haben Siedlungen, Strassen (bis und mit 4.-Klasse), Eisenbahnlinien, Tal- und Bergstationen von Seilbahnen, Skilifte und dergleichen. Ein geringes Einflussgebiet haben beispielsweise Hütten und allein stehende Gasthäuser, Antennen, Denkmäler und dergleichen sowie Materialbahnen und Hochspannungsleitungen.

Im geografischen Informationssystem (GIS; Workstation ArcInfo bzw. ArcGIS 9.2[®]) wurde mit der NEAR-Methode die Distanz der Stichprobenpunkte der Arealstatistik zur nächstgelegenen Infrastruktur berechnet. Ungenutzte Flächen, die nicht im Einflussbereich von Infrastrukturen liegen, werden als naturüberlassene Flächen erfasst.

Die Angaben zu den naturüberlassenen Waldgebieten basieren auf der Stichprobenerhebung des Schweizerischen Landesforstinventares (LFI) aus den Jahren 1993/95 (LFI2). Für die Berechnung wurden die Daten des damaligen Zustandes verwendet. Das Stichprobennetz des LFI umfasst 23223 Gitterpunkte auf Schweizer Boden. Die Merkmalsansprache für die vorliegende Auswertung erfolgte auf Quadraten von 50 Meter x 50 Meter. Die Daten auf diesen Flächen wurden in einem ersten Schritt mittels Luftbildaufnahmen erhoben. In einem weiteren Schritt erhoben Feldequipes vor Ort zusätzliche Daten. Vertreter des Landesforstinventars berechneten anschliessend Mittelwerte und Standardfehler für die Gesamtschweiz und für die sechs biogeografischen Grossregionen der Schweiz. Die Koordinationstelle BDM rechnete nachträglich die Standardfehler in Vertrauensbereiche um. Sie nahm dafür eine Binomialverteilung als Modell.

E4: Länge linearer Landschaftselemente

Jährliche Veränderung der Länge von offenen Bachläufen, Hecken und Waldrändern in Kilometern, in der Schweiz und in den Landschaftsräumen.

Definition

Als Übergangszonen zwischen unterschiedlichen Lebensräumen sind lineare Landschaftselemente oft besonders artenreich. Zusätzlich verbinden sie meistens verschiedene Naturräume miteinander und dienen so vielen Tierarten als Wanderkorridore. Der Rückgang solcher Elemente hat nicht nur einen Lebensraumverlust zur Folge, sondern schränkt in der Regel auch die Ausbreitungsmöglichkeiten vieler Tiere ein. Umgekehrt können neu geschaffene Hecken oder Waldränder sowie wieder offen gelegte Bachläufe zuvor isolierte Lebensräume vernetzen und die Landschaft für Tiere und Pflanzen aufwerten. In manchen Landschaften, etwa in Hochmooren, kommen indes natürlicherweise keine Hecken, Waldränder oder offene Bachläufe vor. Dort wäre das Aufkommen solcher Strukturen ungünstig.

Bedeutung für die Biodiversität

Der Indikator macht mangels geeigneter Datengrundlagen keine Aussagen zur Qualität der untersuchten Landschaftselemente. Die Qualität eines Lebensraumes ist aber ausschlaggebend für seine Artenvielfalt. Zum Beispiel sind strukturreiche Waldränder von grosser Bedeutung – als eigenständige Lebensräume und als Vernetzungselemente zwischen Wald und Offenland. Dies trifft auf das Mittelland besonders zu, wo der Wald in viele Waldinseln zerstückelt ist. Laut Landesforstinventar 2010² weisen aber nur knapp 40 Prozent der Waldränder in der kollinen und montanen Stufe eine hohe Strukturvielfalt auf.

Die Zunahme der Hecken im Mittelland und in den Agglomerationen ist ungeachtet ihrer ökologischen Qualität, die im Einzelnen nicht bekannt ist, positiv für die Artenvielfalt. Denn neue Hecken sind zusätzliche Strukturen in einer durch die intensive Landwirtschaft und den starken Siedlungsdruck «ausgeräumten» Landschaft. Im Berggebiet hingegen stagniert der Heckenbestand. Gleichzeitig führt die Aufgabe von landwirtschaftlich extensiv bewirtschafteten und deshalb artenreichen Flächen zur Verbuschung und damit zu einem Verlust an Artenvielfalt, da lichtliebende Arten ihren Lebensraum verlieren.

Das Verlegen von Bächen unter die Erde bedeutet eine Verarmung der Landschaft und eine Abnahme der Struktur- und Artenvielfalt. Heute verschwinden noch immer etwa gleich viele Bachläufe von der Landeskarte wie in früheren Beobachtungsperioden. Im Mittelland werden Bäche zum Beispiel bei der Erschliessung von Landwirtschaftsland oder beim Siedlungs- und Gewerbebau eingedolt. Allerdings werden heute auch viele geschlossene Bäche renaturiert³. Diese Tendenz ist für die Biodiversität vorteilhaft.

Die Daten wurden für das Projekt «Landschaft unter Druck» des Bundesamtes für Raumentwicklung ARE und des Bundesamtes für Umwelt BAFU erhoben und für den BDM-Indikator «Länge linearer Landschaftselemente (E4)» übernommen. Für die dritte Fortschreibung des Projektes beruhen die Daten auf dem Änderungsmaterial des

Methodik

² Brändli U.-B. (Red.) 2010: Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der dritten Erhebung 2004–2006. Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Bern, Bundesamt für Umwelt, BAFU. 312 S.

³ Bundesamt für Raumentwicklung ARE / Bundesamt für Umwelt BAFU (Hrsg) 2007: Landschaft unter Druck. 3. Fortschreibung 1989–2003. Bern.

VECTOR25 Datensatzes von swisstopo zur Erstellung der Landeskarten. Die dort erfassten Längenveränderungen der Hecken, Waldränder und offenen Fließgewässer wurden auf 112 Stichprobenflächen zu je 12 Quadratkilometern mittels eines automatisierten GIS-Prozesses ausgewertet. Das Programm berechnete die Differenz zwischen neuen und fehlenden Abschnitten der ausgewählten Landschaftselemente. Die Resultate wurden anschliessend für die gesamte Schweiz hochgerechnet und der jährliche Durchschnitt gebildet. Die Verteilung der Stichprobenflächen auf verschiedene Landschaftsräume ermöglichte eine regionale Auswertung. Für die erste und zweite Fortschreibung von «Landschaft unter Druck», welche vor der Einführung von VECTOR25 durchgeführt wurden, erfolgte dieselbe Auswertung manuell anhand des Änderungsmaterials der Landeskarte.

Die Abgrenzung der Landschaftsräume wurde folgendermassen vorgenommen:

- > Hochalpen: Landwirtschaftliche Bodeneignungskarte der Schweiz (Kategorien «sehr gering fruchtbar» und «landwirtschaftlich nicht nutzbar»).
- > Berggebiet: Standardgrenze des landwirtschaftlichen Produktionskatasters (Bergzone I–IV).
- > Mittelland: Gebiet zwischen Agglomerationen und Berggebiet.
- > Agglomerationen: Volkszählung 1980, Statistisches Jahrbuch der Schweiz 1983 (S. 64) und Karte «Gemeinden der Schweiz».
- > Nach der nunmehr dritten Fortschreibung des Projektes «Landschaft unter Druck» stehen Auswertungen für vier Beobachtungsperioden zur Verfügung:
 - 4. Beobachtungsperiode: 1989–2003.
 - 3. Beobachtungsperiode: 1984–1995.
 - 2. Beobachtungsperiode: 1978–1989.
 - 1. Beobachtungsperiode: 1972–1983.

E5: Nutzungs- und Bedeckungsvielfalt des Bodens

Veränderung der Häufigkeit der Übergänge von einem Nutzungstyp zu einem anderen Nutzungstyp innerhalb eines Quadratkilometers; aggregiert nach biogeografischen Regionen und für die Schweiz insgesamt.

Definition

Grundlage bildet die Kategorieneinteilung der Arealstatistik Schweiz des Bundesamtes für Statistik.

Die räumliche Verteilung von Lebensräumen in der Landschaft beeinflusst die Biodiversität. Reich strukturierte Landschaften bieten mehr Lebensräume und eignen sich somit für mehr Arten als monotone Landschaften. Viele Arten sind auf eine vielfältige Landschaft angewiesen, weil sie in unterschiedlichen Lebensräumen ihre Nahrung suchen, ihre Jungen aufziehen, sich ausruhen oder fortpflanzen. Das Birkhuhn etwa sucht sein Futter im Unterholz lichter Wälder, balzt aber auf offenen Flächen. Ein Lebensraummosaik ist für die Biodiversität daher meistens positiv. Entscheidend ist allerdings, wie sich das Mosaik zusammensetzt. Auch die Verdichtung des Strassennetzes führt zu Kleinräumigkeit, zerschneidet aber zuvor zusammenhängende Lebensräume und ist deshalb schlecht für die Biodiversität. Eine Zunahme der Nutzungs- und Bedeckungsvielfalt kann sich also sowohl positiv als auch negativ auf die Biodiversität

Bedeutung für die Biodiversität

auswirken. Der Indikator muss deshalb in Verbindung mit anderen BDM-Indikatoren bewertet werden (insbesondere Z7: Artenvielfalt in Landschaften und Z8: Bestand häufiger Arten).

Der Indikator vergleicht die mittlere Anzahl Bodennutzungs- und Bodenbedeckungswechsel pro Quadratkilometer zwischen 1979/85 und 1992/97 in den biogeografischen Regionen und in der Gesamtschweiz.

Methodik

Die Ausgangsdaten liefert die Arealstatistik von 1979/85 und 1992/97, die das Bundesamt für Statistik auf einem Stichprobenetz mit einer Maschenweite von 100 Metern auf den Hektometerkoordinaten erheben liess. Das ergibt 100 Stichprobenpunkte pro Quadratkilometer, schweizweit sind es 4,1 Millionen Stichprobenpunkte. Mittels stereoskopischer Luftbildinterpretation wurde jeder dieser Punkte einer der 74 Nutzungskategorien der Arealstatistik zugeteilt. Die BDM-Fachleute haben diese 74 Nutzungskategorien zu den 23 Bodennutzungskategorien des BDM (siehe untenstehende Liste) zusammengefasst.

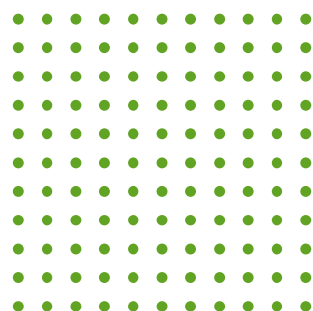
Ökologisch relevante Nutzungen und Bodenbedeckungen können mittels dieser neuen Einteilung unterschieden werden. Zusätzlich wird ein Vergleich mit «CORINE Land Cover» möglich. CORINE (Coordinated Information on the European Environment) Land Cover (Koordinierte Informationen über die europäische Umwelt. Bodenbedeckung) wurde von der EU-Kommission initiiert und ist ein Klassifizierungssystem, welches zum Ziel hat, für Europa einheitliche und somit vergleichbare Daten auf der Basis digitaler Satellitenbilder zu liefern.

Die BDM-Bodennutzungen auf den Stichprobenpunkten werden in horizontaler (West-Ost) und vertikaler (Nord-Süd) Richtung mit der Bodennutzung ihrer Nachbarpunkte verglichen. Jeder Übergang von einer Bodennutzung zu einer anderen wird gezählt. Damit sind für jeden Quadratkilometer zwischen 0 und 200 Wechsel möglich.

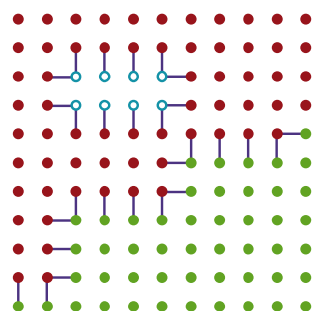
Abb. 8 > Verschiedene Bodennutzungsmuster

Vereinfachte exemplarische Darstellung verschiedener Bodennutzungsmuster pro Quadratkilometer.

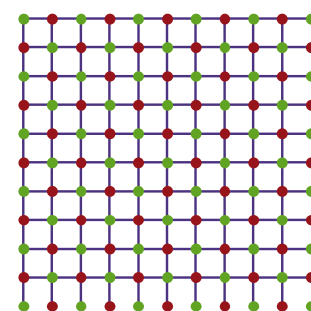
Anzahl Bodennutzungstypen = 1
Anzahl Wechsel = 0



Anzahl Bodennutzungstypen = 3
Anzahl Wechsel = 28



Anzahl Bodennutzungstypen = 2
Anzahl Wechsel = 200
(unwahrscheinliches Muster)



Bodennutzungstypen:

- Geschlossener Mischwald
- Wiesland
- Stehende Gewässer

— Wechsel

Liste der 23 BDM-Bodennutzungskategorien

- | | | |
|--|--|---|
| > Städtisch geprägte Flächen | > Wiesland | > Gehölz-Strauch-Übergangsstadien |
| > Industrie-, Gewerbe- und Verkehrsflächen | > Heimweiden | > Gehölze auf alpwirtschaftlichen Nutzflächen |
| > Künstlich angelegte, nicht landwirtschaftlich genutzte Grünflächen | > Gehölze, aufgelöster Wald auf landwirtschaftlichen Nutzflächen | > Natürliches Grünland |
| > Ackerflächen | > Geschlossener Laubwald | > Offene Flächen ohne/mit geringer Vegetation |
| > Weinbauflächen | > Geschlossener Mischwald | > Nassstandorte, Ufervegetation |
| > Obstanlagen | > Geschlossener Nadelwald | > Fliessgewässer, Hochwasserverbauungen, Uferböschungen |
| > Feldobst | > Waldstreifen, Waldecken | > Stehende Gewässer |
| > Gartenbauflächen | > Aufgelöster Wald | |

E6: Nährstoffangebot im Boden

Veränderung des Mittelwertes der Nährstoffzeigerwerte der auf Flächen von 10 Quadratmetern vorkommenden Gefässpflanzenarten. Verwendet wurden die Nährstoffzahlen nach Landolt et al. (2010)⁴. Diese Werte drücken die Vorliebe der Pflanzen für einen niedrigen oder hohen Nährstoffgehalt im Boden aus. Die Skala reicht von 1 bis 5:

Definition

1. Sehr nährstoffarm, ausgesprochen mager
2. Nährstoffarm
3. Mässig nährstoffarm bis mässig nährstoffreich
4. Nährstoffreich
5. Sehr nährstoffreich bis überdüngt

⁴ Landolt E., Bäumler B., Erhardt A., Hegg O., Klötzli F., Lämmli W., Nobis M., Rudmann-Maurer K., Schweingruber F.H., Theurillat J-P., Urmli E., Vust M., Wohlgemuth T. 2010: Flora indicativa. Haupt, Bern, Stuttgart, Wien. 376 S.

Stickstoff ist zwar lebenswichtig für Pflanzen, ab einer zu hohen Dosis im Boden schrumpft jedoch die Pflanzenvielfalt und die davon abhängige Tierwelt. Ähnlich verhält es sich auch mit anderen wichtigen Nährelementen wie Phosphor oder Kalium.

Bedeutung für die Biodiversität

Pflanzen konkurrieren ständig um Wachstumsfaktoren wie Licht, Wasser, Raum oder Nährstoffe. Verändern sich diese Faktoren, setzen sich andere Pflanzenarten durch. Einige Arten, etwa Brennnesseln, wachsen schnell, wenn genug Nährstoffe vorhanden sind. Da sie sonst kaum etwas brauchen, verdrängen sie andere Arten, die differenziertere Ansprüche an ihre Umgebung stellen. Auf fetten Böden wachsen deshalb weniger Pflanzenarten als auf nährstoffarmem Untergrund. Wo nur wenige Pflanzenarten vorkommen, ist auch die Vielfalt an Kleinlebewesen geringer. Wiesen mit einer reichen Pflanzenvielfalt ziehen zum Beispiel viel mehr Schmetterlingsarten an als monotone Grünflächen. Aus Sicht der Biodiversität ist eine Zunahme des Nährstoffangebots im Boden deshalb nicht erwünscht.

Nebst der Düngung durch die Landwirtschaft tragen auch Industrie und Verkehr zum hohen Nährstoffgehalt in den Böden bei. Stickstoff gelangt aus der Atmosphäre sogar in naturnahe, nährstoffarme Ökosysteme wie Wälder, Hoch- und Flachmoore, Trockenwiesen oder -weiden und löst dort Düngungs- und Versauerungseffekte aus. Durch die zunehmende Industrialisierung und Intensivierung der Landwirtschaft ist der Nährstoffpegel im letzten Jahrhundert in ganz Europa massiv gestiegen.

In manchen Waldgebieten lagern sich heute jährlich bis zu 50 Kilogramm Stickstoff pro Hektare ab. Das ist dreimal so viel wie vor fünfzig Jahren. Einträge von 10 bis 20 Kilogramm gelten bereits als kritisch, da eine zunehmende Stickstoffdüngung die Böden versauern lässt. In saureren Böden können Wurzeln weniger Abwehrsubstanzen gegen schädliche Pilze bilden. Zudem sinkt die Zahl der Bodenwürmer, die für die Bodenbildung wichtig sind.

Im Indikator «Artenvielfalt in Lebensräumen (Z9)» wird die Pflanzenzusammensetzung auf rund 1500 Probeflächen von 10 Quadratmetern untersucht. Die Nährstoffzahlen sämtlicher Gefässpflanzenarten, die auf einer Probefläche gefunden werden (ohne unbestimmte Arten und Sammelarten), werden gemittelt (arithmetisches Mittel). Die Auswertungen nach Höhenstufen basieren auf der Wärmegliederung der Schweiz von Schreiber et al. (1997)⁵.

Methodik

E7: Nutzungsintensität in der landwirtschaftlichen Fläche

Veränderung der landwirtschaftlichen Produktionsmenge verschiedener ausgewählter Kulturpflanzen im Verhältnis zur entsprechenden Anbaufläche und die Veränderung des Tierbestandes im Verhältnis zur landwirtschaftlichen Nutzfläche.

Definition

Diverse wirtschaftlich bedeutende Kulturpflanzen werden gesondert betrachtet.

Nutztiere werden in Grossvieheinheiten (GVE) umgerechnet.

⁵ Schreiber K.F., Kuhn N., Hug C., Häberli R. 1997: Wärmegliederung der Schweiz. Eidg. Justiz. Und Polizeidepartement, Bern.

Wird die landwirtschaftliche Fläche intensiver genutzt, geht die biologische Vielfalt in der Regel zurück. Intensives Düngen und Spritzen von Pestiziden oder ein hoher Nutztierbestand lässt das Grünland verarmen. Der Indikator kann die Nutzungsintensität nur grob wiedergeben, da noch weitere Faktoren Flächenerträge und Nutztierbestand beeinflussen.

Bedeutung für die Biodiversität

Die Ertragsleistung der wichtigsten Kulturarten wurde in den letzten hundert Jahren stark gesteigert. Erst in den 1990er Jahren änderten sich die agrarpolitischen Rahmenbedingungen und das ökologische Bewusstsein stieg. Landwirte fingen an, tiefere Erträge zugunsten einer nachhaltigen Nutzung in Kauf zu nehmen. Diese Verluste werden durch Direktzahlungen ausgeglichen. Die Integrierte Produktion (1993), der ökologische Leistungsnachweis (1999), die biologische Bewirtschaftung, der extensive Getreideanbau (1992) – diese neuen Bewirtschaftungsmethoden reduzierten den Einsatz von Nährstoffen wie Stickstoff, Phosphor oder Kalium und führten dazu, dass die Erträge weniger stark zunahmen. Weniger Dünger und Pestizide sowie Kleinräumigkeit und Heterogenität in der Landwirtschaft begünstigen dafür die Biodiversität.

Nicht immer ist eine Ertragsreduktion nötig: Manche neuen Bewirtschaftungsmethoden, die auf eine Ertragserhöhung aus sind, fördern en passant die Biodiversität. Zum Beispiel wird Mais heute meistens nicht mehr wie vor dreissig Jahren auf kahlen, sondern auf Böden ausgesät, die mit sogenannten Ackerbegleitpflanzen bewachsen sind. Solche Pflanzen tragen zur strukturellen Vielfalt bei und bieten Kleintieren Futter und Lebensraum.

Ob die Biodiversität in den Ackerflächen dank veränderten Bewirtschaftungsmethoden tatsächlich zugenommen hat, werden Auswertungen des Indikators Z9 «Artenvielfalt in Lebensräumen» zeigen.

Der Tierbestand hat sich in der Schweiz zwischen 1999 und 2006 kaum verändert. Er schwankte in dieser Periode stets zwischen 1,14 und 1,16 GVE/Hektar LN, stieg dann aber 2008 deutlich auf 1,24 GVE/Hektar LN an. Obwohl er 2009 wieder auf 1,19 GVE/Hektar LN sank, ist er immer noch deutlich höher als 1999. Für die Biodiversität wäre aber ein tieferer Viehbestand besser, denn weniger Vieh bedeutet weniger Trittschäden, weniger Stickstoff (Gülle) im Boden (vgl. Indikator E6, Nährstoffangebot im Boden) und weniger Futtermittelimport. Dies würde die Pflanzenvielfalt wahrscheinlich steigern. Auswertungen des Indikators Z9 (Artenvielfalt in Lebensräumen) werden diesbezüglich Klarheit schaffen.

Die Beweidung an sich ist für die Biodiversität nicht schlecht. Sie schafft wertvolle Lebensräume. Grasende Kühe, Schafe oder Ziegen bremsen die Verwaldung von halboffenen Landschaften (zum Beispiel Wytweiden), die eine hohe und typische Artenvielfalt beherbergen.

Pflanzliche Produktion

Methodik

Die mittleren Flächenerträge werden in Kilogramm pro Hektare angegeben. Die Erträge wurden für die Gesamtschweiz und die landwirtschaftlichen Regionen berechnet.⁶ Sieben häufige Kulturpflanzen wurden ausgewählt: Weizen, Gerste, Triticale, Körnermais, Kartoffeln, Zuckerrüben und Raps. Diese Kulturen wuchsen im Jahr 2005 auf rund 50 Prozent des Ackerlandes der Schweiz. Einige dieser Kulturen werden in der Hügel- oder der Bergregion wenig oder gar nicht angebaut. Ausgewiesen werden deshalb hier nur Mittelwerte, die sich auf die Daten von mindestens zwanzig Betrieben stützen.

