



BERICHT

Stichprobendesign des Biodiversitäts-Monitorings Schweiz (BDM)

Dieser Bericht vermittelt eine Übersicht über das Stichprobendesign des Biodiversitäts-Monitorings Schweiz (BDM) und richtet sich Fachleute aus dem Bereich Monitoring. Im Speziellen wird das Stichprobendesign der Kernindikatoren «Artenvielfalt in Landschaften (Z7)» und «Artenvielfalt in Lebensräumen (Z9)» erläutert. Der Bericht zeigt auf, warum welche Methodenansätze für das Stichprobendesign des BDM verfolgt wurden. Er liefert keine detaillierten technischen Informationen oder Methodenbeschreibungen. Ausführliche Beschreibungen zu den statistischen Berechnungen, den vorgenommenen methodischen Abklärungen, zur Wahl der Indikatoren sowie Anleitungen zu den Felderhebungen liegen in Form von Technischen Berichten und Handbüchern vor.

Die Ausführungen befassen sich hauptsächlich mit den Indikatoren Z7 und Z9. Zudem enthält dieser Bericht Informationen zum Stichprobendesign des Indikators «Artenvielfalt in den Schweizer Gewässern (Z9-EPT)». Die Berechnungen der übrigen Indikatoren des BDM basieren entweder auf diesen Kernindikatoren oder die Daten werden aus etablierten Programmen Dritter übernommen.

Im ersten Teil des Berichtes werden, ausgehend von den Zielen und Rahmenbedingungen des BDM, die Anforderungen an das Stichprobendesign konkretisiert. Im zweiten Teil werden die Grundzüge des Stichprobendesigns erläutert. Es folgen die jeweiligen Designs der Stichproben der Indikatoren Z7, Z9 und Z9-EPT. Der letzte Teil zeigt beispielhaft, wie neue Indikatoren definiert werden können, die auf Daten des BDM basieren und wie sich das BDM-Schweiz kantonal verdichten lässt.

Inhalt

Ausgangslage.....	3
Was ist das Biodiversitätsmonitoring Schweiz (BDM)?	3
Welche Anforderungen erfüllt das gewählte Stichprobendesign?	3
Grundzüge des gewählten Stichprobendesigns	4
Warum beruht das BDM auf einem Stichprobenansatz?	4
Mit welchen Programmen ist das BDM kompatibel?	4
Räumliche Auflösung	5
Warum wurde ein systematisches Stichprobenetz gewählt?	5
Prä- oder Poststratifizierung?	5
Welche Auswertungseinheiten gibt es im BDM?	6
Wie wurde die Stichprobengrösse festgelegt?	6
Wie wurde die Lage des Z7-/ Z9 – Stichprobenetz bestimmt?	7
Wie gut repräsentiert die BDM-Stichprobe Regionen und Lebensräume?	8
Zeitliche Auflösung	8
Wie werden die Indikatoren Z7 und Z9 berechnet?	10
Das Design der Stichprobe für den Indikator Z7	10
Kurzbeschreibung	10
Realisierte Aussageschärfe	11
Das Design der Stichprobe für den Indikator Z9	13
Kurzbeschreibung	13
Realisierte Aussageschärfe	14
Das Design der Stichprobe für den Indikator Z9-EPT	16
Kurzbeschreibung	16
Realisierte Aussageschärfe	18
Flexibilität für zukünftige Auswertungen	18
Indikator Z8 «Bestand häufiger Arten»	18
Indikator Z12 «Vielfalt von Artengemeinschaften»	18
Kantonale Ergänzungen	19
LANAG-Überwachungsprogramm	19
Kantonale Verdichtung Thurgau	20
Literatur	20

Ausgangslage

Das Biodiversitätsmonitoring Schweiz (BDM) zeigt auf, wie sich die Biodiversität in der Schweiz über die Zeit verändert. Basierend auf den Zielen und Rahmenbedingungen des BDM ergeben sich vielfältige Anforderungen an das Stichprobendesign.

Was ist das Biodiversitätsmonitoring Schweiz (BDM)?