Die Daten für die pflanzliche Produktion stammen aus einer Stichprobe. Rund 3500 von insgesamt über 60 000 Betrieben, die Direktzahlungen des Bundes erhalten, liefern der Agroscope Reckenholz-Tänikon ART jährlich ihre betriebswirtschaftlichen Buchhaltungsdaten. Die ART beschreibt die wirtschaftliche Entwicklung anhand von Referenzbetrieben und ist für die zentrale Auswertung der Buchhaltungsdaten zuständig. Die Referenzbetriebe werden nicht zufällig ausgewählt, denn keine Betriebsleitung kann verpflichtet werden, ausführlich Buch zu führen.

Konfidenzintervalle werden nicht berechnet, da die Auswahl der Betriebe nicht zufällig sondern gemäss einem proportionalen geschichteten Quotenverfahren erfolgt und nicht garantiert ist, dass die Daten normalverteilt sind.

Dargestellt werden über fünf Jahre gleitende Mittel.

Tierbestand

Verschiedene Nutztiere werden in Grossvieheinheiten (GVE) umgerechnet (1 GVE $\approx$ 1 Rind von 650 Kilogramm) und pro Hektare landwirtschaftlicher Nutzfläche ausgewiesen. Das ergibt den mittleren Tierbestand (Tierbesatz) pro Hektare (GVE/ha). Wie die verschiedenen Nutztiere in GVE umgerechnet werden, ist in der landwirtschaftlichen Begriffsverordnung (LBV) festgelegt. Die Umrechnungsfaktoren hängen von der Stickstoff- und Phosphorausscheidung der verschiedenen Nutztiere ab. GVE/ha ist ein Mass für die Intensität, mit der die Viehwirtschaft betrieben wird. Die Daten für den Tierbestand stammen aus einer Gesamterhebung. Im Rahmen der landwirtschaftlichen Betriebsdatenerhebung von BLW (Bundesamt für Landwirtschaft) und BFS (Bundesamt für Statistik) werden Angaben über Art und Anzahl der Nutztiere in jedem Landwirtschaftsbetrieb erhoben. Jeder Landwirt und jede Landwirtin muss einen standardisierten Fragebogen ausfüllen und an den Kanton senden. Die Angaben beziehen sich auf einen Stichtag anfangs Mai. Sie werden von Bund und Kantonen überprüft und in der zentralen Datenbank des BLW verwaltet.

Die Kennzahlen werden für die Gesamtschweiz und alle Kantone berechnet. Sie liegen für die Jahre ab 1999 vor.

⁶ Artikel 2 der Landwirtschaftlichen Zonen-Verordnung nennt die Kriterien für die Abgrenzung der landwirtschaftlichen Zonen. Diese Zonen wurden folgendermassen in Regionen zusammengefasst.

- Talregion: Talzone
- Hügelregion: Hügelzone, Bergzone I
- Bergregion: Bergzonen II bis IV

E8: Florenfremde Waldfläche

Veränderung des Anteils der von florenfremden Baumarten dominierten Wälder an der Gesamtwaldfläche des betrachteten Raumes.

Definition

Als florenfremd gelten die Baumarten Robinie, Schwarzföhre, Strobe (Weymouthsföhre), Douglasie, Thuja, Mammutbaum, andere fremdländische Nadelbäume, Rot-eiche, Zuchtpappeln, Rosskastanie, Tulpenbaum und andere fremdländische Laub-bäume.

Die von florenfremden Baumarten dominierte Fläche besteht aus Waldgebieten, die einen Vorratsanteil von mehr als 50 Prozent der genannten Baumarten aufweisen.

Fremde Pflanzenarten können den Aufbau tierischer Nahrungsketten behindern, mit einheimischen Baumarten um den Standort konkurrieren oder Habitate verändern. Mit den fremden Baumarten können überdies weitere fremde Organismen in unsere Landschaften gelangen – oft zum Schaden einheimischer Arten. Denn die «blinden Passagiere» befallen manchmal neben ihren angestammten fremdländischen Wirtspflanzen auch einheimische Arten. Diese können sich gegen die neue Bedrohung oft nur schlecht wehren. Die Schweizer Ulmenbestände zum Beispiel werden durch die Ulmenwelke dezimiert, eine vermutlich aus Asien eingeschleppten Pilzkrankheit. Wenn eingeführte Waldbäume heimische Gewächse verdrängen, verlieren zudem Insekten, die auf spezifische Wirtspflanzen angewiesen sind, eine Nahrungsquelle. Im Gegenzug können nur wenige Insekten die eingeführten Arten oder Zuchtformen nutzen – meist jene mit wenig spezialisierten Ansprüchen an ihre Nahrung.

Bedeutung für die Biodiversität

Wie die Werte des Indikators zeigen, fällt der Exotenanbau hierzulande vorläufig kaum ins Gewicht, und es ist auch keine steigende Tendenz festzustellen. Allerdings könnte sich das wegen des Klimawandels und des Anbaus von Gehölzen, die an wärmere Bedingungen angepasst sind, in Zukunft ändern.

Wozu grossflächiger Exotenanbau führen kann, zeigt ein Blick über die Grenzen. In Spanien zum Beispiel wurden ganze Wälder mit schnellwüchsigen, ursprünglich aus Australien stammenden Eukalyptusarten angepflanzt. Mit dem Resultat, dass diese Pflanzungen heute vielerorts die Trockenheit ertragenden, dornenreichen Macchie- und Garrigue-Gesellschaften ersetzen. Die betroffenen Ökosysteme wurden dadurch vollkommen verändert.

Von den hier aufgeführten florenfremden Waldarten stellt einzig die Robinie ein bedeutendes Problem dar, allerdings vor allem am Waldrand oder ganz ausserhalb des Waldareals. Die Robinie kann sich spontan ausbreiten und besiedelt bevorzugt Ruderalflächen und Magerstandorte. Dort konkurriert sie erfolgreich mit der einheimischen Pioniervegetation. Wertvolle Magerwiesen können in wenigen Jahren verbuschen und in der Folge verwalden. Die Robinie beschleunigt diesen Prozess, weil sie Stickstoff im Boden anreichert und so auf ehemals mageren Böden plötzlich vermehrt Nährstoff liebende Waldpflanzen wachsen können. Aus diesem Grund steht die Robinie auf der «Schwarzen Liste», obwohl sie als Schmetterlingsblütler Insekten Nahrung bietet.

Die Angaben über Waldgebiete mit florenfremder Dominanz basieren auf Stichprobenerhebungen des Schweizerischen Landesforstinventares (LFI). Die Erhebungen fanden in den Jahren 1983/85 (LFI1), 1993/95 (LFI2) und 2004/06 (LFI3) statt.

Methodik

Für die Berechnung der Zustände LFI1, LFI2 und LFI3 wurden die Daten mit Angaben zu dominanten Baumarten verwendet. Es handelt sich um 10 980 Stichprobenpunkte im LFI1, 6412 im LFI2 und 6608 im LFI3.

Die Datenerhebung auf diesen Flächen erfolgte in einem ersten Schritt anhand von Luftbildaufnahmen. Danach erhoben Feldequipen vor Ort zusätzliche Daten. Bei den Felderhebungen wurden alle Baumarten innerhalb zweier konzentrischer Kreise angesprochen. Auf einer Kreisfläche von 2 Aren wurden Bäume mit einem Brusthöhendurchmesser von mindestens 12 Zentimeter, im Umkreis von 5 Aren solche mit einem Brusthöhendurchmesser von mindestens 36 Zentimeter erfasst. Ist in beiden Kreisen mindestens die Hälfte des Vorrates florenfremd, gilt die Fläche als «von florenfremden Baumarten dominiert».

Mitarbeitende des Landesforstinventars berechneten anschliessend Mittelwerte und Standardfehler für die Gesamtschweiz und für die sechs biogeografischen Regionen der Schweiz. Die Koordinationsstelle BDM rechnete nachträglich die Standardfehler in 95 Prozent-Vertrauensbereiche um. Sie nahm dafür eine Binomialverteilung als Modell.

E9: Jungwaldfläche mit künstlicher Verjüngung

Veränderung des Flächenanteils der künstlich verjüngten Wälder an der gesamten Verjüngungsfläche des betrachteten Raumes.

Definition

Für die Zuordnung der Flächen in die drei Kategorien «Kunstverjüngung», «gemischte Verjüngung» und «Naturverjüngung» ist der Deckungsgrad massgeblich.

- > *Naturverjüngung*: Jungwald aus natürlicher Ansamung oder aus Stockausschlägen. Weniger als 20 Prozent aus gepflanzter Verjüngung.
- > *Kunstverjüngung*: Jungwald aus Pflanzung. Weniger als 20 Prozent aus natürlicher Verjüngung.
- > *Gemischte Verjüngung*: Alle Flächen, die nicht einer der beiden anderen Kategorien zugeordnet werden können.

Im Vergleich zu den 1980er Jahren hat der Anteil natürlich verjüngter Waldflächen zugenommen, während Pflanzungen zunehmend an Bedeutung verlieren. Heute verjüngt sich der Schweizer Wald zu 80 Prozent natürlich. Gepflanzt wird meist nur noch, um Schutzwälder zu stärken, die Artenvielfalt gezielt zu fördern oder um Wertholz zu produzieren.

Bedeutung für die Biodiversität

Im letzten Jahrhundert mussten aus wirtschaftlichen Gründen jedoch noch viele standortgerechte und vielfältige Wälder im Buchenwald-Areal monotonen Fichtenforsten weichen. Inzwischen ist im Mittelland der Nadelholzanteil im Jungwald wieder gesunken. Dies hatte zur Folge, dass junge Bestände Mitte der 1990er Jahre laubholzreicher waren als Altbestände. Dank eines naturnaheren Waldbaus konnten sich offenbar wieder vermehrt standortgerechte Lebensräume entwickeln und ihre natürlichen Prozesse durchlaufen.

Durch Windwurf, Brand oder die wirtschaftliche Nutzung entstehen Lücken im Wald. Überlässt man solche Lichtungen sich selbst, siedeln sich bald erste Pionierpflanzen an, die vom Licht auf den offenen Flächen profitieren. Nach einiger Zeit werden die Pionierpflanzen von anderen Pflanzen verdrängt und diese wiederum werden durch die langsam aufkommende «Schlussvegetation» abgelöst. Jedes Stadium in diesem Prozess wird durch andere Pflanzen- und Tierarten charakterisiert: Es entsteht bereits früh ein strukturreicher und meist artenreicher Bestand, der bei entsprechender Pflege auch später vielfältig bleibt. Im Zuge einer solchen natürlichen Verjüngung bleiben zudem die lokalen Baumarten erhalten, deren Erbgut den herrschenden Standortbedingungen besonders gut angepasst ist.

Die Angaben über den Flächenanteil künstlich verjüngter Wälder basieren auf Stichprobenerhebung des Schweizerischen Landesforstinventares (LFI). Die Erhebungen fanden in den Jahren 1983/85 (LFI1), 1993/95 (LFI2) und 2004/06 (LFI3) statt.

Methodik

Als Jungwaldfläche werden hier lediglich die Bestände der Entwicklungsstufe «Jungwuchs/Dickung» betrachtet. Die Datenerhebung auf den Flächen erfolgte in einem ersten Schritt anhand von Luftbilddaufnahmen. In einem weiteren Schritt erhoben Feldequipen vor Ort zusätzliche Daten. In der Jungwalderhebung werden Baum- und Straucharten mit einer Höhe von mindestens 10 Zentimeter bis zu einem Brusthöhendurchmesser von 11,9 Zentimeter erfasst. Die Verjüngungsart wird erhoben, wenn der Verjüngungsdeckungsgrad 1 Prozent und mehr beträgt. Dies sind beim LFI1 728 Stichprobenpunkte, 380 beim LFI2 und 389 beim LFI3. Jede terrestrische Aufnahmeeinheit besteht aus zwei Kreisen, den so genannten Satelliten, die in einem Abstand von 20 Meter positioniert werden. Der Kreisradius beträgt 2,12 Meter. Somit werden gesamt 28 Quadratmeter Fläche pro Aufnahmeeinheit auf Jungwuchs untersucht.

Von Vertretern des Landesforstinventars wurden anschliessend Mittelwerte und Standardfehler für die Gesamtschweiz und für die sechs biogeografischen Regionen der Schweiz berechnet. Die Umrechnung der Standardfehler in Vertrauensbereiche wurde nachträglich durchgeführt.

E10: Totholz

Veränderung des Volumens des stehenden und liegenden Totholzes in der Schweiz und in den einzelnen Regionen. Das Totholzvolumen wird für verschiedene Waldtypen gesondert angegeben.

Definition

Als Totholz gelten am Boden liegende Bäume sowie stehende, aber bereits tote Bäume, die auf einer Höhe von 130 Zentimetern einen Brusthöhendurchmesser von mindestens 12 Zentimetern erreichen. Der Waldtyp wird durch die «vorherrschende Baumart» bestimmt, welche den grössten Anteil an der Summe der Stammquerschnittflächen in 130 Zentimetern Höhe ausmacht (Basalfläche). Ausgewertet wurde der zugängliche Wald ohne Gebüschwald.

Am Boden vermodernde Baumstämme, Asthaufen und noch stehende, aber bereits abgestorbene Bäume bieten vielen holzbewohnenden (xylobionten) Organismen wie Pilzen, Moosen, Flechten und Insekten sowie Vögeln Nahrung und Lebensraum. Auch Schnecken sind in der Umgebung von liegendem Totholz häufiger zu finden. Rund ein Fünftel aller Lebewesen im Wald ist auf Totholz angewiesen. Totholz ist ein Bestandteil natürlicher Wälder und ein Glied des Nährstoffkreislaufs. Welche Arten im Totholz leben, hängt davon ab, ob die toten Bäume stehen oder liegen, wie gross die vermodernden Holzstücke sind, wie weit diese schon zerfallen sind und von welcher Baumart sie stammen.

Bedeutung für die Biodiversität

Heute sind viele xylobionte Lebewesen bedroht, zum Beispiel über die Hälfte der holzbewohnenden Käferarten. Wie viel Totholz es braucht, um gefährdete Arten zu erhalten, ist derzeit noch Gegenstand der Forschung. Sicher ist aber, dass die Gleichung «je mehr, desto besser» nicht aufgeht. Denn für eine hohe Biodiversität braucht es im Wald neben toten auch viele lebende Bäume. Erste Untersuchungen^{7, 8} schätzen den optimalen Totholzvorrat auf 20 bis 40 Kubikmeter pro Hektare. Der Indikator E10 zeigt aber, dass es in Schweizer Wäldern im Durchschnitt nur rund 19 Kubikmeter Totholz pro Hektare gibt. Es ist unbestritten, dass der Totholzvorrat in vielen Wäldern aus ökologischer Sicht heute zu tief ist. Dies gilt insbesondere für die ausgeräumten Wälder des Mittellands und des Juras.

Im Vergleich dazu findet sich in sogenannten Naturwäldern Europas, also Wäldern, die seit mindestens 50 Jahren nicht mehr bewirtschaftet werden, deutlich mehr Totholz. In unbewirtschafteten Laubwäldern etwa liegen und stehen pro Hektare im Durchschnitt zwischen 44 und 132 Kubikmeter Totholz. Ähnlich viel Totholz gibt es auch in unbewirtschafteten, subalpinen Fichtenwäldern⁹.

Die meisten tief gelegenen Wälder werden jedoch bewirtschaftet – mal mehr und mal weniger intensiv. Wie eine naturverträgliche Nutzung aussehen könnte, beschreibt eine Arbeit, die das Bundesamt für Umwelt zusammen mit der Vogelwarte Sempach veröf-

⁷ Brändli U.-B., Ulmer U. 1999: Naturschutz und Erholung. In: Brassel P., Brändli U.-B. (Red.) Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der Zweitaufnahme 1993–1995. Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft. Bern, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. Bern, Stuttgart, Wien, Haupt. 279–329.

⁸ Büttler R., Lachat T., Schlaepfer R. 2005: Grundlagen für eine Alt- und Totholzstrategie der Schweiz. EPFL, Lausanne. 100 S.

⁹ Büttler R., Schlaepfer R. 2004: Wie viel Totholz braucht der Wald. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 155 2: 31–37.

fentlicht hat¹⁰. Die Studie fordert für die Wirtschaftswälder des Mittellands, des Juras und der tieferen Lagen des Alpennordrandes 10 bis 15 Kubikmeter Totholz pro Hektare. Im Durchschnitt wird heute zwar oft soviel Totholz ausgewiesen. Ein erheblicher Teil des Totholzes befindet sich jedoch auf den Schadenflächen, die der Orkan Lothar hinterlassen hat, während es anderswo kaum Totholz gibt.

Die Daten zum Totholz basieren auf Stichprobenerhebungen des Schweizerischen Landesforstinventars (LFI). Die eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) hat die Daten in den Jahren 1993/95 (LFI2) und 2004/06 (LFI3) erfasst. Für die Berechnung der Zustände LFI2 und LFI3 wurden die Daten mit Angaben zum Totholz verwendet. Das LFI2 hat die Daten auf 6412 Stichprobenflächen erhoben, das LFI3 auf 6608 Flächen.

Methodik

Dabei sammelte das LFI auf kreisförmigen Probeflächen von je 500 Quadratmetern Ausdehnung Daten zu den dort vorkommenden Bäumen. Diese Probeflächen liegen über die gesamte Waldfläche der Schweiz verteilt auf den Knotenpunkten eines Netzes mit einer Maschenweite von 1,4 mal 1,4 Kilometern. Auf sogenannten Interpretationsflächen – Quadrate mit einer Seitenlänge von 50 Metern – nahm das LFI zudem Bestandes- und Flächendaten auf. Das LFI untersuchte die Waldprobeflächen in einem ersten Schritt mittels Luftbildern. Feldequipen sammelten in einem zweiten Schritt Daten vor Ort.

Das LFI2 erfasste Totholz nur dann, wenn die Baumart noch zu erkennen war. Deshalb wurde der Anteil des liegenden Totholzes zum Teil (bewusst) stark unterschätzt.

E11: Wasserentnahmen aus Fließgewässern

Anzahl Wasserentnahmen aus Fließgewässern für die Wasserkraftnutzung in der Schweiz. Wasserentnahmen von mehr als 50 Prozent von Q_{347} gelten gemäss Restwasserkarte als bedeutend aus Umweltsicht. Q_{347} bezeichnet die natürliche Niederabflussmenge, die durchschnittlich während 347 Tagen des Jahres erreicht oder überschritten wird. Q_{347} ist in Art. 4 Bst. h des Gewässerschutzgesetzes definiert als «Abflussmenge, die, gemittelt über 10 Jahre, durchschnittlich während 347 Tagen des Jahres erreicht oder überschritten wird und die durch Stauung, Entnahme oder Zuleitung von Wasser nicht wesentlich beeinflusst ist».

Definition

Bächen und Flüssen wird zur Energiegewinnung viel Wasser entnommen. Auf den Restwasserstrecken unterhalb der Entnahmestellen fliesst dann oft nur noch sehr wenig Wasser. Dies hat zusammen mit der Gewässerverschmutzung und der Gewässerverbauung weit reichende Folgen. Von 63 Fisch- und Rundmaularten stehen heute 32 auf der Roten Liste. Davon sind 8 Arten in der Schweiz und eine weltweit ausgestorben (siehe Indikator «Gefährdungsbilanzen (Z5)»). Viele unserer heimischen Fischarten benötigen neben genügend Wasser und guter Wasserqualität auch intakte Fließgewässer, die ihnen ausreichend Nahrung, Unterschlupfmöglichkeiten und Laichplätzen bieten. Neben geeigneten Lebensräumen sind auch intakte Wanderungsmöglichkeiten wichtig.

Bedeutung für die Biodiversität

¹⁰ Hahn P., Heynen D., Indermühle M., Mollet P., Birrer S. 2005: Holznutzung und Naturschutz, Praxishilfe. BUWAL-Schriftenreihe Vollzug Umwelt. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft und Schweizerische Vogelwarte. Bern und Sempach. 113 S.

Restwasserstrecken mit geringen Wassermengen unterliegen oft grossen Temperaturschwankungen. Im Sommer wird es zu heiss und im Winter zu kalt. Im Extremfall kann eine Restwasserstrecke im Winter sogar zufrieren. Diese unnatürlichen Temperaturveränderungen können die Entwicklung vieler Wasserorganismen beeinträchtigen – teilweise mit tödlichen Folgen.

Weniger Restwasser bedeutet auch eine geringere Abflussgeschwindigkeit. Arten, die an starke Strömungen angepasst sind, verlieren dadurch ihren bevorzugten Lebensraum. Infolge der geringeren Strömung können sich mehr Schwebstoffe ablagern, was die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Fluss- oder Bachsohle stark verändern kann. Fische wie die Bachforelle oder die Äsche, die im Kies laichen, finden dann keine geeigneten Laichplätze mehr. Andere Organismen wie Köcher- oder Steinfliegen, die Lücken und Spalten im steinigen Gewässergrund bewohnen, verlieren durch die Kolmatierung (Eindecken der Lücken und Spalten durch Feinsedimente) ihren Lebensraum.

Bei zu geringen Mengen an Restwasser kann auch der Grundwasserspiegel sinken, weil weniger Wasser in den Untergrund gelangt. Feuchtgebiete wie Flachmoore trocknen infolge fehlender Staunisse mit der Zeit aus. Feuchtigkeitsliebende Pflanzenarten verlieren ihre Lebensgrundlage und verschwinden.

Zeitweise ausgetrocknete Restwasserstrecken sind für Wasserorganismen verloren. Diese Strecken sind deshalb selbst dann artenarm, wenn sie die meiste Zeit über Wasser führen.

Nicht nur bedeutende Wasserentnahmen haben gewässerökologische Auswirkungen, auch ein sehr unregelmässiger Abfluss beeinträchtigt den Lebensraum zahlreicher Wasserlebewesen. Ein Drittel der Schweizer Fliessgewässer sind vom Schwallbetrieb der Wasserkraftwerke betroffen.

Nebst den negativen ökologischen Auswirkungen mindern zu geringe Restwassermengen die Attraktivität von Flüssen und Bächen.

Die Daten für den Indikator «Wasserentnahmen aus Fliessgewässern (E11)» basieren auf der Restwasserkarte Schweiz¹¹. Gemäss Art. 82 des Gewässerschutzgesetzes sind die Kantone verpflichtet, ein Inventar der bestehenden Wasserentnahmen zu erstellen und an den Bund weiterzugeben. Der Inhalt dieses Inventars ist in Art. 36 der Gewässerschutzverordnung vom 28. Oktober 1998 (GSchV) festgelegt. Die von den Kantonen eingereichten Daten wurden in die Datenbank «INVENT» des Bundes aufgenommen. Nach Rücksprache mit den zuständigen kantonalen Fachstellen wurden die Daten per Ende 2004 aktualisiert; verantwortlich für die Qualität der Daten sind die Kantone.

Methodik

Die Vegetationshöhenstufen wurden auf der Basis der «Wärmegliederung der Schweiz»¹² definiert. Die Zuordnung der Entnahmestellen zu den Vegetationshöhenstufen erfolgte im Geographischen Informationssystem GIS. Entnahmestellen, die keine eindeutige Zuteilung zu einer Vegetationshöhenstufe erhalten haben (Gewässer,

¹¹ Kummer M., Baumgartner M., Devanthery D. 2007: Restwasserkarte Schweiz. Wasserentnahmen und -rückgaben. BAFU-Schriftenreihe Umwelt-Zustand Nr. 0715. Bern, Bundesamt für Umwelt. 90 S. Stand: 2009

¹² Schreiber K.F., Kuhn N., Hug C., Häberli R., Schreiber C. 1997: Wärmegliederung der Schweiz. Eidg. Justiz- und Polizeidepartement, Bern. 69 Seiten und 5 Karten.

Fels, ausserhalb der Landesgrenzen), wurden entsprechend ihrer Lage über Meer einer Vegetationshöhenstufe zugeteilt.

E12: Anteil beeinträchtigter Fliessgewässerabschnitte

Veränderung der Summe von beeinträchtigten Bach- und Flussabschnitten im Verhältnis zu allen Fliessgewässern.

Definition

Natürliche Fliessgewässer entsprechen der Zustandsklasse I der Ökomorphologie Stufe F. Die Gerinnesohle und Böschungsfüsse solcher Fliessgewässer sind unverbaut. Ausserdem variiert die Breite des Wasserspiegels und die ausreichend breiten Uferbereiche sind natürlich oder naturnah bewachsen. Je stärker Fliessgewässer verbaut sind, desto grösser ist ihre Beeinträchtigung. Die Kategorie «wenig beeinträchtigt» entspricht der Ökomorphologiekategorie II, die Kategorien «stark beeinträchtigt», «naturfremd/künstlich» und «eingedolt» den Ökomorphologieklassen III, IV und V. Fliessgewässer der Kategorien «natürlich» und «wenig beeinträchtigt» sind aus ökomorphologischer Sicht in einem gutem Zustand. Der Zustand von Gewässern der Kategorien «stark beeinträchtigt», «naturfremd/künstlich» und «eingedolt» gilt als schlecht. Ein geringer Anteil an beeinträchtigten Abschnitten ist positiv zu werten.

Bach- und Flussläufe mit unverbauten, strukturreichen Ufern und Sohlen bieten vielen Lebewesen wichtige Lebensräume, insbesondere jungen Fischen und ihren Beutetieren. Viele dieser Lebensräume gingen in der Vergangenheit jedoch verloren, weil Fliessgewässer seit rund zwei Jahrhunderten korrigiert und begradigt, befestigt und eingedolt werden. Ziel dieser Massnahmen war es, die Flüsse und Bäche als Transportwege zu nutzen, Energie zu gewinnen oder Siedlungen und landwirtschaftliche Flächen vor Hochwassern zu schützen.

Bedeutung für die Biodiversität

In Fliessgewässern mit künstlichen Ufern und Flusssohlen fehlen den Kleinlebewesen und Fischen die nötigen Kleinlebensräume. Viele Fischarten wandern zum Oberlauf von Flüssen, um sich dort fortzupflanzen. Hindernisse wie Schwellen, Flusskraftwerke, Staudämme und andere Querbauwerke behindern ihre Wanderung und jene von anderen Wasserorganismen. Die meisten Fische können Hindernisse, die höher sind als 50 Zentimeter, nicht überwinden, manche Arten scheitern bereits an Hindernissen von 20 Zentimetern. Die künstlichen Unterteilungen ihres Lebensraumes beeinträchtigen auch nicht wandernde Arten erheblich, denn diese verhindern die Ausbreitung und Vermischung von Populationen. Zu kleine, isolierte Populationen sind langfristig nicht überlebensfähig.

Der ökomorphologische Zustand der Schweizer Fliessgewässer wurde in 24 Kantonen zwischen 1997 und 2008 entlang von knapp 30 000 Kilometern untersucht. Die Aufnahmedichte war dabei sehr unterschiedlich. In den Zentralalpen und an der Alpensüdflanke beschränkten sich die Erhebungen auf die wichtigsten Gewässer. Dabei wurde nach der vom BAFU erarbeitete Methodik «Modul-Stufen-Konzept (Ökomorphologie Stufe F) (flächendeckend)» vorgegangen: Die Fliessgewässer wurden hinsichtlich Variabilität der Wasserspiegelbreite, Sohlenbreite, Verbauung der Sohle und des Böschungsfusses sowie Breite und Beschaffenheit des Uferbereiches bewertet und in Zustandsklassen eingeteilt. Die Resultate wurden anschliessend auf das Gewässernetz von

Methodik

VECTOR25 übertragen. Die kartierten Fliessgewässerabschnitte wurden hochgerechnet. Für jeden Fliessgewässerabschnitt wurde an beiden Ufern jeweils die Differenz zwischen der kartierten Breite der Uferbereiche und der Sollbreite bestimmt. Danach wurden die Daten hochgerechnet und ermittelt, wie gross die Uferbereiche sind und wie viel von den Uferbereichen fehlen. Die grossen Schweizer Flüsse wie Aare, Reuss, Rhein, Rhone usw. wurden nicht in die Hochrechnung einbezogen, weil die Methode bei Flüssen ab 15 Metern Breite die komplexeren Verhältnisse ungenügend erfasst. Die Daten für die Schweiz, den Jura und das Mittelland stammen aus der Publikation «Strukturen der Fliessgewässer in der Schweiz»¹³. Die Daten zur Alpennordflanke wurden für das BDM entsprechend ausgewertet.

E13: Wasserqualität

Veränderung des Gehalts problematischer organischer Stoffe sowie der Wassertemperatur in Schweizer Fliess- und Stehgewässern, sowie Veränderung der Nitrat-Konzentration im Grundwasser.

Definition

In der Schweiz gibt es eine grosse Vielfalt an Fliess- und Stehgewässern. Darüber hinaus verfügt unser Land über beachtliche Grundwasservorkommen. Dementsprechend trägt die Schweiz eine grosse Verantwortung für den Erhalt der Gewässer und ihrer Lebewesen. Für die Qualität der Gewässer als Lebensraum sind neben der Wasserqualität auch Wasserentnahmen (siehe E11), die Verbauung von Gewässersohle und Ufern sowie Schwellen, Flusskraftwerke oder Staudämme (siehe E12) von zentraler Bedeutung.

Bedeutung für die Biodiversität

Bis Mitte des 20. Jahrhunderts wurden die ungereinigten Abwässer direkt in die Oberflächengewässer geleitet, was die Wasserqualität stark beeinträchtigte. 1957 wurde in der Schweiz mit dem Bau von Kläranlagen begonnen, was sich positiv auf die Wasserqualität auswirkte. Modernere Klärtechniken führten dazu, dass sich die Wasserqualität in den letzten Jahrzehnten stark verbessert hat.¹⁴

Das Nitrat stammt in erster Linie aus der Landwirtschaft, aus Abwässern und verschiedenen Verbrennungsprozessen (Stickoxid-Emissionen). Gefässpflanzen nehmen Stickstoff vor allem als Nitrat auf (siehe E6). Gelangt es jedoch ins Grundwasser, deutet dies auf eine nicht-standortgerechte Bewirtschaftung hin. Im Grundwasser werden noch heute erhöhte, in knapp 20 Prozent der Fälle sogar zu hohe (über 25 Milligramm Nitrat pro Liter) Nitrat-Konzentrationen gemessen. Dies trifft vor allem auf landwirtschaftlich stark genutzte und intensiv besiedelte Gebiete, etwa im Mittelland oder in den Jura-tälern, zu.

Seit 1986 ist Phosphat in Textilwaschmitteln verboten. Seither sind die Phosphor- und Phosphat-Konzentrationen in den Gewässern deutlich zurückgegangen. Phosphor und Phosphat stammen wie Nitrat vor allem aus Abwässern und aus der Landwirtschaft. Dieser Rückgang ist positiv, denn Phosphat ist für Algen und andere Wasserpflanzen in der Schweiz der limitierende Nährstoff. Hohe Phosphat-Konzentrationen können zu

¹³ Zeh Weissmann H., Könitzer C., Bertiller A. 2009: Strukturen der Fliessgewässer in der Schweiz. Zustand von Sohle, Ufer und Umland (Ökomorphologie), Ergebnisse der ökomorphologischen Kartierung. Stand April 2009. BAFU-Schriftenreihe Umwelt-Zustand Nr. 0926. Bern, Bundesamt für Umwelt. 100 S.

¹⁴ Bundesamt für Umwelt 2006: Wege des Wassers. Magazin UMWELT. 4/2006. S.63.

einem starken Wachstum der pflanzlichen Biomasse führen. Für den Abbau der abgestorbenen Biomasse benötigen Mikroorganismen Sauerstoff, der dann beispielsweise den Fischen fehlt. Als Abbauprodukte pflanzliche Biomasse entstehen zudem Zellgifte, etwa Ammonium. Sowohl der Sauerstoffmangel als auch die giftigen Abbauprodukte können dazu führen, dass ein Gewässer «kippt», also für die meisten Wasserorganismen unbewohnbar wird. Der Sempacher-, der Hallwiler- und der Baldeggersee werden seit mehr als 20 Jahren mit Sauerstoff oder Luft belüftet, um ein Absterben der Gewässer zu verhindern.¹⁵

Ammonium wirkt auf gewisse Organismen als Nervengift und ist deshalb bereits in geringen Konzentrationen sehr schädlich. Zudem steht Ammonium (NH_4^+) mit Ammoniak (NH_3), einem gefährlichen Gift für Fische, in einem chemischen Gleichgewicht. Dieses Gleichgewicht hängt unter anderem von der Wassertemperatur ab. Höhere Wassertemperaturen bewirken eine Verlagerung des Gleichgewichts in Richtung Ammoniak, was auf die Fischfauna erhebliche Auswirkungen haben kann.

Die Überdüngung ist für die meisten Gewässer in der Regel kein wesentliches Problem mehr. Die Wasserqualität wird jedoch insbesondere in kleinen bis mittleren Gewässern im stark genutzten schweizerischen Mittelland durch Pflanzenschutzmittel, Treibstoffzusätze oder Mikroverunreinigungen beeinträchtigt. Bei den Mikroverunreinigungen handelt es sich um Rückstände aus unzähligen Anwendungen des täglichen Lebens, wie beispielsweise Körperpflegeprodukte, Medikamente, Hormone, Reinigungs-, Desinfektions- oder Holzschutzmitteln. Diese Stoffe werden in sehr tiefen Konzentrationen (Nano- bis Mikrogramm pro Liter) im Gewässer nachgewiesen. Einige dieser Stoffe können bereits in sehr tiefen Konzentrationen nachteilige Wirkungen auf aquatische Ökosysteme haben.

Hohe Wassertemperaturen beeinflussen nicht nur die Gewässerchemie, sondern wirken sich auch direkt auf die Biologie von Wasserorganismen aus. Eine höhere Umgebungstemperatur führt zu erhöhter Aktivität und somit zu grösserem Energie- und Sauerstoffbedarf. Gleichzeitig nimmt die Sauerstoffkonzentration im Wasser bei steigenden Temperaturen jedoch ab. Die Bachforelle oder die Äsche, welche auf kühle und sauerstoffreiche Fließgewässer angewiesen sind, reagieren insbesondere in den wärmeren Fließgewässern des Mittellandes empfindlich auf steigende Wassertemperaturen. Weil die Gewässer wärmer werden, verschiebt sich ihr Lebensraum in höhere Lagen.¹⁶ Umgekehrt kann sich ein Anstieg der Wassertemperatur in den kalten Bächen und Flüssen der Voralpen und Alpen positiv auf die Entwicklung der Bachforelle auswirken, da die Lebensbedingungen für die Bachforellen dadurch günstiger werden.

Eine Verschlechterung der Wasserqualität und ein Anstieg der Wassertemperaturen können sich in der Artenzusammensetzung der Makroinvertebraten widerspiegeln. Aus

¹⁵ Spreafico M., Weingartner R. 2005: Hydrologie der Schweiz. Ausgewählte Aspekte und Resultate. Berichte des BWG Serie Wasser Nr. 7. Bern, Bundesamt für Wasser und Geologie. 137 S.

¹⁶ Güttinger H. 2004: Hypothese: Veränderungen der Wassertemperatur haben zu einem Rückgang der Fischpopulation und des Fischfangertrages geführt. In: Dem Fischrückgang aus der Spur. Schlussbericht des Projekts Fischnetz: EAWAG. Dübendorf. 109–116 S.

ökologischer Sicht weniger anspruchsvolle Arten (Ubiquisten) dominieren über weite Gewässerabschnitte, währenddessen spezifischere Arten verschwinden.¹⁷

Der Indikator E13 weist die Wasserqualität von Fliessgewässern, Seen und dem Grundwasser aus und zeigt, wie sich die Gewässerqualität bezüglich der Nährstoffe Nitrat und Phosphor sowie der Temperatur in der Schweiz entwickelt. Weiterführende Aussagen sind im hydrologischen Atlas der Schweiz zu finden. Die Messwerte sind in Milligramm pro Liter angegeben.

Methodik

Die Aussagen zur Entwicklung der Fliessgewässer in der Schweiz basieren auf den Daten von 12 Stationen der «nationalen Daueruntersuchung der schweizerischen Fliessgewässer» (NADUF). Die NADUF überprüft seit 1972 die Konzentrationen der Wasserinhaltsstoffe in den wichtigen Fliessgewässern. Das NADUF-Messnetz wird vom Bundesamt für Umwelt (BAFU), der Eawag, das Wasserforschungs-Institut des ETH-Bereichs, und der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) betrieben. 14-tägige Sammelproben werden auf verschiedene chemische Parameter hin analysiert. Stellvertretend für die gesamte Stofffracht in einem Fliessgewässer wurde aufgrund der Verfügbarkeit von Datensätzen die beiden Parameter Nitrat und Ortho-Phosphat ausgewählt. Ausgewiesen werden die 90 Prozent-Perzentile. Die Werte werden gemäss dem Modul-Stufen-Konzept Chemie eingefärbt.

Um die Entwicklung der Gewässerqualität von Schweizer Seen zu verfolgen, wurden die Daten von kantonalen Messstellen an sechs Schweizer Seen ausgewertet. Im Frühjahr werden 2 bis 12 Stichproben aus unterschiedlichen Wassertiefen entnommen. Für Gesamtphosphor wird die mittlere Jahreskonzentration ausgewiesen.

Die Daten zum Grundwasser werden im Rahmen der Nationalen Grundwasserbeobachtung NAQUA erhoben. Seit 2002 wird die Entwicklung der Grundwasserqualität an knapp 550 Messstellen, die repräsentativ über die ganze Schweiz verteilt sind, verfolgt. Die einzelnen Messstellen werden ein- bis viermal pro Jahr beprobt. Ausgewiesen wird die maximal gemessene Nitrat-Konzentration.

Um die Entwicklung der Wasserqualität in Bezug auf Nährstoffe im Mittelland zu bewerten, wurden die Daten von 57 kantonalen Messstellen ausgewertet. Diese Messstellen weisen für die Jahre 1986 bis 2005 durchgehende Messreihen zu den Parametern Ammonium, Nitrat und Ortho-Phosphat auf. Den Fliessgewässern werden pro Jahr 4, 12 oder mehr Stichproben entnommen, oder es werden 12 bis 365 24-Stunden-Sammelproben erhoben. Es wurde jeweils von 5 Jahren das 90 Prozent-Perzentil berechnet. Davon wurden Mittelwerte und 95 Prozent-Vertrauensbereiche ausgewiesen. Die Messstellen liegen in den Kantonen Aargau (5), Bern (5), Luzern (13), St. Gallen (1), Thurgau (1), Waadt (6) und Zürich (26).

Aus den Messungen der Wassertemperaturen bei den Stationen werden die Tagesmittelwerte ermittelt (Ganglinien gemessen vom BAFU). Die Temperaturen wurden, gleitend über fünf vorangegangene Jahre gemittelt, in drei Temperaturbereiche eingeteilt:

¹⁷ Rey P., Ortlepp J. 2002: Koordinierte biologische Untersuchungen am Hochrhein 2000; Makroinvertebraten. BUWAL-Schriftenreihe Umwelt, 345. Bern, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. 98 S.

$\geq 9^\circ\text{C}$ zwischen dem 1. November und dem 31. Mai des Folgejahres (212 Tage).

$> 19^\circ\text{C}$ zwischen dem 1. Juni und dem 31. Oktober (153 Tage).

$> 25^\circ\text{C}$ zwischen dem 1. Juni und dem 31. Oktober (153 Tage).

Die Einteilung entspricht Temperaturwerten, die in direktem Zusammenhang mit der Biologie der Bachforelle stehen (siehe oben).

Die Daten zum Biochemischen Sauerstoffbedarf (BSB_5) werden vom Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL) des Kantons Zürich erhoben. Seit 2007 werden nicht mehr Tagesmischproben sondern nur noch Wochenmischproben entnommen.

Das Modul-Stufen-Konzept ist ein gemeinsames Projekt des Bundesamts für Umwelt (BAFU) und der Eidgenössischen Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (EAWAG). Ziel des Projektes ist die Entwicklung standardisierter Methoden für die Untersuchung und Bewertung des Zustandes schweizerischer Fließgewässer. Im Modul-Stufen-Konzept Chemie wird die Qualität eines Gewässers anhand der Stoffkonzentration in fünf Stufen von sehr gut bis schlecht beurteilt, siehe unten stehende Abbildung. Den einzelnen Abstufungen wurde ein Farbcode zugeteilt, wobei rot der schlechtesten und blau der besten Klassierung entspricht. Werte, welche im blauen oder grünen Bereich liegen, halten die Anforderungen der Gewässerschutzverordnung ein, sofern die Stoffe in der Verordnung festgehalten sind.

Tab. 8 > Klassierung der Stoffkonzentrationen gemäss Modul-Stufen-Konzept Chemie

Beurteilung	Nitratgehalt (mg/l N)	Ortho-Phosphat (mg/l P)	Ammonium ($< 10^\circ\text{C}$) (mg/l N)	Gesamt-Phosphor (mg/l P)	BSB_5 (mg/l O_2)
Sehr gut	$< 1,5$	$< 0,02$	$< 0,08$	$< 0,035$	$< 2,0$
Gut	1,5–5,6	0,02–0,04	0,08–0,4	0,035–0,07	2,0–4,0
Mässig	5,6–8,4	0,04–0,06	0,4–0,6	0,07–0,105	4,0–6,0
Unbefriedigend	8,4–11,2	0,06–0,08	0,6–0,8	0,105–0,14	6,0–8,0
Schlecht	$\geq 11,2$	$\geq 0,08$	$\geq 0,8$	$\geq 0,14$	$\geq 8,0$

© BDM (Indikator E13). Datenquelle: Liechti 2010.

E15: Landschaftszerschneidung

Veränderung der Landschaftszerschneidung der terrestrischen Fläche unterhalb 2100 m in der Schweiz und den biogeografischen Regionen.

Definition

Die Landschaft wurde in den letzten 70 Jahren immer stärker durch Infrastrukturbauten zerschnitten. Je mehr Barrieren sich in der Landschaft befinden, desto mehr wird die Bewegungsfreiheit von Tieren eingeschränkt.

Bedeutung für die Biodiversität

Neue Bauten verkleinern den Lebensraum wildlebender Pflanzen- und Tierarten, denn Strassen, Geleise, Häuser oder Fabriken brauchen Platz (siehe auch Indikator «Flächennutzung (E2)»). Auf den Strassen sterben zudem jedes Jahr viele Wirbeltiere und unzählige Insekten.

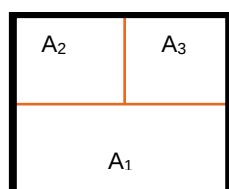
Infrastrukturanlagen entziehen Pflanzen und Tieren aber nicht nur Lebensraum, sondern wirken sich auch indirekt auf die Landschaft aus, etwa durch Lärm, Licht, Abgase oder Veränderung des Mikroklimas. Manche Tierarten meiden menschliche Bauten, so dass ihr potenzieller Lebensraum weiter schrumpft. Die Gebiete, wo sich Tiere ungestört fühlen, vermindern sich durch die Zerschneidung deshalb stark.

Die Verkleinerung und Zerschneidung der Lebensräume dezimiert und isoliert bestehende Tierpopulationen, und das Risiko steigt, dass diese lokal verschwinden. Bei den meisten Arten ist nicht bekannt, wie sich die Verkleinerung und Zerschneidung ihrer Lebensräume auswirkt, und viele Tierarten reagieren erst mit beträchtlicher zeitlicher Verzögerung darauf.

Infrastrukturen hindern sehr viele Tierarten daran, sich auszubreiten, weil diese zum Beispiel davor zurückschrecken, eine Siedlung zu durchqueren. Für Tierarten, die am Boden leben, können Strassen unpassierbar sein, weil sie zu trocken, zu breit, zu stark befahren oder eingezäunt sind. Besonders betroffen sind Arten mit grossem Raumbedarf wie beispielsweise der Luchs, für den in der Schweiz durchschnittliche Aktionsräume von 150 Quadratkilometern gemessen wurden. Auch Tiere, die jahreszeitlich wandern, stehen oft vor grossen Hindernissen. Rothirsche ziehen zum Beispiel Dutzende von Kilometern von ihren Sömmerungsgebieten in den Bergen in mildere Winterquartiere. Auch von Fröschen und Kröten sind Wanderungsdistanzen von mehreren Kilometern bekannt.

Das Mass der Landschaftszerschneidung ist die effektive Maschenweite (m_{eff}). Sie berechnet sich mit der folgenden Formel:

Methodik



Fläche A_{total}	4 km ²
A_1	2 km ²
$A_2 = A_3$	1 km ²
Effektive Maschenweite	1,5 km ²

$$m_{\text{eff}} = \frac{1}{A_{\text{total}}} (A_1^2 + A_2^2 + A_3^2 + A_4^2 + A_5^2 + \dots + A_n^2)$$

Für das obige Beispiel ergibt sich daraus:

$$m_{\text{eff}} = \frac{1}{4} (2^2 + 1^2 + 1^2) = \frac{4+1+1}{4} = \frac{3}{2} = 1,5 \text{ km}^2$$

Die Daten beruhen für die Zeitpunkte 2007 und 2001 auf Landeskarten 1:25 000 (VECTOR25), für 1980 und 1960 wurden Landeskarten 1:100 000, für 1935 Dufourkarten 1:100 000 digitalisiert. Als Barrieren gelten Autobahnen, Strassen 1. und 2. Klasse, Eisenbahnlinien, Staumauern und Druckleitungen, Siedlungs- und Industrieflächen (inklusive Flughäfen, Bahnhöfe). Die Landesgrenze diente ebenfalls als Barriere, ausser bei den Enklaven Büsingen und Campione. Künstliche Zerschneidung durch die Grenzen der Regionen wurden mit dem Grenzverbindungsverfahren vermieden¹⁸.