Das BDM ist ein langfristig angelegtes Monitoringprogramm des BAFU, welches aufzeigt, wie sich die Biodiversität in der Schweiz verändert. Mit dem BDM kommt die Schweiz der Forderung von Artikel 7 der Biodiversitätskonvention von Rio nach, welche verlangt, dass die Vertragsparteien die Biodiversität in ihren Ländern überwachen.

Das BDM erfasst die Biodiversität der Schweiz in Kennzahlen, den so genannten «Indikatoren», die einen Teil der biologischen Vielfalt ausdrücken. Insgesamt umfasst das BDM 34 Indikatoren. Einige dieser Indikatoren bilden den Zustand der Biodiversität ab (Zustandsindikatoren). Andere beschreiben Faktoren, welche die Biodiversität beeinflussen können (Einflussindikatoren) und eine dritte Gruppe zeigt, welche Massnahmen zum Schutze der Biodiversität ergriffen werden (Massnahmenindikatoren). Die BDM-Daten können dadurch Hinweise auf Zusammenhänge zwischen Zustand, Ursachen und Massnahmen liefern, die dann zielgerichtet weiter analysiert werden können.

Das BDM erhebt seit 2001 eigene Felddaten zu den zwei Kernindikatoren «Artenvielfalt in Landschaften (Z7)» und «Artenvielfalt in Lebensräumen (Z9)». Die Indikatoren Z7 und Z9 zeigen graduelle Veränderungen der Artenvielfalt auf. Hierzu wurde eine standardisierte Stichprobenerhebung etabliert, mit Messpunkten und – flächen, die über die ganze Schweiz verteilt sind. Sie ermöglicht, Aussagen über die Artenvielfalt in verschiedenen Regionen (Z7) und Lebensräumen (Z9) zu machen. Berücksichtigt werden die Organismengruppen Gefässpflanzen (Z7, Z9), Tagfalter (Z7, erst ab 2003), Vögel (Z7), Moose (Z9) und Mollusken (Z9). Seit 2010 laufen Erhebungen für den Indikator «Z9-EPT» für Gewässerinvertebraten.

Details zum Erhebungskonzept und zur Methode des BDM sind im Internet abrufbar (www.biodiversitymonitoring.ch/deutsch/konzept/) oder können folgenden Publikationen entnommen werden: Hintermann et al. 2002, Weber et al. 2004.

Welche Anforderungen erfüllt das gewählte Stichprobendesign?

- Gute Kompatibilität mit Programmen im In- und Ausland: Das BDM ist kompatibel mit bereits laufenden Monitoring-Programmen in der Schweiz. Soweit als möglich soll sich das BDM internationalen und ausländischen Programmen gleicher Zielsetzung anpassen.
- Hohe Repräsentativität und Reproduzierbarkeit der Aussagen: Das BDM soll statistisch gültige, nachvollziehbare und mit anderen Gebieten vergleichbare Resultate bringen.
- Differenzierte Auswertungsmöglichkeiten: In einem nationalen Monitoring werden primär Aussagen gemacht, welche die ganze Schweiz betreffen. Daneben sind aber auch Aussagen zu kleineren Raumeinheiten erwünscht.
- Präzises und frühzeitiges Erkennen von Bestandstrends: Das BDM soll auch relativ geringe Veränderungen der Biodiversität mit hoher statistischer Wahrscheinlichkeit erkennen und eine Früherkennung ermöglichen.
- Flexibilität für zukünftige Auswertungen: Es muss möglich sein, die einmal erhobenen Daten auch für neue, heute noch unbekannte Fragestellungen zu verwenden.
- Geringe Kosten: Mit den verfügbaren Mitteln muss ein Projekt realisiert werden, das sich auf das Wesentliche konzentriert und machbar ist.

- Langfristigkeit: Das BDM ist ein langfristig angelegtes Monitoring-Programm.

Grundzüge des gewählten Stichprobendesigns

Warum beruht das BDM auf einem Stichprobenansatz?

Um repräsentative Aussagen für die Schweiz zu erhalten, werden die Daten auf Probeflächen erhoben, welche auf einem regelmässigen Stichprobennetz mit zufälligem Ursprung liegen.

Um repräsentative Aussagen zur Veränderung verbreiteter und häufiger Arten in der Schweiz zu erhalten werden im BDM die Daten mittels einer **gesamtschweizerischen Stichprobenerhebungen** erhoben. Die Stichprobenflächen liegen auf einem regelmässigen Stichprobennetz mit zufälligem Ursprung.

Die Erhebungsmethoden sind so ausgelegt, dass die mittlere Artenzahl einer Organismengruppe auf einem fixen Messpunkt/-fläche ermittelt und in regelmässigen Zeitintervallen immer wieder erhoben wird (verbundene Messwerte). Die Daten dieser Messpunkte sind ein Teil der Stichprobe einer Auswertungseinheit (Stratum, z. B. Nutzungstyp Wald) und können nur zusammen mit den Aufnahmen weiterer Messpunkte derselben Auswertungseinheit interpretiert werden. Unter Berücksichtigung einer minimalen Anzahl von Messungen werden so verlässliche und für die ganze Auswertungseinheit gültige Entwicklungen für einzelne Organismengruppen pro Lebensräume oder biogeografische Räume erhalten.

Die Erhebungsmethode ist hingegen nicht explizit darauf ausgelegt, anhand eines einzelnen Messpunktes die Biodiversität seiner näheren Umgebung darzustellen.

Mit welchen Programmen ist das BDM kompatibel?

Die Stichprobennetze für Z7 und Z9 sind kompatibel mit bereits laufenden Monitoring-Programmen in der Schweiz. Die Methode des BDM ist abgestimmt mit internationalen und ausländischen Programmen und die Resultate fliessen in europäische Biodiversitäts-Indikatoren ein.

Um die Synergien bei Datenerhebungen für weiterführende Auswertungen zu nutzen, ist das BDM an bestehende Programme anzupassen. Eine Anpassung ist aber nur in dem statistisch zulässigen Rahmen möglich, der durch die Anforderungen an die Aussagen des BDM vorgegeben wird. Aus diesem Grund ist prinzipiell nur eine Übereinstimmung mit systematischen Erhebungsnetzen möglich. Dadurch werden alle nationalen und kantonalen Beobachtungsnetze ausgeschlossen, die nach unterschiedlichen Kriterien über die Schweiz verteilte Probeflächen ausweisen. Dank dem Konzept der Poststratifizierung (vgl. unten) sind für Auswertungseinheiten (Straten) von ausreichender Grösse aber immer noch kombinierte Aussagen möglich (bspw. über das Mittelland, Hochalpen, etc.).

Das BDM ist kompatibel mit den folgenden Programmen in der Schweiz:

- Landesforstinventar (WSL): Das Netz des LFI beruht auf den Schnittpunkten der Kilometerlinien des kartesischen Koordinatennetzes der Landestopographie. Das LFI 1 nutzte alle Schnittpunkte, die Erhebungen beim LFI 2 beschränkten sich auf die Hälfte (nur Schnittpunkte zwischen geraden und ungeraden Koordinatenzahlen).
- Arealstatistik (BFS): Grundlage ist ein über die ganze Schweiz gelegtes 100 m-Raster. Die Aussagen beziehen sich auf einen Punkt oder eine Referenzfläche von 25 Aren. Das Netz orientiert sich am Landeskoordinatensystem.

- LANAG (Departement Bau, Verkehr, Umwelt Kanton Aargau): Die «Langfristüberwachung der Normallandschaft im Kanton Aargau LANAG» verwendet für die Erhebung von Z9 einen auf dem LFI 2-Netz basierenden Stichprobenplan.
- Biodiversitätsmonitoring Thurgau (Amt für Raumplanung Thurgau): Seit 2009 erfolgen im Kanton Thurgau Felderhebungen auf einem verdichteten BDM-Netz (Z7-Quadratkilometerflächen).

Das BDM ist kompatibel mit den folgenden internationalen und ausländischen Programmen:

- Die Methode für die Tagfaltererhebungen ist auf die Überwachungsprogramme in anderen Ländern (v.a. Grossbritannien, Niederlande) abgestimmt.
- Die Resultate des BDM fliessen in europäische Biodiversitäts-Indikatoren ein.