¹⁸ Moser B., Jaeger J.A.G., Tappeiner U., Tasser E., Eisele B. 2007: Modification of the effective mesh size for measuring landscape fragmentation to solve the boundary problem. – Landscape Ecology 22(3): 447–459.

A2 Zustandsindikatoren

Z1: Anzahl Nutzrassen und -sorten

Veränderung der Zahl aller in der Schweiz anerkannten domestizierten Tierrassen und Nutzpflanzensorten. Aus Praktikabilitätsgründen (vorhandene Daten) beschränkt sich der Indikator bei den Tierrassen vorläufig auf Rinder, Ziegen, Schafe und Schweine.

Definition

Der Indikator wird einerseits als Summe aller Nutztierassen, andererseits aber auch für Tierarten einzeln berechnet.

Als Tierrasse gilt eine homogene Nutztiergruppe mit definierten, sichtbaren Merkmalen, die sie von anderen Gruppen innerhalb der gleichen Art unterscheiden.

Für den Indikator Z1 (und Z2) gelten Nutztiere als zugehörig zu einer Viehrasse oder -art, wenn eine vom Bund anerkannte Zuchtorganisation diese in einem Herdebuch aufführt.

Für Nutzpflanzen wird der Indikator als Summe der Sorten ausgewählter Arten berechnet, die im Rahmen des Nationalen Aktionsplans zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung der pflanzengenetischen Ressourcen für Ernährung und Landwirtschaft (NAP-PGREL) als erhaltenswert bezeichnet werden und für die Erhaltungsmassnahmen getroffen wurden.

Indem Nutztierassen und Nutzpflanzensorten erhalten werden, wird die genetische Vielfalt unserer Nutzorganismen bewahrt. Diese genetische Diversität bietet ein wichtiges Reaktionspotenzial im Falle von Seuchen, Infektionskrankheiten und Parasitenbefall, denn manche Rassen oder Sorten überstehen gewisse Krankheiten besser als andere. Dasselbe gilt für klimatische Änderungen. Es kann Sorten geben, die gegenüber geänderten Klimafaktoren besser angepasst sind als andere.

Bedeutung für die Biodiversität

Rassen oder Sorten, die aussterben, verschwinden für immer, ausser es wurden Keimzellen, Saatgut, Gewebe, Pflanzen oder Pflanzenteile konserviert. Wie gross das Aussterberisiko einer Rasse oder einer Sorte ist und ob sich dieses Risiko vergrössert oder verkleinert, lässt sich aus den Bestandeszahlen erkennen (siehe Indikator Z2). Früher gab es in der Schweiz lediglich 18 Rassen Klauenvieh (vier Rinder-, zwei Schweine-, vier Schaf- und acht Ziegenrassen), alles offizielle Schweizer Rassen. Diese förderte der Bund mit Subventionen. Mit der Ratifizierung der Biodiversitäts-Konvention (SR 0.451.43, in Kraft seit 1995) hat sich die Schweiz verpflichtet, die Erhaltung der genetischen Ressourcen zu unterstützen. Seltene und gefährdete Kulturrassen und -sorten (ursprünglich oder angestammt aus der Schweiz) werden seither durch spezifische Programme überwacht und gefördert. Der Import neuer Rassen oder Sorten wurde durch das GATT-Abkommen von 1995 erleichtert. Seither sind nicht mehr für jeden Import Sonderbewilligungen nötig. Zudem wurde 1999 die Tierzuchtverordnung entscheidend geändert. Die Zuchtbestimmungen wurden gelockert. Die anerkannten Zuchtorganisationen erhalten nicht mehr bloss für einige wenige Rassen Beiträge, sondern für die Züchtung jedwelcher Rassen. Somit ist der Anreiz grösser, neue Rassen zu züchten. Zudem können die Zuchtverbände ihre Zuchtziele selber festlegen. Die

Zucht wird dadurch vielfältiger. Allmählich wurde auch erkannt, dass bei der Zucht und Rassenauswahl nicht allein die Produktionsleistung im Vordergrund stehen sollte, sondern dass auch die genetische Vielfalt innerhalb einer Art zu beachten ist. Aus diesen Gründen ist es heute unwahrscheinlich, dass eine der hier aufgeführten Rassen in der Schweiz ausstirbt, sofern der Bestand nicht ausgesprochen klein ist (wenige Individuen, Liebhaberrassen).

Die genetische Vielfalt hängt jedoch nicht nur von der Anzahl Rassen ab, sondern auch von der Anzahl Erzeuger, die zur Fortpflanzung der Rasse beitragen. Früher gab es in jedem Dorf einen Stier, der die lokale Herde prägte. Seit in den 1980er Jahren die künstliche Besamung zur Regel wurde, können jedoch die Samen beliebiger Stiere bestellt werden. Oft bevorzugten Bauern die gleichen Stiere, nämlich jene, die als die «Besten ihrer Rasse» gelten. Dies führt dazu, dass es weniger Erzeuger gibt und die genetische Vielfalt abnimmt.

Neben den spezifischen genetischen Eigenschaften können Rassen oder Sorten auch einen besonderen ökologischen, wirtschaftlichen oder kulturell-historischen Stellenwert aufweisen, wie zum Beispiel die «Eringer Kühe», deren Kämpfe jedes Jahr im Frühling zum soziokulturellen Ereignis im Wallis werden.

Die Situation bei den Nutzpflanzen ist grundsätzlich verschieden. Die Menge der Sorten übersteigt die Anzahl der Rassen bei weitem. Die Aufgabe, die Sorten zu identifizieren, zu beschreiben und zu erhalten, ist dementsprechend gross und schwieriger. Auch hier ist die Schweiz mit der Ratifizierung des «Internationalen Vertrags über die pflanzengenetischen Ressourcen für Ernährung und Landwirtschaft» (SR 0.910.6), in Kraft für die Schweiz seit 2005, Verpflichtungen eingegangen. Unter anderem hat sie bei der Entwicklung und dem Aufbau eines globalen Informationssystems für pflanzengenetische Ressourcen für Ernährung und Landwirtschaft mitzuwirken.

Zuchtorganisationen, die über die Bestände einer Rasse Buch führen, müssen vom Bund anerkannt sein. Im Herdebuch sind die Erhebungen und Aufzeichnungen über Abstammung, Identifikation, Leistungs- und Qualitätsmerkmale sowie Körperform der Zuchttiere einer Rasse oder Zuchtpopulation eingetragen. Die Daten werden jährlich vom Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) eingeholt und zusammengestellt. Weitere Datenlieferanten sind Mutterkuh Schweiz, Pro Specie Rara und Swissherdbook.

Methodik

Für Nutzpflanzenarten dient als Grundlage die Nationale Datenbank (www.bdn.ch) des Nationalen Aktionsplans zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung der pflanzengenetischen Ressourcen für Ernährung und Landwirtschaft (NAP-PGREL) des BLW, betreut von der SKEK (Schweizerische Kommission für die Erhaltung von Kulturpflanzen). Ausgewertet werden die im Internet aufgeschalteten Positivlisten, d. h. die Auflistung der Sorten, die im Rahmen des NAP-PGREL erhalten werden sollen (Deskriptor VARCONSERVSTAT mit «ja» bezeichnet), deren Identität überprüft ist (Deskriptor VARVALIDITY mit «ja» bezeichnet und von denen Akzessionen in Primärsammlungen vorhanden sind (Deskriptor GLOBACCVAR > 0)).

Z2: Anteil der Nutzrassen und -sorten

Veränderung der Anteile der verschiedenen Nutztierassen und Kulturpflanzensorten am Gesamtbestand / an der Gesamtproduktion der Art in der Schweiz.

Definition

Als Tierrasse versteht sich eine homogene Nutztiergruppe mit definierten und sichtbaren Merkmalen, die sie von anderen Gruppen innerhalb der gleichen Art unterscheiden.

Für den Indikator Z2 (und Z1) gelten Nutztiere als zu einer Viehrasse oder -art zugehörig, wenn eine vom Bund anerkannte Zuchtorganisation diese in einem Herdebuch aufführt.

Je mehr Rassen oder Sorten es gibt, desto höher ist die genetische Vielfalt. Je grösser die Bestände oder Anbauflächen, desto grösser ist die Vielfalt innerhalb der Rasse/Sorte, denn mit jedem Individuum entsteht eine neue genetische Variante, ausser beim Klonen (vegetative Vermehrung). Klone sind genetisch ident. Reben, Äpfel, Birnen und andere Nutz- und Zierpflanzen werden überwiegend klonal vermehrt. Für die Biodiversität wäre es aber günstig, wenn es möglichst viele Nutztierassen oder Nutzpflanzensorten mit grossen Beständen respektive Anbauflächen gäbe, insbesondere Rassen oder Sorten, die vorwiegend in der Schweiz vorkommen. Denn die genetische Diversität ist eine Art Lebensversicherung. Sie erlaubt einer Art, einer Rasse oder Sorte, sich auf veränderte Umweltbedingungen einzustellen. Wenn sich zum Beispiel die klimatischen oder geografischen Gegebenheiten ändern, wird es innerhalb einer Population meistens Individuen geben, die sich besser anpassen können. Diese werden sich in der Folge eher fortpflanzen und ihre Gene an die nächste Generation weitergeben. So kann sich die Art als Ganzes anpassen. Dasselbe gilt im Falle von Seuchen, Infektionskrankheiten oder Parasitenbefall. Allerdings trifft dies bei geklonten Organismen nicht zu. Sie haben alle die selbe genetische Ausstattung.

Bedeutung für die Biodiversität

Diese natürliche Selektion ist bei Nutzorganismen eher die Ausnahme, meistens entstehen Rassen oder Sorten durch menschliche Selektion. Die Menschen züchten Nutztiere und Nutzpflanzen mit dem Ziel, den menschlichen Bedürfnissen (zum Beispiel Milch- oder Fleischproduktion) am besten zu entsprechen. Die meisten Landwirte bevorzugen jene Rassen oder Sorten, bei denen Aufwand und Ertrag im besten Verhältnis stehen und deshalb konzentriert sich die Zucht auf wenige Rassen oder Sorten. Deren Bestände sind entsprechend gross. Demgegenüber werden weniger produktive Rassen oder Sorten höchstens als Nischenproduktion oder interessehalber gehalten. Ihre Bestände oder Anbauflächen sind deshalb tiefer. Für die Biodiversität, aber auch für die Pflanzen- und Tierzucht wäre es jedoch von Vorteil, die Bestände seltener Rassen oder Sorten wären grösser. Die Auswahl für die Weiterzucht wäre dann grösser, denn die dauernde Entwicklung neuer, besserer Sorten ist für die Biodiversität insgesamt nicht unbedingt schlecht. Beispielsweise benötigen pilzresistente Rebsorten weniger oder gar keine Fungizide, was wiederum andern Organismen in den Rebbergen zugute kommt.

Seit einiger Zeit hat sich die Situation verbessert. Die Anteile der Nutzrassen am Gesamtbestand einer Art haben sich bereits vor 1999 verschoben. Die Lockerung der Importbestimmungen ermöglicht seit 1995 die Nischenproduktion mit vielen verschie-

denen Rassen (siehe Indikator Z1). Seit 1999 ist der Anteil der verschiedenen Rassen am Gesamtbestand ihrer Art fast unverändert geblieben. Zwar gibt es immer wieder einige neue Rassen, was die genetische Vielfalt erhöht. Ihr Anteil ist allerdings verschwindend klein. Immerhin steigen die Bestände der seltenen Rassen zum Teil massiv. Ihr Anteil am Bestand ihrer Art bleibt jedoch sehr tief, denn die Bestände der Hauptrassen sind um ein Hundert- oder gar Tausendfaches höher als jene aller anderen Rassen. Die traditionellen Rassen bleiben nach wie vor stärker vertreten.

Bei den Nutzpflanzen ist die Tendenz uneinheitlich. Bei den mehrjährigen wie Reben, Äpfel und Birnen ist sie recht ähnlich wie bei den Nutztieren. Beim Getreide und den Kartoffeln zeigt sich, zumindest beim hier verwendeten Datensatz, Sortenwandel.

Auch innerhalb einer Rasse oder Sorte kann Vielfalt verloren gehen. Wird eine Rasse oder Sorte einseitig im Hinblick auf ein bestimmtes Merkmal gezüchtet, wird die genetische Grundlage immer schmäler und ein Teil der Vielfalt verschwindet mit der Zeit. Die Zuchtmerkmale ändern sich jedoch glücklicherweise immer wieder, weil sich auch die Anforderungen an die Nutzorganismen wandeln. Die Züchter sind sich heute zudem der Inzuchtgefahr bewusst. Sie versuchen deshalb, die Zuchtpopulationen immer wieder aufzufrischen. Seit der Bund 1999 die Tierzuchtbestimmungen gelockert hat, wird innerhalb einer Rasse in verschiedenen Richtungen (zum Beispiel Fleisch oder Milchrinder) gezüchtet. Damit steigt die genetische Vielfalt.

Die genetische Vielfalt ist nicht nur abhängig von der Anzahl oder der Bestandesgrösse einer Rasse, sondern auch von der Anzahl Väter oder Bestäuber, die an der Fortpflanzung der Rasse respektive der Sorte beteiligt sind. Zum Beispiel hatte früher jedes Dorf «seinen» Stier, der die lokale Herde prägte. Heute dagegen können Samen beliebiger Stiere bestellt werden, denn seit den 1980er Jahren ist die künstliche Besamung zur Regel geworden. Oft bevorzugen Bauern die gleichen Stiere, nämlich jene, die als die «Besten ihrer Rasse» gelten. So kann es vorkommen, dass innerhalb einer Rasse ein grosser Teil der Tiere denselben Vater haben. Der Stier «Pickel» (Fleckvieh, Sektion Red-Holstein) zeugte zum Beispiel in etwas mehr als zehn Jahren 30 000 weibliche Nachkommen. Auf diese Weise nimmt die genetische Vielfalt ab. Die Zuchtverbände machen die Züchter darauf aufmerksam, welche Stiere bei welchen Abstammungen zu Inzuchtproblemen führen könnten.

Bei gefährdeten Rassen oder Sorten ist es besonders wichtig, die genetische Breite innerhalb der Bestände zu erhalten und zu fördern. Der Bund unterstützt unter anderem Projekte, welche die genetische Breite innerhalb der Bestände von vier gefährdeten Schafrassen überwacht (Bündner Oberländer Schaf, Engadiner Schaf, Walliser Landschaf und Spiegelschaf). Er fördert auch Projekte, die dasselbe für das Evolèner Rind und die Stiefelgeiss tun.

Tiere, die nicht in einem Herdebuch aufgeführt werden, stellen ein genetisches Potenzial dar, das unter Umständen vielfältiger ist als jenes der rassenreinen, auf spezielle Merkmale gezüchteten Herdebuchtiere. Dieses Potenzial wird jedoch nicht genutzt, denn nur Herdebuchtiere werden zur Weiterzucht eingesetzt.

Nutztierrassen

Methodik

Die vom Bund anerkannten Zuchtorganisationen führen Buch über die Bestände. Im Herdebuch sind die Erhebungen und Aufzeichnungen über Abstammung, Identifikation, Leistungs- und Qualitätsmerkmale sowie Körperform der Zuchttiere einer Rasse oder Zuchtpopulation eingetragen. Das Bundesamt für Landwirtschaft führt eine Liste mit beitragsberechtigten Rassenbeständen.

Das Bundesamt für Statistik (BfS) erhebt jährlich den Gesamtbestand der Nutztiere. Das BfS erfasst alle Nutztiere, die auf einem Landwirtschaftsbetrieb leben, der eine Mindestnorm erfüllt. Die Mindestnorm ist folgendermassen definiert: 1 ha landwirtschaftliche Nutzfläche oder 30 Aren Spezialkulturen oder 10 Aren in geschütztem Anbau oder 8 Mutterschweine oder 80 Mastschweine oder 80 Mastschweineplätze oder 300 Stück Geflügel. Nutztiere, die auf Höfen leben, welche die Mindestnorm nicht erfüllen, erscheinen jedoch in keiner Statistik. Dies ist vor allem bei Schafen oft der Fall, weshalb der angegebene Gesamtbestand um schätzungsweise mehrere Tausend Tiere unter dem tatsächlichen Bestand liegt. Rinder, Schweine und Ziegen werden jedoch weitgehend erfasst.

Nutzpflanzenarten

Im Indikator Z2 sind Nutzpflanzenarten und deren Sorten aufgenommen worden, von denen verlässliche Datenreihen für die ganze Schweiz vorliegen. Grundsätzlich wären sortenspezifische Anbauflächen erwünscht. Entsprechende Datenreihen sind für langlebige Kulturen wie Obst und Reben zumindest teilweise vorhanden. Das Bundesamt für Landwirtschaft erhebt jährlich Daten für die Statistik «Obstkulturen in der Schweiz». Sowohl bei den Kirschen- als auch bei den Zwetschgen-/Pflaumenkulturen ist der Anteil der nicht sortenspezifisch erfassten Kulturen recht gross. Bei den Kirschen sind das 38 Prozent und bei den Zwetschgen/Pflaumen 31 Prozent (Daten 2011). Was sich dahinter verbirgt, ist unbekannt und könnte das Bild wesentlich verändern. Aus diesem Grund werden vorläufig nur Äpfel und Birnen berücksichtigt.

Die Angaben für die Rebsorten stützen sich auf die ebenfalls jährlichen Erhebungen des Bundesamtes für Landwirtschaft, veröffentlicht in «Das Weinjahr». Dessen Quelle sind die offiziellen Weinlesekontrollen der Kantone.

Für Kartoffeln und Getreide liegen keine sortenspezifischen, direkt erhobenen, gesamtschweizerischen Angaben zu den Anbauflächen vor. Deshalb wurde auf die Verkaufszahlen der Pflanzkartoffeln und des Getreidesaatgutes des Schweizerischen Saatgutproduzenten-Verbandes Swissem zurückgegriffen. Es wird ungeprüft davon ausgegangen, dass die Verkaufszahlen für Pflanzkartoffeln und für Getreide mit der Anbaufläche hoch korreliert sind, denn es ergäbe keinen Sinn, Saatgut zu kaufen und dann zu horten. Noch weniger gilt das für Pflanzkartoffeln. Nicht berücksichtigt ist dabei Saatgut anderer Organisationen, das aber das grundlegende Bild (wenig Sorten mit hohem Anteil) nicht verfälschen würde.

Z3: Artenvielfalt in der Schweiz und in den Regionen

Veränderung der Summe der wild lebenden Arten einer taxonomischen Einheit, deren Präsenz in der Schweiz während mindestens neun der zehn zurückliegenden Jahre mit standardisierten Methoden nachgewiesen oder als wahrscheinlich dargelegt werden kann.

Definition

Die Definition macht bewusst einige Einschränkungen:

1. Der Indikator beschränkt sich auf einige Artengruppen. Zu den Arten dieser Artengruppen gibt es jedes Jahr sehr verlässliche Daten über ihre Präsenz oder Absenz in einer Region.
2. Der Indikator berücksichtigt nur wild lebende Organismen. Damit eine Art als wild lebend gilt, muss sie sich ausserhalb menschlicher Obhut fortpflanzen.
3. Das Kriterium «in neun von zehn Jahren» dient der Ausgrenzung mobiler Arten, die nur unregelmässig auftreten, ohne bodenständige Populationen aufzubauen («Irrgäste», «Vermehrungsgäste»).

Die Zahl der Wirbeltier- und der untersuchten Insektenarten blieb in der Schweiz in den letzten Jahren ziemlich stabil. Sie kann sich zum Beispiel ändern, wenn sich Sonderstandorte verändern und darunter seltene Arten leiden oder profitieren. Auch weiträumige Entwicklungen wie Arealverschiebungen (natürliche Veränderungen des Verbreitungsgebietes) und Einschleppungen beeinflussen die Artenzahlen. Eine hohe Zahl von Arten in einer Region ist grundsätzlich begrüssenswert. Allerdings sollten neue, ohnehin schon weit verbreitete Arten heimische, weniger verbreitete Arten nicht verdrängen. Bei den neuen Arten Nutria (Biberratte) und Bienenfresser besteht diesbezüglich jedoch keine Gefahr. Möglicherweise auch nicht bei der Schmerlenart *Paramisgurnus dabryanus* – die bisherige Entwicklung zumindest lässt nicht darauf schliessen. Anders könnte es beim Blaubandbärbling aussehen. Dieser Kleinfisch stammt wie *Paramisgurnus dabryanus* ursprünglich aus Asien und kann bei massenhafter Vermehrung zu einem Nahrungskonkurrenten – insbesondere für einheimische Jungfische werden.

Bedeutung für die Biodiversität

Verschiedene Regionen werden derzeit von Arten wiederbesiedelt, die früher regional ausgerottet wurden oder ihren Lebensraum verloren. Zu diesen zählen Luchs, Graureiher, Wachtelkönig, Wasserfrosch, Wiedehopf, Wildschwein und Wolf. Es liegt auf der Hand, dass sich insbesondere mit dem Wiederauftreten von Grossraubtieren das Räuber-Beute-Beziehungsgefüge verändert.

Andere Arten haben ihr natürliches Verbreitungsgebiet in neue Regionen ausgeweitet, so der Kaulbarsch, der Karmingimpel, der Schwarzhalstaucher, der Schwarzmilan und die Reiherente.

Leider gelingt es noch nicht, das Verschwinden bedrohter Arten in der Schweiz immer zu verhindern. Der Verlust von früher recht verbreiteten, typischen Arten der Moorlandschaften ist ein schmerzlicher Misserfolg des Naturschutzes, speziell des Moorschutzes. Dieser kam für Arten wie den Grossen Brachvogel zu spät.

Tendenziell haben die Artenzahlen – regional betrachtet – in vielen Gebieten Europas in den letzten Jahrzehnten zugenommen. Dafür gibt es mehrere Gründe: Erstens konnten die Restbestände bedrohter Arten dank gezielter Naturschutzbemühungen oft noch gerettet werden; zweitens wurden in vielen Gebieten neue Arten eingeschleppt; und drittens waren verschiedene Wiederansiedlungen erfolgreich.

Um zu prüfen, ob eine Art das Kriterium «in neun von zehn Jahren wildlebend» erfüllt, ist eine Reihe von methodischen Definitionen erforderlich:

Methodik

- > Was wird als Hinweis auf Fortpflanzung akzeptiert?
- > Welche Merkmale werden zur Artbestimmung verwendet?
- > Welche Annahmen zur Präsenz von Arten gelten für Jahre, in denen keine Fortpflanzung beobachtet wurde?
- > Wann gilt eine Art in einer bestimmten Region als fehlend?

Die exakten Minimalanforderungen sind für jede Art definiert.

Das BDM bemüht sich, in jedem Jahr und in jeder Region einen Nachweis gemäss den Definitionen zu erbringen. Gesucht wird nach allen Arten der ausgewählten taxonomischen Gruppen, die seit 1988 mindestens einmal in der Schweiz nachgewiesen wurden. Dazu stützt sich das BDM weitgehend auf die bestehenden Meldenetze von Freizeitfaunistikern (Vogelwarte-ID, karch, CSCF). Zusätzlich werden von Zeit zu Zeit Spezialisten eingesetzt, um Informationslücken gezielt zu schliessen (zum Beispiel um «schwierige» Gruppen wie Kleinsäuger zu bearbeiten oder verschollene Arten zu suchen).

Mitunter zeigt sich auf Grund neuer Erkenntnisse, dass Arten in früheren Jahren regional falsch eingestuft wurden. Das führt zu Änderungen der Gesamtartenzahlen gegenüber unserer Darstellung in früheren Jahren, die nicht auf Zugang oder Abgang zurückzuführen sind. Neue taxonomische Erkenntnisse können ebenfalls zu Änderungen der Gesamtartenzahlen führen. In der Regel ändern sie aber am Verlauf nichts.

Ein spezielles Vorgehen musste für die Daten 1900–2000 gewählt werden. Für diesen Zeitraum werden nur gesamtschweizerische Ergebnisse dargestellt. Eine regionale Übersicht ist wegen der zu lückenhaften Datengrundlage nicht möglich.

Als erstes wurde für jede taxonomische Gruppe eine Liste aller Arten erstellt, welche zwischen 1900 und 2000 zumindest einmal möglicherweise die im BDM geforderten Kriterien für ein Vorkommen erfüllt haben. Für jede dieser Arten wurde danach recherchiert, in welchen Jahren sie die art-/gruppenspezifischen Z3-Kriterien erfüllte. Arten, die in einzelnen Jahren in der Schweiz präsent waren, die im BDM Schweiz verwendeten artspezifischen Kriterien jedoch nie in mindestens 9 von zehn aufeinander folgenden Jahren erfüllten, wurden nicht weiter berücksichtigt.

Die verbliebenen Arten wurden in verschiedene Kategorien unterteilt (lückenlos vorkommend, verschwunden, neu erschienen, Status mehr als einmal gewechselt). Bei seltenen Arten wurde wenn möglich der Status für jedes Jahr zwischen 1900 und 2000 recherchiert, um mögliche Statuswechsel auf ein Jahr genau festlegen zu können.

Bei gewissen Arten konnte der Status oder der Zeitpunkt eines Statuswechsels anhand der verfügbaren Literaturquellen und Datenbanken (Vogelwarte, CSCF, BDM) nicht abschliessend geklärt werden. In solchen Fällen haben wir Expertengutachten machen lassen und die empfohlenen Vorschläge übernommen. Vier Vogelarten (Kleines Sumpfhuhn, Halsbandschnäpper, Fahlsegler, Kolbenente), welche in gewissen Abschnitten sicherlich die BDM-Kriterien erfüllten, wurden wegen mangelnder Datengrundlage bisher nicht klassiert.

Da die Datengrundlage zwischen den Tiergruppen und insbesondere in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts sehr unterschiedlich ist, war es in den meisten Fällen nicht möglich, einen Statuswechsel auf ein Jahr genau festzulegen. Wir haben daher jeweils ein Stichjahr in Zehnerschritten angegeben. Dabei wurde wie folgt vorgegangen:

Erfüllt eine Art neu die BDM-Kriterien, so wird sie ab dem nächsten aufgerundeten Jahrzehnt als präsent eingestuft. Beispiel: Der Bienenfresser brütet seit 1991 alljährlich in der Schweiz. 1999 war er folglich in 9 der 10 zurückliegenden Jahre anwesend und erfüllt die Z3-Definition für ein Vorkommen. Demnach wird der Bienenfresser ab 2000 als präsent eingestuft.

Verschwundet eine Art aus der Schweiz, so wird sie ab dem nächsten aufgerundeten Jahrzehnt als verschwunden eingestuft.

Bei Arten, welche nur während kurzer Zeit die BDM-Kriterien erfüllten, würden die Regeln 1 und 2 dazu führen, dass sie im selben Jahrzehnt auftauchen und verschwinden. In diesem Fall wird die jeweilige neu erschienene Art im abgerundeten Jahrzehnt als präsent eingestuft und ab dem aufgerundeten Jahrzehnt wieder als abwesend. Diese Regel wurde bei der Wechselkröte, dem Seidensänger und der Beutelmeise angewandt.

Neozoen werden berücksichtigt, wandernde Arten, die sich in der Schweiz nur ausnahmsweise oder gar nicht vermehren, hingegen nicht. Das betrifft bei den Brutvögeln Wintergäste oder Durchzügler, bei den Fischen den Aal, sowie eine Reihe von Tagfalter- und ein paar Libellenarten.

Z4: Weltweit bedrohte Arten in der Schweiz

Veränderung der Summe aller Arten, die weltweit gefährdet sind und deren Präsenz in der Schweiz während mindestens neun der zehn zurückliegenden Jahre mit standardisierten Methoden nachgewiesen oder als wahrscheinlich dargelegt werden kann.

Definition

Die Einstufung als weltweit gefährdet erfolgt durch die IUCN nach genau definierten, konsistenten und reproduzierbaren Kriterien. Die Einstufung drückt das globale Aussterberisiko so aus, wie es seitens der IUCN am 26. April 2010 kommuniziert wurde (zusätzliche weltweit bedrohte wirbellose Tierarten, die in der Schweiz vorkommen, hat die IUCN bislang nicht bearbeitet).

Als gefährdet gelten im Sinne des BDM-Indikators «Weltweit bedrohte Arten in der Schweiz (Z4)» Tier- und Moosarten der Kategorien: EX (extinct), EW (extinct in the wild), CR (critically endangered), EN (endangered), VU (vulnerable) sowie Gefäss-

pflanzenarten der Kategorien: Ex (extinct), Ex/E (possibly extinct), E (endangered), V (vulnerable), R (rare).

Der Begriff «neun von zehn Jahren» wird analog zum Indikator «Artenvielfalt in der Schweiz und in den Regionen (Z3)» definiert.

Der Indikator wird alle fünf Jahre aktualisiert.

Der Indikator rückt einen sehr kleinen, aber umso wichtigeren Teil der Biodiversität in den Vordergrund. Wenn weltweit nicht gefährdete Arten wie Brachpieper, Fischotter oder Sturmmöwe (siehe «Artenvielfalt in der Schweiz und in den Regionen (Z3)») aus unserem Land verschwinden, ist dies zwar ein herber Verlust für unser Land, für den Gesamtbestand dieser Arten aber nicht wichtig. Für das Überleben anderer Arten sind die Vorkommen in der Schweiz jedoch entscheidend. Als die schweizerischen Vorkommen von Arten wie Jaunet (*Salvelinus neocomensis*), Gravenche (*Coregonus hiemalis*) oder Bodensee-Steinbrech (*Saxifraga oppositifolia* ssp. *amphibia*) im letzten Jahrhundert erloschen, war dies gleichbedeutend mit ihrem weltweiten Aussterben.

Bedeutung für die Biodiversität

Es ist deshalb sehr positiv, dass in den letzten 20 Jahren keine der überprüften 60 weltweit bedrohten Arten aus der Schweiz verschwunden sind. Die Wiederentdeckung der als weltweit ausgestorben eingestuft Wildtulpe (*Tulipa aximensis*) im Wallis ist ein hocheifreuliches Ereignis. Mehrere weltweit sehr wichtige Artenvorkommen sind in der Schweiz aber hochgradig gefährdet, etwa jene des Apron (*Zingel asper*), der Didiers Tulpe (*Tulipa didieri*) oder des Bodensee-Vergissmeinnichts (*Myosotis rehsteineri*).

Bei der Berechnung des Indikators wird konsequent zwischen Veränderungen unterschieden, die durch die Dynamik der Artenverbreitung (Aussterben, Wieder-/Neubesiedlung) verursacht werden und solchen, die auf Anpassungen der IUCN-Einstufung zurückzuführen sind. Deshalb wird bei jeder Nachführung kontrolliert, ob die IUCN die Liste der relevanten Arten geändert hat. Es werden sämtliche Arten überprüft, deren Vorkommen in der Schweiz oder in einem seiner Nachbarländer gemeldet wurde, da die IUCN nicht über die aktuelle Verbreitung aller Arten im Detail Bescheid wissen kann.

Methodik

Bei allen überprüften Arten wird geklärt, ob sie in mindestens neun Jahren von zehn Jahren in der Schweiz beziehungsweise in einer der sechs biogeografischen Regionen vorkamen. Hierfür liefern die Rohdaten des Indikators «Artenvielfalt in der Schweiz und in den Regionen (Z3)» die nötigen Informationen – zumindest für jene Arten, die das BDM erfasst. Für die übrigen Arten werden floristische und faunistische Datenbanken konsultiert und in der Regel zusätzliche Fachgutachten eingeholt.

Z5: Gefährdungsbilanzen

Zahl der Arten, deren Gefährdung in der Schweiz um eine Stufe abgenommen hat, minus Zahl der Arten, deren Gefährdung um eine Stufe zugenommen hat. Arten, deren Gefährdungsstufe um zwei (drei) Einheiten verändert ist, werden doppelt (dreifach) gezählt.

Definition

Mit den nationalen Roten Listen (RL) kann das Gefährdungspotenzial der in der Schweiz lebenden Arten eingeschätzt werden.

Bedeutung für die Biodiversität

Die RL senden ein Warnsignal aus und zeigen gleichzeitig, ob Schutz- und Fördermassnahmen erfolgreich sind. Die Roten Listen besitzen zudem eine rechtliche Bedeutung: Mit Art. 78 Abs. 4 der Bundesverfassung vom 18. April 1999 (SR101) hat sich die Schweiz verpflichtet, bedrohte Arten vor der Ausrottung zu schützen. Mit den Roten Listen wird nachgewiesen, ob die Schweiz diesem Verfassungsauftrag nachkommt.

Der Indikator Z5 zeigt, ob die Zahl der Arten auf den Roten Listen und ihre Bedrohung zu- oder abnimmt. Sinkt die Anzahl der Arten auf Roten Listen, ist dies für die Biodiversität positiv zu werten, steigt sie, ist dies negativ. Allerdings sind die aktuellen Roten Listen nicht direkt mit Vorgängern vergleichbar, die vor 2001 erstellt wurden, da inzwischen die neuen IUCN-Kriterien zur Einstufung der Arten angewandt werden. Quantitativ exakte Veränderungen können deshalb erst in einigen Jahren angegeben werden. Die hier aufgeführten Daten sind mit Ausnahme der Daten zu den Fischen/Rundmäulern und Brutvögeln also erst Ausgangswerte. Trotzdem können sie bereits gewisse Trends aufzeigen.

Bei den Pflanzen hat sich die Gefährdungssituation verschärft. Der Anteil RL-Arten ist von rund einem Viertel (1991) auf knapp ein Drittel (2002) gestiegen. Der Anteil der als gefährdet eingestuften Moosarten blieb gegenüber der RL von 1991 ungefähr gleich hoch. Für viele Libellen hat sich die Lage ebenfalls verschlechtert. Der Verlust grossflächiger Feuchtgebiete bewirkte Rückgänge bei Drosselrohrsänger und Feldschwirl. Auch andere Arten, die auf Sonderstandorte angewiesen sind, werden seltener, weil Fläche und Anzahl spezieller Lebensräume tendenziell abnehmen. Arten, die vor allem in solchen Habitaten vorkommen, sind deshalb zahlreicher in den RL vertreten. Die neuen RL umfassen aber auch immer mehr Arten, die in der Normallandschaft leben. So haben zum Beispiel die Bestände der Feldlerche und Grauammer – typische Arten der Landwirtschaftsgebiete – in den letzten zehn Jahren drastische Einbussen erlitten. Dies deutet darauf hin, dass der Druck der Landwirtschaft auf die Biodiversität unverändert gross ist.

Allerdings ist die Gefährdung von Arten in der Schweiz nicht in jedem Fall das Ergebnis einer negativen Entwicklung. So ist etwa der Bienenfresser als stark gefährdet eingestuft, weil er als Neueinwanderer erst seit wenigen Jahren in der Schweiz brütet und die Population klein ist.

Bei den Heuschrecken sind die Ergebnisse im Vergleich zu den Einstufungen von 1994¹⁹ uneinheitlich. Wegen der Verbesserung des Kenntnisstandes über die Heuschrecken-Fauna der Schweiz konnten Arten von der Roten Liste gestrichen werden. Andererseits hat sich die Situation einiger stark bedrohter Arten weiter verschlechtert.

¹⁹ Nadig A., Thorens P. 1994. Rote Liste der gefährdeten Heuschrecken der Schweiz. In: Duelli P. (Ed.), Rote Liste der gefährdeten Tierarten der Schweiz, pp. 66–68. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern.

Methodik

Die Gefährdungskategorien der Roten Listen entsprechen den IUCN-Kriterien von 2001 (Version 3.1). Die Einstufung in Gefährdungskategorien erfolgt in zwei Schritten: Erstens werden die Arten nach globalen Kriterien eingestuft, so als ob die Schweizer Population die Weltpopulation wäre. Zweitens wird beurteilt, ob das Risiko, dass Arten aus der Schweiz verschwinden, durch Populationen von ausserhalb erhöht oder gesenkt wird. Entsprechend werden die Arten einer tieferen oder höheren Gefährdungskategorie zugeteilt oder in ihrer Kategorie belassen.

Das Einstufungsverfahren in die verschiedenen Gefährdungsstufen wird aufgrund der vorhandenen Artenkenntnisse und in gewissen Fällen auch aufgrund von Felddatensammlungen für jede Artengruppe angepasst.

Zurzeit stellen die Daten – mit Ausnahme der Brutvögel und der Fische/Rundmäuler – nur eine Momentaufnahme dar. Wegen der unterschiedlichen Taxonomie bei den Fischen/Rundmäulern (siehe oben) können für die Berechnung von Veränderungswerten bis dato nur die Brutvögel verwendet werden.

Die Veränderungswerte berechnen sich aus den Verschiebungen innerhalb der Rote Liste-Kategorien: Wechselt eine RL-Art um eine Stufe nach oben, zum Beispiel von VU (verletzlich) nach EN (stark gefährdet), wird sie mit einem Punkt gezählt. Wechselt eine Art über zwei Kategorien, beispielsweise von CR (vom Aussterben bedroht) nach VU, wird sie doppelt gezählt. Übergänge von VU nach NT (potenziell gefährdet) oder LC (nicht gefährdet) und umgekehrt werden in jedem Fall einfach, Übergänge (Aufstufungen und Abstufungen) innerhalb der Nicht-Rote Listen-Kategorien NT und LC überhaupt nicht gezählt. Arten, die erstmals eingestuft werden, werden für die Berechnung der Veränderungen als zuvor RE (regional ausgestorben) behandelt.

Nicht berücksichtigt werden Arten, deren systematische Stellung zwischen zwei Ausgaben der Roten Liste geändert wurde. Aktuell betrifft dies nur die Mittelmeermöwe (*Larus michahellis*), die zuvor nicht von der Silbermöwe (*Larus argentatus*) abgetrennt wurde.

Der Rote Liste-Index wird nach Butchart et al. (2007)²⁰ berechnet. Nicht in die Berechnung fliessen die Arten ein, die schon bei der ersten Beurteilung ausgestorben waren (RE und EX) sowie die Arten mit ungenügender Datengrundlage (DD). Die Anzahl Arten einer Kategorie werden mit der Gewichtung der Kategorie multipliziert, die Produkte aufsummiert und mit dem maximal möglichen Wert (alle Arten N sind ausgestorben, $N \cdot 5$) dividiert und anschliessend von 1 subtrahiert. Die Gewichtung geht linear von EX/RE = 5 bis LC = 0.

Definitionen der Gefährdungskategorien:

www.bafu.admin.ch/biodiversitaet/10372/10393/index.html?lang=de

²⁰ Butchart S.M., Akçakaya H.R., Chanson J., Baillie J.E.M., Collen B., Quader S., Turner W.R., Amin R., Stuart S.N. Hilton-Taylor C. 2007: Improvements to the Red List Index. PLoS ONE 2(1): e140. Doi 10.1371/journal.pone.0000140.

Z6: Bestand bedrohter Arten

Veränderung der Bestandesgrößen ausgewählter, in der Schweiz, europa- oder weltweit bedrohter oder potenziell bedrohter Arten.

Definition

Da in der Regel jährliche Bestandeserhebungen vorgenommen werden, kann der Indikator auch jährlich aktualisiert werden.

Nur in Ausnahmefällen ist ersatzweise ein Vergleich der Bestandesgrösse in grösserem Zeitabstand als einem Jahr zulässig (zum Beispiel Zahl der besetzten 1-Hektar-Rasterflächen bei mehrjährigen Pflanzen). Die effektive Bestandesgrösse ist anderen Indikatoren vorzuziehen (zum Beispiel Flächendeckungsgrad des Vorkommens, Zahl unterscheidbarer Einzelvorkommen).

Ausgewählt werden in erster Linie weltweit und in Europa bedrohte Arten. Zweite Priorität erhalten Arten, für deren Erhaltung die Schweiz eine besondere Verantwortung trägt, sowie in der Schweiz gefährdete Arten.

Pflanzen- oder Tierarten gelten nach international angewendeten Kriterien als vom Aussterben bedroht, wenn gemäss den besten verfügbaren Datengrundlagen ein extrem hohes Risiko besteht, dass sie in unmittelbarer Zukunft in der Natur aussterben (IUCN 2004). Verschwindet die letzte Population in einem Gebiet, nimmt dort die Artenvielfalt ab. Für die Artenvielfalt in der Schweiz (siehe auch Indikator Z3) ist die Gruppe bedrohter Arten deshalb besonders wichtig.

Bedeutung für die Biodiversität

Bei Z6 stehen einzelne bedrohte oder potenziell bedrohte Arten und ihre Bestandesentwicklung im Zentrum. Für diesen Zweck sind besondere, speziell auf die betreffenden Arten zugeschnittene Messreihen erforderlich. Anders als bei den Biodiversitäts-Indikatoren Z7 und Z9 verwenden wir deshalb für Z6 grundsätzlich jährliche Schätzungen der Bestandesgrösse (Abundanz) aus spezifischen Erhebungsprogrammen Dritter. Das Schätzen von Abundanzen ist in der Regel aber methodisch schwierig und sehr aufwändig, so dass entsprechende Datenreihen nur für ganz wenige Arten unserer Flora und Fauna vorhanden sind.

Die hier vorgestellten Beispiele zeigen verschiedene Möglichkeiten, wie sich bedrohte Arten entwickeln können. Nicht alle als bedroht eingestuften Arten nehmen in ihrem Bestand weiter ab. Einige bleiben über viele Jahre hinweg konstant oder nehmen sogar zu.

Es ist zentral zu verstehen, welche Faktoren die Bestände einzelner Arten beeinflussen. Denn die Ursachen für die Bestandesänderung einzelner Arten sind oft die gleichen, welche die Biodiversität insgesamt zu- oder abnehmen lassen. Obwohl sich die Artenvielfalt als Ganzes im Vergleich zu einzelnen Arten robuster gegenüber Umwelteinwirkungen verhält, sind rasche Veränderungen des Artenreichtums durchaus möglich – zumindest gemessen auf Flächen von der Grösse von Aren, Hektaren oder Quadratkilometern. Wie die Bestände einzelner Arten ist auch die Biodiversität sowohl langfristigen Trends als auch ständigen Schwankungen, kurzzeitigen Einbrüchen oder raschem Zuwachs unterworfen.

Die Beispiele machen uns mit einem breiten Spektrum möglicher Ursachen für diese Phänomene vertraut. Sehr viele Arten reagieren sensibel auf die Veränderung ihres bevorzugten Lebensraumes. Gründe für den Wandel von Lebensräumen gibt es viele: Veränderte Landnutzung, klimatische Wechsel, Interaktionen mit anderen Arten, aber auch Fördermassnahmen durch spezielle Artenschutzprogramme. Oft ist es eine komplexe Kombination aus mehreren Ursachen, die einen Lebensraum verändern. Deshalb ist es so schwierig, die Biodiversität eines bestimmten Gebietes zu erklären oder gar ihre Entwicklung vorherzusagen.

Für Z6 verwendet das BDM ausschliesslich Daten Dritter. Dargestellt werden Arten, deren Bestände in bestehenden Forschungsprojekten, Erfolgskontrollen, Artenschutzprojekten, Inventaren etc. ohnehin erfasst werden. Die Datenquellen sind demnach unterschiedlich (siehe oben Datenquellen und Artbeschriebe).

Methodik

Damit eine Art im Indikator Z6 aufgenommen wird, müssen die vorhandenen Daten folgende Bedingungen erfüllen:

- > Repräsentativität für den schweizerischen Bestand;
- > Bezug zur Aktualität (die letzte Bestandesschätzung darf in der Regel nicht weiter als fünf Jahre zurückliegen);
- > Vorzugsweise Zeitreihen; in eindeutigen Fällen aber auch Vergleichspunkte im Abstand von zehn Jahren;
- > Fast alle quantifizierbaren Masse für die Indikatoren der Bestandesgrösse sind denkbar (Populationsgrösse, Anzahl Vorkommen, besetzte Rasterquadrate, Uferabschnitte etc.).

Arten werden nach folgenden Prioritäten ausgewählt:

- > Weltweit bedrohte Arten gemäss Roter Liste der IUCN (Stand 2005);
- > Europaweit bedrohte Arten;
- > Arten, für welche die Schweiz eine besondere Verantwortung trägt;
- > In der Schweiz gefährdete oder kritisch gefährdete Arten (IUCN-Kriterien CR, EN)*;
- > In der Schweiz verletzte Arten (IUCN-Kriterium VU)²¹;
- > Beispiele von Arten mit grosser Bedeutung für Öffentlichkeit und Politik (Einzelfälle).

Das grösste Problem besteht aber vor allem darin, Arten zu finden, deren Bestände regelmässig erhoben werden und deren Bestandenserhebungen repräsentativ für die Schweiz sind. Daher rührt das Übergewicht der Brutvögel.

²¹ Für viele Artengruppen sind noch keine schweizerischen Roten Listen nach IUCN-Kriterien 2001 verfügbar. In diesen Fällen wurden die bestehenden Roten Listen verwendet (Arten mit Status «vom Aussterben bedroht» und «stark gefährdet»).

Z7: Artenvielfalt in Landschaften

Veränderung des mittleren Artenreichtums ausgewählter Artengruppen in Rasterzellen von einem Quadratkilometer.

Definition

Die Stichprobenflächen sind bei allen untersuchten Artengruppen einen Quadratkilometer gross. Auf ihnen werden die Artenvorkommen nach standardisierten Methoden erhoben. Das Stichprobenetz bildet ein regelmässiges Raster, das über der Schweiz liegt, ausgehend von einem zufällig gewählten Punkt. Um auch etwas über kleine Regionen aussagen zu können, wurden im Jura und in den Südalpen zusätzliche Flächen festgelegt. Insgesamt umfasst das Stichprobenetz 519 Flächen. Knapp 30 Flächen – vor allem im Hochgebirge – sind so unzugänglich, dass sie nicht untersucht werden können. Des Weiteren untersuchen die BDM-Fachleute keine Flächen, die komplett auf Gletschern oder Seen liegen. In die Auswertung gehen diese Stichprobenflächen jedoch per Definition als «artenfrei» ein.

Z7 wird für die Schweiz als Ganzes, aber auch für die grösseren biogeografischen Teilregionen berechnet. Eigenständige Aussagen sind zudem für die hohen Lagen (Gebiete über der Waldgrenze) oder andere grossflächige Landesteile möglich. Bislang werden Gefässpflanzen (seit 2001), Brutvögel (2001) und Tagfalter (2003) erfasst.

Verschiedene Faktoren beeinflussen die Artenvielfalt auf den je ein Quadratkilometer grossen Stichprobenflächen des Indikators «Artenvielfalt in Landschaften (Z7)». Biogeografische Verbreitungsmuster und physische Faktoren wie Geologie, Relief und Klima bestimmen das natürliche Potenzial. Ein von Natur aus grosses Potenzial haben die Gebiete an der Nord- und Südflanke der Alpen. Grosse Höhenunterschiede und ein ausgeprägtes Relief sorgen dort für eine Vielfalt von Habitaten und einen entsprechenden Artenreichtum. Es erstaunt daher nicht, dass die höchsten Artenzahlen bei Gefässpflanzen und Tagfaltern auf Stichprobenflächen der Alpennord- und Alpensüdflanke gefunden wurden.

Bedeutung für die Biodiversität

Je grösser der Einfluss des Menschen, desto ausgeprägter wird die Artenvielfalt durch die Art und Intensität der Landnutzung bestimmt. Dies zeigen die Artenzahlen auf Stichprobenflächen im Jura und im Mittelland deutlich: Die grösste festgestellte Artenvielfalt ist in beiden Regionen fast identisch, das natürliche Potenzial der beiden Regionen also vergleichbar. Trotzdem sind die durchschnittlichen Artenzahlen im Jura höher als im Mittelland. Bei den Tagfaltern sind die Unterschiede derart ausgeprägt, dass selbst artenärmere Flächen im Jura etwa gleich viele Arten beherbergen wie Durchschnittsflächen im Mittelland. Dies verdeutlicht, dass die intensive Nutzung des Mittellandes bereits viele wertvolle Lebensräume zerstört hat. Die Pflanzen- und Tierarten, die auf diese Lebensräume angewiesen sind, sind verschwunden.

Der Artenreichtum in Landschaften ist abhängig von der Vielfalt und Qualität der Lebensräume: Je mehr verschiedene Lebensraumtypen wie etwa Wiesen, Wald oder Äcker in einer Landschaft vorkommen, desto mehr Arten finden einen geeigneten Lebensraum. Weiter kommt es auf die Qualität der Lebensräume an. So ist es beispielsweise relevant, ob es auf einer Stichprobenfläche nur Fettwiesen gibt oder auch Magerwiesen. Nicht nur Tiere und Pflanzen schätzen vielfältige, reich strukturierte

Landschaften. Auch Menschen bevorzugen aus ästhetischen Gründen solche Gebiete. In aller Regel ist ein hoher Z7-Wert, beziehungsweise die Zunahme von Z7-Werten daher erwünscht.

Artenarme Stichprobenflächen unterscheiden sich von artenreichen vor allem durch das Fehlen von mittelhäufigen Habitattypen wie etwa Magerwiesen. Wenn diese Lebensräume fehlen, finden auch die für sie charakteristischen Arten wie zum Beispiel Wiesensalbei (*Salvia pratensis*) oder Schachbrettfalter (*Melanargia galathea*) keinen Lebensraum mehr. Häufige und verbreitete Arten sind auf fast jeder Stichprobenfläche zu finden und daher nicht sensitiv. Auch sehr seltene Arten mit beschränkter Verbreitung sind für den Z7-Wert wenig relevant, da sie nur ganz selten und zufällig auf BDM-Stichprobenflächen leben.

Da Z7 die Veränderung der Artenvielfalt registriert, wirken sich veränderte Nutzungen, aber auch natürliche Extremereignisse wie der Jahrhundertsturm Lothar oder der Hitzesommer 2003 auf den Indikator aus.

Bei der Bewertung der Biodiversitätsentwicklung ist zu beachten, dass nicht allein die Anzahl der gefundenen Arten, sondern auch Unterschiede in der Zusammensetzung der Artengemeinschaften zur Biodiversität beitragen. Dieser Tatsache wird mit dem BDM Indikator «Vielfalt von Artengemeinschaften (Z12)» Rechnung getragen.

Für jede Artengruppe wurde vom BDM eine kosteneffiziente Erhebungsmethode entwickelt, die reproduzierbare Resultate liefert und das untersuchte Kilometerquadrat möglichst gut repräsentiert. Die Vorkommen von Gefässpflanzen und Tagfaltern werden entlang eines 2,5 Kilometer langen sogenannten «Transektes» untersucht. Dieser folgt wo immer möglich bestehenden Wegen. Die Transekttrouten, die Zahl der Begehungen (je nach Höhenstufe ein bis zwei Gänge für Gefässpflanzen und vier bis sieben für die Tagfalter) und die Zeitintervalle zwischen den Begehungen sind für jede Stichprobenfläche genau festgelegt. Falls Wege fehlen, wird die Transekttroute im Feld markiert und auf einem Plan eingezeichnet. Alle gefundenen Arten werden direkt vor Ort elektronisch festgehalten. Aufgrund des konstanten Erfassungsgrades auf den standardisierten Transekten können Veränderungen gut erkannt werden, obwohl nicht alle im Kilometerquadrat vorkommenden Arten gefunden werden. Die Methodik hat ihre Effektivität bereits in den ersten Betriebsjahren unter Beweis gestellt. Auf den BDM-Transekten wurden zum Beispiel von rund 200 im BDM berücksichtigten Tagfalterarten 189 mindestens einmal registriert. Und dies obwohl das BDM bloss 0,3 Promille der Schweizer Landesfläche abdeckt. Dies ist überraschend und erfreulich: Die meisten Arten sind offenbar noch so weit verbreitet, dass sie sich auch mit nicht artspezifischen Suchmethoden nachweisen lassen. Als Folge der gleichmässigen Beprobung der Schweiz wurden auch abgelegene Gebiete, die durch freiwillige Melder selten begangen werden, im Rahmen des BDM erstmals kartiert.

Methodik

Das rigide Stichprobenraster zwingt die Mitarbeitenden, auch in vermeintlich wenig artenreichen Gebieten nach Tagfaltern zu suchen. Eine Art, die bislang offenbar oft durch das Raster fiel, ist der Alpen-Perlmutterfalter (*Boloria thore*). Die bisher als selten und stark bedroht geltende Art wurde auf 7 Prozent aller BDM-Alpenflächen gefunden. Dank der repräsentativen Beprobung sind die BDM-Daten sehr gut geeignet,

die gegenwärtige Häufigkeit der Arten festzustellen und die Veränderung dieser Häufigkeit im Laufe der Zeit objektiv zu beurteilen. Die BDM-Daten zu den Tagfaltern sind somit eine wichtige Grundlage für die Einschätzung der Gefährdungstufe in der Roten Liste.

Brutvögel werden im Unterschied zu den Gefässpflanzen und Tagfaltern nicht auf einem Transekt, sondern auf dem gesamten Kilometerquadrat erfasst. Von diesem Grundsatz wird nur in unzugänglichen Gebieten abgewichen. In solchen Fällen werden die nicht bearbeiteten Bereiche auf einer Karte eingezeichnet. Je nach Höhenlage werden die Flächen zwei- bis dreimal während eines bestimmten Zeitraums in den Morgenstunden besucht. Die Methode und die Erhebungen entsprechen weitgehend dem «Monitoring Häufige Brutvögel» der Schweizerischen Vogelwarte Sempach.

Die Koordinationsstelle BDM überprüft laufend die Qualität der Erhebung und Auswertung der Rohdaten. Unter anderem werden rund zehn Prozent der Flächen zwecks Qualitätskontrolle doppelt untersucht. Dank den Vergleichsergebnissen lässt sich die Zuverlässigkeit und damit Aussagekraft der Daten exakt feststellen.

Z8: Bestand häufiger Arten

Veränderung der Frequenz besetzter Rasterzellen ausgewählter, weit verbreiteter oder häufiger Arten.

Definition

Häufige Arten sind ökologisch bedeutend, denn sie bilden den Hauptteil der lebenden Biomasse und eine reiche Nahrungsquelle für andere Organismen. Die Ökosystemleistungen werden hauptsächlich von den häufigen Arten erbracht. Häufige Arten prägen zudem den Charakter von Lebensräumen und sogar ganzer Landschaften²². Die häufigsten Pflanzenarten geben den Lebensräumen ihre typische Gestalt. Einige wenige Gräser und Kräuter verleihen zum Beispiel Fettwiesen ihre typische Struktur.

Bedeutung für die Biodiversität

Häufige Arten besiedeln meistens Lebensräume, die zur «Normallandschaft» gehören, oder es handelt sich um anspruchslose Arten, die unterschiedliche Lebensräume nutzen können. Veränderungen im Vorkommen häufiger Arten deuten auf einen Wandel von Landschaften hin. Veränderte Bewirtschaftungsmethoden des Graslandes können das Artegefüge und das Gesicht des Kulturlandes stark beeinflussen. Wichtige Faktoren sind zum Beispiel das Ausbringen von Gülle, der Schnittzeitpunkt, der Tierbesatz und die Fruchtfolge. Auch ökologische Ausgleichsflächen können sich auf die Artenvielfalt auswirken.

Wie sich die kleinen Bestände seltener oder bedrohter Arten entwickeln, hängt oft stark von den Zufälligkeiten der Witterung oder des Reproduktionserfolges eines einzelnen Jahres ab. Die Bestände häufiger Arten sind dagegen robust und reagieren eher träge. Die Bestandesentwicklungen dieser Arten deuten deshalb zuverlässig auf einen Wandel der Normallandschaft hin. Bislang wurden häufige Arten, abgesehen von Vögeln und Waldbäumen, jedoch kaum überwacht. Das BDM schliesst diese Lücke für Gefässpflanzen, Tagfalter, Gehäuseschnecken und Moose.

²² Gaston K.J., Fuller R.A. 2008: Commonness, population depletion and conservation biology. *Trends in Ecology & Evolution* 23: 14–19.

Werden häufige Arten zu Lasten seltener Arten häufiger und verbreiteter, ist dies aus Sicht der Biodiversität eine negative Entwicklung. Denn damit trivialisieren und vereinheitlichen sich die Artengemeinschaften in den Lebensräumen. Wie sich die Artengemeinschaften in der Schweiz entwickeln, zeigt der Indikator «Vielfalt von Artengemeinschaften (Z12)».

Der Indikator «Bestand häufiger Arten (Z8)» greift auf die Daten der Indikatoren «Artenvielfalt in Landschaften (Z7)» und «Artenvielfalt in Lebensräumen (Z9)» zurück. Anhand der An- oder Abwesenheit von Arten auf den Erhebungsflächen von Z7 und Z9 lässt sich ihre Frequenz (Häufigkeit) errechnen.

Methodik

Das BDM berechnet für alle erfassten Arten, wie sich die Frequenzen von Erhebung zu Erhebung verändern. Als Zu- oder Abnahme gelten signifikante Veränderungen ($0 \leq p < 0,05$). Die Signifikanz wird mit Hilfe des McNemar-Tests ermittelt, Vertrauensbereiche mit der «Adjusted Wald»-Methode.

Z9: Artenvielfalt in Lebensräumen

Veränderung des mittleren Artenreichtums ausgewählter Artengruppen auf kleinen Flächen standardisierter Grösse.

Definition

Der Indikator misst die Artenvielfalt der Gefässpflanzen, Moose und Mollusken (Gehäuseschnecken) auf einer Fläche von zehn Quadratmetern. Z9 wird gesamtschweizerisch für verschiedene Nutzflächentypen erhoben. Der Indikator ermöglicht zudem Aussagen zum Wald sowie zu Wiesen und Weiden in verschiedenen Höhenlagen.

Für den Z9-Indikator Gewässerinsekten wird die Artenvielfalt von Eintagsfliegen, Steinfliegen und Köcherfliegen in Fliessgewässerabschnitten gemessen. Die Länge der Fliessgewässerabschnitte richtet sich dabei nach der jeweiligen Gewässerbreite.

Naturschutzanstrengungen dürfen sich nicht auf spezielle (Schutz-)Gebiete beschränken. Anzustreben ist eine an die Ökosysteme angepasste, möglichst grosse biologische Vielfalt auf der gesamten Landesfläche. Der Indikator «Artenvielfalt in Lebensräumen (Z9)» zeigt, wie sich der Artenreichtum in unserer alltäglichen Landschaft, in «normalen» Schweizer Wiesen, Äckern, Wäldern und Gewässern entwickelt.

Bedeutung für die Biodiversität

Der Indikator Z9 stützt sich auf Erhebungen bei Gefässpflanzen, Moosen, Mollusken und Gewässerinsekten. Es liegt auf der Hand, dass diese vier Gruppen nicht die Entwicklung der gesamten biologischen Vielfalt von den grossen Wirbeltieren bis zu den Mikroorganismen widerspiegeln. Die vier ausgewählten Artengruppen können aber wesentliche Trends der Biodiversität aufzeigen, denn sie reagieren sensibel auf Umwelteinflüsse und eignen sich daher als Indikatorgruppen.

Der Indikator Z9 liefert bereits interessante Ergebnisse. Er zeigt zum Beispiel, dass in den Wiesen des Tieflands deutlich weniger Gefässpflanzenarten wachsen als im schweizerischen Durchschnitt, obwohl die Wiesen im Mittelland über ein mindestens ebenso grosses ökologisches Potenzial verfügen wie jene in den Bergen. Ursache für die geringe Vielfalt ist die intensive Nutzung des Grünlandes. Umgekehrt zeigen die

Z9-Daten auch einen beeindruckenden Artenreichtum an Gefässpflanzen und Moosen in den höheren Lagen, wo die Nutzung extensiver ist und sich daher weitaus günstiger auswirkt.

Im Gegensatz zu den Gefässpflanzen nimmt die Schneckenvielfalt mit zunehmender Höhe ab. Dies ist aber nicht etwa eine Folge der Nutzungsintensität, sondern ein ökologisches Phänomen: Schnecken leben von Natur aus seltener in höheren Lagen.

Ungeachtet dieser ersten Trends lässt sich die Entwicklung der Artenvielfalt in den verschiedenen Lebensräumen und Höhenstufen erst in einigen Jahren genau analysieren. Erste Veränderungsdaten zeigen Zunahmen der Artenvielfalt bei allen Artengruppen und in verschiedenen Lebensräumen. Zukünftige Analysen werden zeigen, wie die heutige Nutzung und der Klimawandel die Artenvielfalt in den verschiedenen Lebensräumen beeinflusst.

Insbesondere wird der Indikator Aufschluss darüber geben, wie nachhaltig die forst- und landwirtschaftliche Nutzung unseres Landes ist. Die Ökoprogramme im Landwirtschaftsgebiet lassen zum Beispiel hoffen, dass die Artenvielfalt zunimmt (siehe Art. 76 Landwirtschaftsgesetz oder Direktzahlungsverordnung SR 910.13). Ob dies so ist, wird in wenigen Jahren ebenso überprüfbar sein, wie die Auswirkungen der neuen Waldpolitik.

Zu den Gewässerinsekten lassen sich zum Zeitpunkt der Drucklegung dieses Berichts noch keine statistisch gesicherten Aussagen machen, da erst ein Teil der Stichprobe untersucht wurde.

Die Felderhebungen für den Indikator «Artenvielfalt in Lebensräumen (Z9)» laufen seit 2001. Mit der Erhebung der Gewässerinsekten wurde erst 2010 begonnen. Die Fachleute des BDM erfassen Gefässpflanzen, Moose und Mollusken (Gehäuseschnecken) auf zahlreichen, im ganzen Land verteilten Stichprobenflächen. Es handelt sich dabei um Kreisflächen von jeweils zehn Quadratmetern. Ausgehend von einem zufällig gewählten Punkt bilden alle Probeflächen ein regelmässiges Stichprobenetz, das rund 1650 Flächen umfasst. Etwa 100 Flächen – vor allem im Hochgebirge – sind indes so unzugänglich, dass sie nicht untersucht werden können.

Methodik

Für jede der drei beobachteten Artengruppen wurde eine Erhebungsmethode erarbeitet eine Erhebungsmethode, die gut reproduzierbare Resultate liefert.

(Auf der Website des BDM gibt es dazu einen Film:

www.biodiversitymonitoring.ch/de/hintergrund/filme.html.)

Zusätzlich zu den Artenvorkommen halten die Feldmitarbeitenden des BDM auch die jeweiligen Lebensraumtypen und die Art der Nutzung fest. Da die Stichprobenflächen klein sind, ist bei deren Kennzeichnung höchste Präzision gefragt. Die Lage der Fläche wird mit einem GPS-Gerät bestimmt. Zusätzlich versenken sie im Zentrum einen Magneten und halten gut sichtbare Referenzpunkte in einem so genannten «Versicherungsprotokoll» fest.

Die Zahl der Begehungen (für die Pflanzenaufnahmen je nach Höhenstufe eine bis zwei Exkursionen jährlich) und die vorgesehenen Erhebungsintervalle sind für jede Fläche genau festgelegt. Die Mitarbeitenden halten auf der Fläche gefundene Gefässpflanzenarten direkt im Feld elektronisch fest.

Im Frühjahr suchen sie zudem systematisch nach Moosen. Von jeder gefundenen Moosart wird eine Probe genommen, die anschliessend im Labor bestimmt wird.

Die Schneckenvielfalt wird mit einer speziellen Methode ermittelt. Am Rand der Probesträche entnehmen die Mitarbeitenden acht Bodenproben. Die Bodenproben werden ins Labor gesendet, wo Spezialisten sie auswaschen und die Gehäuse unter dem Binokular bestimmen.

Zum Ermitteln der Gewässerinsektenvielfalt werden die aquatisch lebenden Larven von Eintagsfliegen, Steinfliegen und Köcherfliegen mit Hilfe eines Kicknetzes gefangen. Die Länge der Fliessgewässerabschnitte richtet sich dabei nach der jeweiligen Gewässerbreite: Die Abschnittslänge entspricht der zehnfachen Bachbreite, sie betrug im Jahr 2010 durchschnittlich 29 Meter. Spezialisten bestimmen die gefangenen Insektenlarven im Labor auf Artebene.

Die Koordinationsstelle BDM überprüft laufend die Qualität der Erhebung und Auswertung von Rohdaten. Rund zehn Prozent der Flächen werden zur Qualitätskontrolle doppelt bearbeitet. Dank den Vergleichsergebnissen lässt sich die Zuverlässigkeit und damit die Aussagekraft der Daten exakt feststellen.

Z10: Fläche der wertvollen Biotope

Veränderung der Fläche der wertvollen Biotope nach Art. 18 und 21 des Natur- und Heimatschutzgesetzes (NHG) und gemäss den Definitionen der Biotopinventare des Bundes (Artikel 18a NHG) für «nationale Bedeutung».

Definition

Entscheidungskriterien für die nationale Bedeutung der Objekte gemäss den Biotopinventaren

Auen

- > Ein Auengebiet naturnaher beziehungsweise natürlicher Gewässer ist von nationaler Bedeutung, wenn
 - seine Fläche mindestens 2 Hektar umfasst,
 - auf dieser Minimalfläche ausschliesslich intakte typische Auenvegetation oder auf naturnahe Weise entstandene und regenerierbare Ersatzgesellschaften leben, und es
 - in unmittelbarer Berührung mit dem natürlichen Gewässer steht und von diesem beeinflusst wird (Grundwasser, Überflutung).
- > Ein Auengebiet, das durch künstliche Massnahmen von seinem Gewässer getrennt ist, hat nationale Bedeutung, wenn
 - seine Fläche mindestens 5 Hektar umfasst, oder
 - sonst eine Beziehung zu einem Gewässer besteht (Grundwasser, Ablauf etc.), und
 - auf der Minimalfläche (5 Hektar) typische Auenvegetation wächst.

-
- > Gletschervorfelder und alpine Schwemmebenen (oberhalb 1800 Meter über Meer) haben nationale Bedeutung, wenn sie
 - mindestens 2500 Quadratmeter glazifluvial oder fluvial geprägten Auenbereich enthalten,
 - auf Grund der Teilbewertung nach geomorphologischen und biologischen Haupt- und Nebenkriterien als «national bedeutend» eingestuft werden und
 - weder geschädigt noch übermässig belastet sind.

Hoch- und Übergangsmoore

Die Hochmoorfläche wird anhand des Vorkommens von Torfmoosen und klassischen hochmoorzeigenden Gefässpflanzen erfasst. Um von nationaler Bedeutung zu sein, muss die zusammenhängende Hochmoorfläche mindestens 625 Quadratmeter umfassen.

Flachmoore

Ein Flachmoor von nationaler Bedeutung muss mindestens eine Hektare gross und von typischer Flachmoorvegetation bewachsen sein. Als typische Flachmoorvegetation gelten sieben Vegetationseinheiten, die anhand von Kennarten definiert wurden: *Phragmition*, *Magnocaricion*, *Scheuchzerietalia*, *Calthion* und *Filipendulion*, *Molinion*, *Caricion davallianae*, *Caricion nigrae*.

Trockenwiesen und -weiden

Für die Bewertung der Objekte wurden u. a. die Kriterien Seltenheit, Schutzwürdigkeit und Repräsentativität der Vegetationstypen verbunden mit Vernetzungsgrad, Strukturelementen und weiteren Elementen benutzt (Details in Schriftenreihe Umwelt Nr. 325: Kartierung und Bewertung der Trockenwiesen und -weiden von nationaler Bedeutung, BUWAL Bern 2001).

Zeitpunkte des Inkrafttretens

- > Hoch- und Übergangsmoore:
Februar 1991 (Angaben zu Chronologie und Änderungen unter www.admin.ch/ch/d/sr/c451_32.html)
- > Flachmoore:
Oktober 1994 (Angaben zu Chronologie und Änderungen unter www.admin.ch/ch/d/sr/c451_33.html)
- > Auengebiete:
15. November 1992 (Angaben zu Chronologie und Änderungen unter www.admin.ch/ch/d/sr/c451_31.html)
- > Trockenwiesen und -weiden:
Februar 2010 (Angaben zu Chronologie und Änderungen unter www.admin.ch/ch/d/sr/c451_37.html).

Biotope werden als wertvoll eingestuft, wenn sie einzigartig, typisch ausgebildet oder selten sind. Viele Pflanzen und Tiere würden ohne diese besonderen Lebensräume verschwinden. Der Schutz von Biotopen ist eine der Voraussetzungen, die Artenvielfalt in der Schweiz langfristig zu erhalten.

Bedeutung für die Biodiversität

Der Indikator Z10 umfasst vorläufig erst jene Flächen, die in den Bundesinventaren der Auengebiete, Flach- und Hochmoore, sowie der Trockenwiesen und -weiden aufgeführt werden. In den entsprechenden Verordnungen des Bundes ist explizit erwähnt, dass diese Lebensräume standortheimische Pflanzen, Tiere und ihre ökologischen Grundlagen erhalten und fördern sollen.

Damit die Biotope langfristig überleben und sich entwickeln können, müssen sie gross genug sein, zumal die Verminderung von Grösse und Qualität wertvoller Lebensräume oft die entscheidende Ursache für den Bestandesrückgang von Arten darstellt. Viele Arten, die auf den Roten Listen stehen, kommen einzig in einigen wenigen Biotopen vor, die heute nur noch Sonderstandorte in der Kulturlandschaft darstellen. Verschwinden auch die letzten Überreste dieser Sonderstandorte, haben die für sie typischen Arten keinen Lebensraum mehr. So sind beispielsweise der Grosse Brachvogel und die Bekassine, die auf grossflächige Feuchtgebiete angewiesen sind, als regelmässige Brutvögel verschwunden.

Aus zwei Gründen umfasst Z10 bislang nur einen Teil der Fläche der wertvollen Biotope der Schweiz:

- > Erstens erfasst der Indikator Z10 nur Flächen, die in einem Bundesinventar aufgenommen sind und somit nationale Bedeutung aufweisen. Die Fläche aller Flachmoore zum Beispiel ist grösser als die Fläche der inventarisierten Flachmoore von nationaler Bedeutung. Viele Flachmoor-Standorte erfüllen jedoch die Kriterien des Bundesinventars nicht, weil sie zu klein sind oder ihre Qualität ungenügend ist.
- > Zweitens gelten zwar in der Schweiz ausser Auen, Mooren, Trockenwiesen und -weiden weitere Lebensräume als wertvoll. Laut Natur- und Heimatschutzverordnung (NHV) gehören zu den schützenswerten Lebensraumtypen unter anderem Quellfluren und Gewässerlebensräume, Uferbereiche, Schluchtwälder, sowie Wälder an Steilhängen und Trockenwälder, Saumgesellschaften, Gebüsche und Heiden, Fels-, Felsgrus-, Karst- und Schuttfluren und Ackerbegleit- und Ruderalfluren. Diese Lebensräume müssten eigentlich auch von Z10 erfasst werden. Die meisten dieser Biotope sind aber nicht einheitlich oder überhaupt nicht inventarisiert. Die effektive Gesamtfläche aller wertvollen Biotope kann folglich nicht abgeschätzt werden.

Die Bundesinventare enthalten Flächen, die auf Grund von besonderer Schönheit (Moore), Grösse und Qualität zum Zeitpunkt der Inventarisierung aufgenommen wurden. Sie sagen aber weder etwas über die aktuelle Qualität der Lebensräume aus (dazu dient der Indikator Z11), noch ob die inventarisierten Biotope wachsen oder schrumpfen. Der Indikator Z10 soll die Entwicklung der Biotopflächen wiedergeben. Dieses Ziel kann aber erst dann wirklich erreicht werden, wenn die Erfolgskontrollen der Bundesinventare die Veränderung der Biotope quantitativ und qualitativ verlässlich dokumentieren.

Basierend auf Felderhebungen wurde die genaue Fläche der einzelnen Biotoptypen gegen das Umland abgegrenzt. Die Erfolgskontrollen zeigen noch nicht ausreichend, ob und wie sich die einzelnen Biotopflächen seit der Ersterhebung verändert haben. Daten liegen erst für Moorbiotope vor (siehe Indikator Z11).

Methodik

Für den Indikator Z10 wurde die Gesamtfläche der Bundesinventare der Auengebiete, Hoch- und Flachmoore sowie Trockenwiesen und -weiden berechnet. Flächen, die in mehr als einem Inventar erscheinen, wurden nur einfach gezählt.

Die Daten für den Indikator Z10 beschränken sich auf die nationalen Biotopinventare nach Art. 18a NHG, weil nur diese sicherstellen, dass Biotope in der ganzen Schweiz nach einheitlichen Kriterien bewertet und inventarisiert werden. Vorläufig wird der jeweils aktuelle Stand angegeben.

Z11: Qualität der wertvollen Biotope

Veränderungen der durchschnittlichen Qualitätsmerkmale der einzelnen Biotoptypen, die nach Art. 18a des Natur- und Heimatschutzgesetzes in Bundesinventaren erfasst sind. Da bislang erst Daten für Moore verfügbar sind, stellt der Indikator allein auf diesen Biototyp ab.

Definition

Die operationellen Definitionen sind im Abschnitt Methodik dargestellt.

Moore sind Sonderstandorte, aber keine sogenannten Biodiversitäts-Hotspots, wo besonders viele Arten vorkommen. Sie sind, und das gilt insbesondere für die Hochmoore, sogar ziemlich artenarm, beherbergen aber sehr unterschiedliche Vegetationstypen. Moore sind nass, mit permanent hoch stehendem Wasserspiegel und, abgesehen von den basischen Kleinseggenrieden, sehr sauer und zudem nährstoffarm. Überdies sind Moore selten, auch wenn sie in bestimmten Regionen häufiger vorkommen. Moore machen nach einem geschätzten Verlust von 90 Prozent insgesamt nur noch 0,54 Prozent der Schweizer Landesfläche aus.

Bedeutung für die Biodiversität

In den Hoch- und Flachmooren von nationaler Bedeutung wachsen rund ein Viertel der Gefässpflanzenarten, die in der Schweiz bedroht sind. Die verschiedenen Vegetationstypen sind Lebensräume für jeweils spezifische Arten. Moore sind somit nicht ersetzbar. Besonders viele bedrohte Pflanzenarten wachsen in den sogenannten Schlenken, in flachen Mulden intakter Hochmoore. Fast 10 Prozent der Arten, die dort gefunden werden, stehen auf der Roten Liste der gefährdeten Farn- und Blütenpflanzen der Schweiz.

Neben spezialisierten Pflanzen, insbesondere verschiedenen Torfmoosen und Flechten, die nur in Mooren wachsen, beherbergen Moore auch Pilze und sehr spezialisierte Tiere. Zu diesen gehören etliche Libellenarten, für die Schlenken, Rüllen (Abflussrinnen) und Mooraugen (Wasserflächen) unverzichtbare Lebensräume sind. Verschwinden diese Strukturen, verschwinden auch die Arten, da sie keine Ausweichmöglichkeiten haben. Dasselbe gilt für Schmetterlingsarten, deren Raupen sich ausschliesslich von Moorpflanzen ernähren.

Moore, insbesondere Torfmoore, sind zudem Biodiversitätsarchive. Pollen, aber auch pflanzliche und tierische Grossreste bleiben in diesem sauren, wassergesättigten Milieu über zehntausende von Jahren erhalten. Trocknen Torfmoore aus, wird der Torf mineralisiert und die Archive werden unwiederbringlich zerstört.

Nicht zuletzt sind Moore wichtige Landschaftselemente und somit ein Bestandteil der biologischen Vielfalt auf der Ebene der Ökosysteme.

Eine repräsentative Stichprobe mit 102 über die ganze Schweiz verteilten Stichprobenquadraten erfasste 200 Hoch- und Flachmoorobjekte von nationaler Bedeutung. Alle Grössenklassen, Moortypen, Höhenstufen und Naturräume waren angemessen vertreten. Von allen Objekten wurde ein Infrarot-Luftbild erstellt und auf Grund von Farben und Musterung homogene Einheitsflächen abgegrenzt. Diese sind zwischen 100 und 200 Quadratmeter gross. Innerhalb der Einheitsflächen wurden Gefässpflanzen und Moose, sowie deren Deckungsgrad erfasst. Durch die Kombination von Luftbildinterpretation und Felddaten konnten Vegetationskarten der Objekte hergestellt werden. Die Vegetationsaufnahmen wurden bestimmten Vegetationstypen zugeordnet.

Methodik

Die Qualität der Standorte wurde über folgende ökologischen Zeigerwerte ermittelt:

- > Feuchtezahl,
- > Nährstoffzahl,
- > Humuszahl,
- > Lichtzahl,
- > Gehölzanteil.

Für Details siehe Klaus (2007)²³ und die darin angegebene Literatur.

Um Veränderungen festzustellen, wurden die Erst- und Zweitaufnahmen miteinander verglichen. Die Veränderungen der Zeigerwerte wurden mittels naturschutzpolitischer Zielsetzungen beurteilt. Ein einzelnes Moor gilt als erheblich verändert, wenn die Nettoveränderung mindestens 10 Prozent der Fläche betrifft und diese Veränderung mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von weniger als 10 Prozent nachweisbar ist.

Folgende Entwicklungen sind grundsätzlich positiv zu werten: Vernässung (zunehmende Feuchtezahl), Ausmagerung (abnehmende Nährstoffzahl), Torfbildung (zunehmende Humuszahl), Auflichtung (abnehmender Gehölzanteil), Verstärkung des Moorcharakters (Anstieg des Moorindexes, das heisst, zunehmende Vielfalt und Dominanz von Moorarten).

²³ Klaus G. (Red.) 2007. Zustand und Entwicklung der Moore in der Schweiz. Ergebnisse der Erfolgskontrolle Moorschutz. Stand: Juni 2007. Bundesamt für Umwelt, Bern, Umwelt-Zustand Nr. 0730. 97 S.

Z12: Vielfalt von Artengemeinschaften

Veränderung der Ähnlichkeitswerte aus paarweisen Vergleichen von Artenlisten der einzelnen Z7- und Z9-Aufnahmeflächen.

Definition

- > Für Daten aus dem Indikator «Artenvielfalt in Landschaften (Z7)»: Die Veränderung des mittleren Simpson-Index (Ähnlichkeitswert) aus allen paarweisen Vergleichen der Artenlisten der Flächen von einem Quadratkilometer im betrachteten Raum, ausgedrückt in Prozent (zwischen 0 und 100).
- > Für Daten aus dem Indikator «Artenvielfalt in Lebensräumen (Z9)»: Die Veränderung des mittleren Simpson-Index (Ähnlichkeitswert) aus allen paarweisen Vergleichen der Flächen von zehn Quadratmetern im betrachteten Nutzflächentyp, ausgedrückt in Prozent (zwischen 0 und 100).

Charakteristisch für einen Lebensraum sind vor allem gebietstypische Arten oder solche mit spezifischen ökologischen Ansprüchen. Diese typischen Arten verleihen einem Standort seine Unverwechselbarkeit. Auch Arten mit stark beschränkter Verbreitung können zu regional besonderen Artengemeinschaften beitragen. Es bedeutet also einen Verlust an örtlicher Vielfalt, wenn sich Artengemeinschaften generell angleichen. Dies geschieht etwa, wenn Lebensräume oder Landschaften durch menschliche Aktivitäten ähnlicher werden, wie durch eingeschleppte, angepflanzte oder ausgesetzte fremde Arten.

Bedeutung für die Biodiversität

Auch rationalisierte Landnutzungsmethoden (zum Beispiel Düngung oder Bewässerung) oder Landschaftsgestaltungen führen zu überall ähnlichen Lebensbedingungen. Wenn dadurch die standortbedingten und auch kulturell geprägten Besonderheiten der Lebensräume verwischt werden, ist es wenig überraschend, dass sich die Artengemeinschaften von Gebiet zu Gebiet kaum mehr voneinander unterscheiden. Dieses Phänomen ist als «biotische Homogenisierung» in den letzten Jahren vermehrt beschrieben und beklagt worden. Die Homogenisierung der Artengemeinschaften kennzeichnet einen klaren Verlust an biologischer Vielfalt, selbst dann, wenn die Artenzahlen konstant bleiben oder sogar zunehmen. Denn am Ende dieses Prozesses steht die Normalwiese, der Normwaldrand oder die Standardhecke, die überall in der Schweiz gleich aussehen.

Dies verdeutlicht, dass der Indikator Z12 eine wesentliche Zusatzinformation zur Interpretation der BDM-Kernindikatoren Z7 und Z9 liefert. Steigende Artenzahlen sind positiv, aber nur wenn die Zunahme nicht durch gebietsfremde oder anspruchslose Arten verursacht wird, die sich in vielen verschiedenen Lebensräumen heimisch fühlen. Denn dies birgt die Gefahr der Verdrängung spezialisierter Arten und damit einer Homogenisierung und Verarmung der Landschaften und Lebensräume in der Schweiz. Ein anschauliches Beispiel dafür sind die überall anzutreffenden sattgrünen Fettwiesen, deren Düngung nährstoffliebende Generalisten wie den Löwenzahn bevorteilt, während typische Gefässpflanzenarten blumenreicher Magerwiesen verdrängt werden.

Methodik

Der Indikator «Vielfalt von Artengemeinschaften (Z12)» stützt sich auf die gleichen Daten wie die Indikatoren «Artenvielfalt in Landschaften (Z7)» und «Artenvielfalt in Lebensräumen (Z9)». Zusätzliche Felderhebungen sind nicht notwendig. Der Indikator Z12 wird folgendermassen berechnet:

1. Die Artenliste einer ersten Stichprobenfläche wird paarweise mit jener aller anderen Stichprobenflächen eines Stratum verglichen. Für jeden Vergleich wird der Simpson-Index nach folgender Formel berechnet²⁴:

$$\text{Simpson-Index} = \frac{\text{Minimum}(b, c)}{\text{Minimum}(b, c) + a}$$

Dabei ist **a** die Zahl der Arten, die auf beiden Flächen vorkommen, und **b** respektive **c** ist die Zahl der Arten, die nur auf einer der beiden Flächen vorkommen.

2. Der gleiche Prozess kommt bei der zweiten Stichprobenfläche eines Stratum zur Anwendung. Deren Artenliste wird mit jener der dritten Stichprobenfläche und jenen sämtlicher weiterer Flächen des Stratum verglichen. Der Prozess wird so lange wiederholt, bis für alle möglichen Flächenpaare des Stratum ein Simpson-Index vorliegt.
3. Der Mittelwert aller berechneten Simpson-Indexwerte ausgedrückt in Prozent zwischen 0 und 100 ergibt den Wert des Indikators.

Die Berechnung ist vom Prinzip her zwar einfach, wegen der vielen Vergleiche aber sehr rechenaufwändig. Um die Genauigkeit des Indikatorwertes abzuschätzen, wird mit Hilfe einer Jackknife-Methode ein Vertrauensbereich für den Indikator errechnet.

Wenn sich die Indikatorwerte über die untersuchten Jahre signifikant ändern, wird ein zeitlicher Trend (Zu- oder Abnahme) ausgewiesen.

Beim Indikator Z9 kommt es öfter vor, dass einzelne Funde keiner Art sicher zugeordnet werden können, etwa wenn nur ein Molluskenbruchstück oder bloss der Keimling einer Pflanze gefunden wurde. Diese Nachweise werden trotzdem gezählt, falls sicher ist, dass sie nicht zu einer auf der Stichprobenfläche bereits nachgewiesenen Art gehören. Für die Berechnung von Z12 können solche Zusatzarten dank einer Simulationsberechnung ebenfalls berücksichtigt werden. Dabei wird angenommen, dass die Zusatzarten die gleiche Häufigkeitsverteilung aufweisen wie die nachgewiesenen Arten im berechneten Stratum.

²⁴ Koleff P., Gaston K.J., Lennon J.J. 2003: Measuring beta diversity for presence-absence data. *Journal of Animal Ecology* 72: 367–382.

A3 Massnahmenindikatoren

M1: Fläche der Schutzgebiete

Veränderung der Fläche der rechtskräftig geschützten Naturschutzgebiete von nationaler Bedeutung.

Definition

Mit dem Indikator M1 werden nur Schutzgebiete erfasst, die auf nationaler Ebene rechtlich geschützt, und deren Ziele auf den Schutz der Artenvielfalt ausgerichtet sind.

Die nationalen Biotopinventare, die als Datengrundlage dienen, werden auf wissenschaftlicher Grundlage und nach einheitlicher Methode für die gesamte Schweiz erhoben. Ihre Schutzziele sind auf die Biodiversität ausgerichtet.

Regionale und lokale Schutzgebiete werden von den Kantonen und Gemeinden verwaltet. Ihre Schutzziele variieren und sind ebenso wie ihre Lage nicht immer der Förderung der Biodiversität verpflichtet. Zudem gibt es keine einheitlichen, greifbaren Daten zu diesen Gebieten. Aus diesen Gründen verzichtet das BDM darauf, sie auszuweisen.

Landschaftsschutzgebiete wie zum Beispiel Moorlandschaften werden ebenfalls nicht berücksichtigt, denn auch ihre Schutzziele sind nicht in erster Linie auf die Förderung der Biodiversität ausgerichtet.

Der nationale Schutz seltener und gefährdeter Lebensräume trägt dazu bei, die Lebensgrundlage vieler Tiere und Pflanzen zu erhalten. Eine Zunahme der Schutzgebietsfläche fördert deshalb in aller Regel die Biodiversität und ist somit positiv zu werten. Der Indikator erfasst nationale Schutzgebiete, deren Schutzziele in engem Zusammenhang mit der Biodiversität stehen und für die verwertbare Daten vorliegen. Er dokumentiert die rechtliche Umsetzung des Biotopschutzes, der in den 1980er und besonders in den 1990er Jahren gesetzlich stärker verankert wurde. Mit dem Biotopschutz sollen Lebensräume spezieller Arten gesichert werden.

Bedeutung für die Biodiversität

In der Schweiz ist der Wald, der rund 31 Prozent der Landesfläche ausmacht, in seinem Bestand generell geschützt. Zudem ist die Nutzungsfreiheit dort zugunsten der Nachhaltigkeit eingeschränkt. Weitere Lebensräume wie Ufervegetation und Gewässer sind ebenfalls rechtlich geschützt. Dafür bestehen jedoch keine Bundesinventare. Konsistente Daten sind nicht verfügbar. Ebenso wenig erfasst M1 regionale und lokale Schutzgebiete, da diese mit unterschiedlichen Methoden festgelegt wurden. Zudem sind ihre Lage und die Schutzziele nicht immer in erster Linie auf die Erhaltung der Biodiversität ausgerichtet sind. Die Gesamtfläche der Schutzgebiete der Schweiz ist demnach grösser, als sie hier ausgewiesen wird.

Rechtlicher (*de jure*) Schutz darf jedoch nicht mit tatsächlichem (*de facto*) Schutz gleichgestellt werden. Was der rechtliche Schutz tatsächlich bringt, hängt davon ab, ob die Massnahmen greifen. Die Auenverordnung schreibt zum Beispiel die Förderung der autotypischen einheimischen Pflanzen- und Tierwelt vor. Ob dann autotypische Organismen tatsächlich von den Schutzmassnahmen profitieren, können erst Erfolgskontrollen zeigen (vgl. Indikator M2, Z10 und Z11).

Die Daten, mit denen die Flächenänderungen der Schutzgebiete berechnet werden, stammen aus den Bundesinventaren der Auengebiete, Hochmoore, Flachmoore, Trockenwiesen und -weiden, Amphibienlaichgebiete, Wasser- und Zugvogelreservate, Eidgenössische Jagdbannggebiete und aus den Angaben zum Nationalpark.

Methodik

Die Gesamtfläche der auf nationaler Ebene rechtlich geschützten Gebiete setzt sich aus folgenden Teilflächen zusammen: Flächen der Auen, Hochmoore, Flachmoore, Trockenwiesen und -weiden, der Amphibienlaichgebiete, der Wasser- und Zugvogelreservate, der Eidgenössischen Jagdbannggebiete und des Nationalparks. Flächen, die gleichzeitig durch verschiedene Inventare geschützt sind, werden nur einmal gezählt.

Um die Entwicklung der streng geschützten Gebiete gesondert zu zeigen, wurde zusätzlich die Gesamtfläche ohne die weniger streng geschützten Gebiete (Eidgenössische Jagdbannggebiete sowie Wasser- und Zugvogelreservate) berechnet.

Das Bundesinventar für Amphibienlaichgebiete umfasst ortsfeste Objekte und Wanderobjekte. Die Wanderobjekte entsprechen einem Perimeter, in dessen Rahmen die Laichgewässer verschoben werden können. Geschützt sind nur die Laichgewässer. Für die Berechnung des Indikators wurden deshalb nur diese Flächen als Schutzgebietsfläche angesehen. Es wurde pro Wanderobjekt mit 0,85 Hektar gerechnet. Dies entspricht 10 Prozent des Mittelwertes der 1994 in der Vernehmlassungsversion ausgewiesenen Wanderobjektsflächen; Verordnung über den Schutz der Amphibienlaichgebiete von nationaler Bedeutung, Art. 3 Abs. 1 (SR 451.34).

Die im Bundesinventar der Eidgenössischen Jagdbannggebiete aufgeführten Wildschadenperimeter wurden für die Berechnung vom M1 nicht einbezogen.

Alle Daten werden vom BAFU zur Verfügung gestellt. Die Website des BAFU map.bafu.admin.ch zeigt, wo die Schutzgebiete liegen. Die Zahlen ändern sich jeweils nach dem Erlass eines neuen oder nach der Revision eines bestehenden Inventars.

M2: Fläche der sicheren Schutzgebiete

Mit dem Indikator «Fläche der sicheren Schutzgebiete (M2)» werden die Flächen der Schutzgebiete erfasst, die auf nationaler Ebene durch die Biotopinventare nach Artikel 18a des Natur- und Heimatschutzgesetzes (NHG, SR 451) erfasst und auf kantonaler Ebene rechtlich umgesetzt sind.

Definition

Die nationalen Biotopinventare, die als Datengrundlage dienen, werden mit wissenschaftlichem Fachwissen und nach einheitlicher Methode für die gesamte Schweiz erhoben. Ihre Schutzziele sind auf die Biodiversität ausgerichtet.

Regionale und lokale Schutzgebiete werden von den Kantonen und den Gemeinden verwaltet. Die Schutzziele dieser Gebiete variieren; sie sind nicht immer der Förderung der Biodiversität verpflichtet. Zudem gibt es keine einheitlichen, greifbaren Daten zu diesen Flächen. Aus diesen Gründen wird darauf verzichtet, die regionalen und lokalen Schutzgebiete durch den Indikator zu erfassen.

Ebenso wenig werden Landschaftsschutzgebiete wie zum Beispiel Moorlandschaften berücksichtigt, denn auch ihre Schutzziele sind nicht in erster Linie auf die Förderung der Biodiversität ausgerichtet.

Der Schweizerische Nationalpark (SNP) findet keine Aufnahme im Indikator, da er als Konstante in die Flächenangaben für die Schweiz und die biogeografische Region Östliche Zentralalpen einfließen würde.

Die Ausscheidung von Schutzgebieten ist ein Instrument, welches in die Anfänge des Naturschutzes zurückreicht. Schutzgebiete dienen hauptsächlich oder sogar vollständig dem Naturschutz. Die Natur hat dort Vorrang, was nicht heissen muss, dass zum Beispiel eine landwirtschaftliche Nutzung des Gebietes ausgeschlossen ist. Jede Art von Nutzung muss aber auf die Naturschutzziele des Gebietes ausgerichtet sein.

Bedeutung für die Biodiversität

Im 19. Jahrhundert, also in der Frühzeit des Naturschutzes, wurden Naturschutzgebiete vor allem mit dem Ziel ausgeschieden, einzelne Arten zu schützen. Heute stehen vermehrt Ökosysteme oder Ökosystemkomplexe im Vordergrund der Bemühungen. Diese Tendenz hat sich seit der Revision des Natur- und Heimatschutzgesetzes 1987 verstärkt. Damals wurden die Kompetenzen des Bundes im Biotopschutz gestärkt und die rechtliche Basis für die Biotopinventare gelegt. Die Objekte der Bundesinventare enthalten die im Sinne des jeweiligen Inventars wertvollsten Gebiete. Ihr Schutz ist Voraussetzung dafür, dass die biologische Vielfalt erhalten werden kann. Da sie allerdings relativ klein sind, ist entscheidend, dass sie über Wanderungsachsen oder Trittsteinbiotope mit anderen Gebieten vernetzt sind. Allein und isoliert können sie die biologische Vielfalt nicht erhalten. Je grösser und je vernetzter mit gleichartigen aber auch andersartigen Biotoptypen die Biotope sind, desto wertvoller sind sie.

Allein dadurch, dass Gebiete in einem Bundesinventar auf einer Karte dargestellt werden, ist ihr Schutz noch nicht gewährleistet. Die Objekte in den Bundesinventaren müssen vor Ort wirksam geschützt und unterhalten werden. Dazu müssen die Grundeigentümer verbindlich verpflichtet werden. Der effektive Schutz vor Ort ist Aufgabe der Kantone, welche die Schutzmassnahmen umsetzen oder diese Aufgabe an die Gemeinden delegieren.

Alle Angaben basieren auf einer Umfrage des Bundesamtes für Umwelt BAFU mittels Fragebogen und vorgegebenen Antworten bei den Kantonen im Jahr 2010. Für den Indikator M2 wurden die Rückmeldungen zu den Biotopinventaren des Bundes flächenbezogen für die ganze Schweiz und für die biogeografischen Regionen ausgewertet. Eine Ausnahme bilden Wanderobjekte des Amphibienlaichgebiete-Inventars, für die keine Flächen sondern nur Punkte vorliegen. Folglich beziehen sich die Anteilsangaben dort auf die Zahl der Objekte der entsprechenden Grundgesamtheit.

Methodik

Für die Auswertung wurden folgende Fragen und möglichen Antworten verwendet:

> *Schutzstatus*

Die Hauptfrage ist, ob das Objekt grundeigentümergebunden geschützt ist. Mögliche Antworten:

- Keine Angaben
- Schutzzone aufgrund kommunaler Nutzungsplanung
- Kantonales Naturschutzgebiet
- Landwirtschaftszone mit biotopspezifischen Nutzungsaufgaben
- Anderes
- Kein grundeigentümergebundener Schutz

> *Pflege/Unterhalt*

Die Sicherung der Qualität eines Objektes ist zentral und bedingt entsprechende Regelungen zur Pflege und zum Unterhalt. Mögliche Antworten:

- Keine Angaben
- Vertragsfläche
- Forstliche Planung
- Schutz-, Unterhalts-, Pflege-, Massnahmenplanung
- Anderes
- Pflege, bzw. Unterhalt nicht sichergestellt

> *Objekt umgesetzt*

Umgesetzt heisst, dass die genaue Abgrenzung des Objektes erfolgt ist, sowie Schutz- und Unterhaltmassnahmen geregelt sind. Mögliche Antworten:

- Keine Angaben
- Ja
- Nein

> *Aufwertung nötig*

Die Qualität der Biotope von nationaler Bedeutung genügt zwar oft zur Aufnahme in das entsprechende Bundesinventar – häufig sind sie jedoch beeinträchtigt. Die gesetzlichen Regelungen geben vor, dass bestehende Beeinträchtigungen bei jeder sich bietenden Gelegenheit soweit als möglich rückgängig gemacht werden sollen. Dazu gehört auch die Regeneration gestörter Bereiche. Mögliche Antworten:

- Keine Angaben
- Ja, Aufwertungen sind im Gang
- Ja, Aufwertungen sind in Planung
- Ja, Aufwertungen sind nötig aber noch nicht geplant
- Nein, Aufwertungen sind nicht nötig
- Nein, Aufwertungen sind abgeschlossen

Sämtliche Daten werden vom BAFU oder dessen Beauftragten zur Verfügung gestellt.

M3: Gefährdete Arten in Schutzgebieten

Naturschutzgebiete nützen aus Sicht des Artenschutzes am meisten, wenn sie viele bedrohte Pflanzen und Tiere beherbergen. Der Indikator zeigt, ob gefährdete Arten von Schutzgebieten profitieren.

Dieser Indikator bietet deshalb eine direkte Verknüpfung von Arten- und Biotopschutz. Allerdings können Veränderungen dieses Indikators nicht eindeutig bewertet werden,

da mehrere Prozesse von unterschiedlicher Bedeutung dafür verantwortlich sein können: Veränderungen der Gefährdung einzelner Arten, Flächenveränderung der Schutzgebiete, Bestandsveränderungen der bedrohten Arten. Hohe Werte von M3 können je nach zugrunde liegenden Prozessen positiv oder negativ sein.

Für den Indikator M3 sind noch keine Daten verfügbar.

M4: Ökologische Ausgleichsfläche

Veränderung der Summe aller Flächen, die zur Erhaltung und Förderung der Arten- und Lebensraumvielfalt in der Landwirtschaft beitragen sollen, und deren entsprechende Nutzung vertraglich gesichert ist, für die Schweiz insgesamt sowie gesondert nach Typen und Kantonen.

Definition

Grundlage bildet die Verordnung über die Direktzahlungen an die Landwirtschaft vom 7. Dezember 1998 (Direktzahlungsverordnung, SR 910.13).

Die ökologischen Ausgleichsflächen sollen, ergänzend zu Naturschutzflächen, Pflanzen und Tieren Lebensräume im Landwirtschaftsgebiet bieten. Dadurch soll die natürliche Artenvielfalt gefördert, weitere Artenverluste vermieden, und die Wiederausbreitung bedrohter Arten ermöglicht werden. Eine Zunahme der Ausgleichsflächen sollte deshalb die Biodiversität fördern.

Bedeutung für die Biodiversität

Der Indikator M4 zeigt, dass die ökologischen Ausgleichsflächen gemäss Direktzahlungsverordnung seit ihrer Einführung 1993 bis ins Jahr 2002 zunahmen. Seit dem Jahr 2002 stagniert die Gesamtfläche bei rund 121 000 Hektaren. Im Vergleich zu intensiv bewirtschafteten Flächen ist die Artenvielfalt auf ökologischen Ausgleichsflächen höher, wie die Agroscope FAL Reckenholz in zwei Fallstudien gezeigt hat.²⁵ Zudem leben auf solchen Flächen mehr anspruchsvolle und spezialisierte Arten. Eine höhere Qualität der ökologischen Ausgleichsflächen wäre jedoch wünschenswert, denn gemessen am Qualitätsmassstab der Öko-Qualitätsverordnung (ÖQV) sind im Mittelland 72 Prozent der *extensiv genutzten Wiesen* und 89 Prozent der *wenig intensiv genutzten Wiesen* qualitativ ungenügend. In den Bergen sieht es besser aus: Dort erfüllen die genannten Wiesentypen in den meisten Fällen die Anforderungen der ÖQV, sind also von guter Qualität, was wiederum für die biologische Vielfalt vorteilhaft ist.

Wie wichtig die Qualität der Flächen ist, untermauern Untersuchungen der Schweizerischen Vogelwarte Sempach.²⁶ In stark aufgewerteten Gebieten mit ökologischen Ausgleichsflächen von guter Qualität nahmen die Bestände der Brutvögel schon nach kurzer Zeit zu. Der Swiss Bird Index zeigt, dass die Vögel des Kulturlandes zwischen 1990 und 2003 besonders häufig abgenommen haben.²⁷ Einzelne Arten, wie das potenziell gefährdete Schwarzkehlchen (*Saxicola torquatus*) nahmen hingegen zu (siehe BDM Indikator Z6), unter anderem wegen der zunehmenden Zahl an Buntbrachen.

²⁵ Herzog F., Walter T. (eds.) 2005: Evaluation der Ökomassnahmen Bereich Biodiversität. Schriftenreihe FAL 56. 208 S.

²⁶ Kohli L., Spiess M., Herzog F., Birrer S. 2004: Auswirkungen ökologischer Ausgleichsflächen auf typische Kulturlandvögel und ihre Lebensräume. Sempach, Schweizerische Vogelwarte. 84 S.

²⁷ Zbinden N., Schmid H., Kéry M., Keller V. 2005: Swiss Bird Index SBI. Artweise und kombinierte Indices für die Beurteilung der Bestandsentwicklung von Brutvogelarten und Artengruppen in der Schweiz 1990–2003. Sempach, Schweizerische Vogelwarte. 44 S.

Der ökologische Ausgleich trägt auch dazu bei, ökologisch wertvolle Lebensräume zu erhalten, die für die landwirtschaftliche Produktion nicht mehr rentabel sind. Dank der Direktzahlungen werden in der Bergregion auch wenig produktive, abgelegene Flächen bewirtschaftet, was der Verwaldung entgegen wirkt, die zum Beispiel lichtbedürftigen Arten den Lebensraum entzieht. In anderen Gebieten können derweil naturnahe und für die Artenvielfalt wertvolle Lebensräume wie zum Beispiel Hochstammobstgärten oder Streuwiesen erhalten werden. Die ökologischen Ausgleichsflächen wirken sich zusammen mit anderen Massnahmen des Ökologischen Leistungsnachweises zudem positiv auf die Artenvielfalt in den Gewässern aus, da auf ökologischen Ausgleichsflächen nicht oder kaum gedüngt wird, was die Belastung von Grund- und Oberflächen-gewässern (BDM Indikator E13) senkt.

Das Potenzial der ökologischen Ausgleichsflächen zur Förderung der Biodiversität ist bei weitem noch nicht ausgeschöpft. Um die Wiederausbreitung bedrohter Arten zu ermöglichen und Artenverluste zu verhindern, müssen die Anstrengungen weiter geführt und zusätzliche Massnahmen umgesetzt werden.

Das Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) und das Bundesamt für Statistik (BFS) erheben zusammen die Daten der landwirtschaftlichen Betriebe. Teil davon sind die Angaben zum ökologischen Ausgleich. Die Auswertungen der Bundesämter stützen sich auf standardisierte Fragebogen, welche die Bewirtschafterinnen und Bewirtschafter ausfüllen müssen. Ihre Angaben, die sich auf den Stichtag Anfang Mai beziehen, werden von Bund und Kantonen überprüft und in der zentralen Datenbank des BLW verwaltet.

Methodik

M5: Biologisch bewirtschaftete Fläche

Veränderung der biologisch bewirtschafteten Fläche für die Schweiz insgesamt sowie gesondert nach Kantonen.

Definition

Berücksichtigt werden alle Flächen, für die gemäss der Verordnung über die Direktzahlungen an die Landwirtschaft vom 7. Dezember 1998 (SR 910.13) (Direktzahlungsverordnung) jährlich Bundesgelder fliessen. Betriebe, die solche Gelder erhalten, erfüllen die Kriterien der Verordnung vom 22. September 1997 über die biologische Landwirtschaft und die Kennzeichnung biologisch produzierter Erzeugnisse und Lebensmittel (Bio-Verordnung) (SR 910.18). Sie verlangt, dass Bio-Betriebe die natürlichen Kreisläufe und Prozesse berücksichtigen; den Einsatz chemisch-synthetischer Hilfsstoffe und Zutaten vermeiden; davon absehen, gentechnisch veränderte Organismen und deren Folgeprodukte einzusetzen, ausser für veterinärmedizinische Zwecke; es unterlassen, ihre Erzeugnisse mit ionisierenden Strahlen zu behandeln, oder bestrahlte Produkte zu verwenden; die Zahl der Nutztiere an die für das Verwenden von Hofdünger geeignete, eigene oder gepachtete landwirtschaftliche Nutzfläche anpassen; Nutztiere während ihrer gesamten Lebensdauer nach den Anforderungen der Bio-Verordnung halten und mit Futter füttern, das gemäss dieser Verordnung erzeugt worden ist.

Bedeutung für die Biodiversität

Durch die Beseitigung von naturnahen Lebensräumen und der Intensivierung der Landwirtschaft ging die Artenvielfalt im Landwirtschaftsgebiet in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts enorm zurück. Es ist ein wichtiges Ziel des Biolandbaus, diese negative Entwicklung zu bremsen.

Der biologische Landbau produziert so weit als möglich in geschlossenen Kreisläufen mit umweltverträglichen Methoden. Chemisch-synthetische Dünger und Pflanzenschutzmittel sind verboten. Eine Zunahme des Biolandbaus ist deshalb für die Biodiversität vorteilhaft. Dies zeigt sich daran, dass biologisch bewirtschaftete Flächen in der Regel eine grössere Vielfalt an Pflanzen, Kleintieren und Vögeln beherbergen als konventionell bewirtschaftete Flächen. In einem langjährigen Versuch mit unterschiedlich bewirtschafteten Parzellen konnte das Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL nachweisen, dass auf biologisch bewirtschafteten Böden mehr Pflanzen- und Kleintierarten vorkommen.²⁸ Zudem sind dort die Bodenkrümel stabiler, und es gibt mehr mikrobielle Biomasse und Regenwürmer im Boden. Auf Bioflächen stehen die Kulturpflanzen weniger dicht. Dadurch erreicht mehr Licht den Boden, was sich günstig auf das Mikroklima auswirkt, das wichtig ist für die Artenvielfalt.

Auch umliegende Gewässer profitieren vom Bio-Landbau. Sie werden nicht mit chemisch-synthetischen Düngern und Pflanzenschutzmitteln belastet (vergleiche Indikator «Wasserqualität (E13)»). Im Sinne möglichst geschlossener Kreisläufe sind zudem die Viehbestände der Grösse der Biobetriebe angepasst. Dies bedeutet, dass Bio-Bauern ihr Land nicht übermässig düngen und so weniger Nährstoffe in die Gewässer gelangen.

Bio-Landwirte engagieren sich überdurchschnittlich für die Erhaltung der genetischen Vielfalt. Es sind vornehmlich sie, die für die Organisation Pro Specie Rara alte Gemüse- und Obstsorten anpflanzen oder traditionelle Tierrassen halten (vergleiche die Indikatoren «Anzahl Nutzrassen und -sorten (Z1)» und «Anteil der Nutzrassen und -sorten (Z2)»).

Die meisten Vergleichsstudien zu Bio-Landbau und konventionellen Bewirtschaftungsmethoden wurden in Ackerbaugebieten durchgeführt. Die positive Wirkung des biologischen Landbaus auf die Artenvielfalt im Grünland und in höheren Lagen ist daher eher schlecht belegt. Genau dort liegen jedoch in der Schweiz die meisten biologisch bewirtschafteten Flächen. Wie viel der Bio-Landbau tatsächlich bewirkt, hängt ausserdem stark von Standort, Klima, Kulturpflanzen und den vorherrschenden Bewirtschaftungsmethoden ab. Wie stark die Biodiversität vom biologischen Landbau profitiert, kann deshalb nicht direkt aus dem Indikator M5 abgeleitet werden.

Methodik

Das Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) und das Bundesamt für Statistik (BfS) erheben gemeinsam die Daten der landwirtschaftlichen Betriebe. Ein Teil davon betrifft die biologisch bewirtschaftete Fläche. Die Auswertungen der Bundesämter stützen sich auf standardisierte Fragebogen, welche die Bewirtschafterinnen und Bewirtschafter ausfüllen müssen. Ihre Angaben, die sich jeweils auf einen Stichtag Anfang Mai beziehen, werden von Bund und Kantonen überprüft und in der zentralen Datenbank des BLW verwaltet.

²⁸ Mäder P., Fliessbach A., Dubois D., Gunst L., Fried P., Niggli U. 2002: Soil Fertility and Biodiversity in Organic Farming. *Science* 296:1694–1697.

M7: Finanzen für Natur- und Landschaftsschutz

Veränderung der Geldsummen, die Bund, Kantone und Gemeinden für den Natur- und Landschaftsschutz ausgeben. Zu diesen Geldsummen zählen alle Ausgaben, die in der Staatsrechnung von Bund, Kantonen und Gemeinden im Aufgabengebiet «Arten- und Landschaftsschutz» erscheinen. Zusätzlich führt der Indikator naturschutzrelevante Bundesausgaben auf, welche die Staatsrechnung unter anderen Aufgabengebieten führt. Alle hier genannten naturschutzrelevanten Ausgaben, werden auch in der Klassifikation der Umweltschutzaktivitäten und -ausgaben (CEPA 2000) als solche bezeichnet.

Definition

Die Höhe der Naturschutzausgaben zeigt indirekt, wie sehr sich unser Land um seine Natur kümmert und welchen Stellenwert der Naturschutz und damit die Biodiversität in der Politik geniessen. In wirtschaftlich schlechten Zeiten wird im Naturschutz oft gespart.

Bedeutung für die Biodiversität

Der Anteil der Naturschutzausgaben an den Gesamtausgaben der öffentlichen Hand blieb in den letzten Jahren relativ stabil, nachdem er in den 1990er Jahren noch angestiegen war. In der Regel schaffen mehr Mittel bessere Voraussetzungen für den Naturschutz.

Die weit verbreitete Annahme «Naturschutz kostet nicht viel Geld» trifft vor allem im kleinen Rahmen zu. Wenn ein Förster zum Beispiel Totholz liegen lässt, entfällt der Aufwand für das Wegräumen, und die Natur gewinnt einen wichtigen Lebensraum. Im grösseren Zusammenhang können jedoch hohe Kosten entstehen. Das Unterlassen der Land- oder Wassernutzung führt beispielsweise zu Produktionseinbussen, die finanziell entschädigt werden müssen. Schutzgebiete sind nur dann wirksam, wenn sie unterhalten werden. Die Biodiversität in der Schweiz zu bewahren und zu fördern, kostet deshalb Geld.

Der Indikator M7 erfasst nicht alle Gelder, welche die öffentliche Hand für den Natur- und Landschaftsschutz ausgibt. Er weist zwar alle Ausgaben aus, welche die Finanzämter des Bundes, der Kantone und der Gemeinden als «Naturschutzausgaben» erfassen. Es gibt jedoch weitere naturschutzrelevante Ausgaben, die nicht als Naturschutzausgaben verbucht werden. Grünbrücken beispielsweise werden mit Strassenbaugeldern finanziert. Für den Vergleich der Naturschutzausgaben über die Jahre sind die Zahlen aber aussagekräftig.

Die Eidgenössische Finanzverwaltung erstellt jährlich eine Staatsrechnung für Bund, Kantone und Gemeinden. Als Datengrundlage dienen ihr dabei Angaben der Finanzstellen aus den Bundesämtern, den Kantonen und Gemeinden. Diese verbuchen ihre Ausgaben nach Aufgabengebieten gemäss einem vorgegebenen Einteilungssystem. Kosten für Biotope, den Landschaftsschutz, den Nationalpark und Schutzreservate gehören zum Aufgabengebiet «Arten- und Landschaftsschutz» (ehemals «Naturschutz»). Die Daten wurden mit der Revision der Finanzstatistik ab dem Referenzjahr 2008 rückwirkend korrigiert.

Methodik

> Verzeichnisse

Abbildungen

Abb. 1	
Aufnahmefläche zur Erhebung von Z9	27
Abb. 2	
Transekt zur Erhebung von Z7-Pflanzen und Tagfalter	33
Abb. 3	
Vielfalt der Artengemeinschaften quantitativ erfasst	36
Abb. 4	
Stichprobennetz für Z7	42
Abb. 5	
Stichprobennetz für Z9 (Gefässpflanzen, Moose und Mollusken)	42
Abb. 6	
Stichprobennetz für Z9 (Gewässerinsekten)	43
Abb. 7	
Schema zur zeitlichen Staffelung der Rohdatenerhebungen für Z7 und Z9	44
Abb. 8	
Verschiedene Bodennutzungsmuster	55

Tabellen

Tab. 1	
Thematische Gruppierung der Indikatoren gemäss PSR-Raster	12
Tab. 2	
Übersicht über die Indikatoren des BDM	13
Tab. 3	
Die drei räumlichen/funktionalen Ebenen der Artenvielfalt	15
Tab. 4	
Berücksichtigung verschiedener Artengruppen bei der Berechnung von Z3	21
Tab. 5	
Artengruppen mit weltweit gefährdeten Arten, die derzeit bei der Berechnung von Z4 berücksichtigt werden	23
Tab. 6	
Verteilung der terrestrischen Probestellen auf die Auswertungseinheiten von Z9	26
Tab. 7	
Artengruppen, die aktuell in Z9 oder Z7 (siehe Kapitel 3.3) berücksichtigt werden	30
Tab. 8	
Klassierung der Stoffkonzentrationen gemäss Modul-Stufen-Konzept Chemie	69