Räumliche Auflösung

Die Stichprobe des BDM wurde stratifiziert. Hierzu wurde über die gesamte Schweiz ein einheitlich-systematisches Netz von Aufnahmeflächen gelegt, ausgehend von einem zufällig gewählten Ausgangspunkt. Dort, wo im Vorfeld ersichtlich war, dass die mit diesem Grundnetz zu erzielende Präzision keine detaillierten Aussagen zu einem vordefinierten Stratum zulässt, wurden ergänzende Stichproben eingefügt (Verdichtung). Die Netzdichten wurden basierend auf einem bestmöglichen Kompromiss zwischen Aussageschärfe (gemessen als Erkennbarkeit der Veränderung des mittleren Artenreichtums der jeweiligen Organismengruppen) und den Erhebungskosten ermittelt.

Warum wurde ein systematisches Stichprobennetz gewählt?

In Anlehnung an bereits bestehende Erhebungsprogramme (insbesondere Landesforstinventar LFI) wurde für das BDM ein **systematisches Stichprobennetz** gewählt. Da der Netzzursprung zufällig gewählt worden ist, können die damit gewonnenen Daten statistisch vergleichbar behandelt werden wie zufällig gezogene Stichproben. Gegenüber **zufällig verteilten Stichproben** hat das systematische Netz von Messpunkten den Vorteil, dass die regionalen Teilstichprobengrössen proportional zur Fläche der Regionen sind, immer unabhängig davon, wie diese allenfalls später neu abgegrenzt werden. Ausserdem erhalten die Messpunkte so eine maximale Entfernung, wodurch die bestmögliche Unabhängigkeit der Einzelmessungen garantiert ist.

Falls **regionale Verdichtungen** des Stichprobennetzes notwendig oder gewünscht werden (z. B. Vervielfachung der Aufnahmezahl, um kantonale Aussagen zu gewinnen wie z.B. im Biodiversitätsmonitoring Thurgau), sind diese bei einem systematischen Netz am einfachsten einzubringen.

Eine systematische Stichprobe hat zur Folge, dass auch Flächen bezeichnet werden, die entweder technisch nicht zu bearbeiten sind (das BDM schliesst Flächen aus, die im vollen Umfang auf Gletschern, Seen oder unzugänglichem Gelände wie Felspartien liegen) oder bei denen zum Vorherein feststeht, dass keine Arten gefunden werden (z. B. versiegelte Flächen in Siedlungen für Z9 Gefässpflanzen). Diese werden im Feld nicht bearbeitet und bei der Auswertung als **Abbrüche** für ersteren Fall und **Nuller** (Artenzahl=0) für den zweiten Fall berücksichtigt (Tabelle 1). Der tatsächliche Stichprobenumfang ist daher stets kleiner als die Grundgesamtheit der Stichprobe. Zudem hat dies zur Konsequenz, dass das BDM z.B. nur Aussagen über die Schweiz ohne Gletscher, Seen oder Felspartien machen kann.

Prä- oder Poststratifizierung?

Die Dauerbeobachtung erfasst die zeitliche Entwicklung eines Objektes oder einer Artengruppe. Infolge fortschreitender wissenschaftlicher Erkenntnisse werden sich die Vorstellungen über die notwendigen Datenanalysen verändern. Auch vorgegebene Auswertungseinheiten (Straten) können sich je nach Landschaftsveränderung im Laufe der Zeit ändern. Aus diesem Grund erfolgt die Datenerhebung auf einem einheitlich-systematischen Stichprobennetz, welches bei ausreichender Dichte das nachträgliche Bilden von Auswertungseinheiten erlaubt (**Poststratifizierung**). Solche nachträglich gebildete Auswertungseinheiten sind meistens flächenproportional zur Stichprobe. Dies bietet Flexibilität beim Auftauchen neuer Fragen. Es wird aber

auch bewusst in Kauf genommen, dass für die Beantwortung von jetzt definierten Fragen unter Umständen zu grosse Stichproben bearbeitet werden.

Im Gegensatz dazu wären **Prästratifizierungen** beispielsweise bei gezielten Erfolgskontrollen mit analytischen Fragestellungen angezeigt. In diesem Fall wird die Datenerhebung auf die Auswertungseinheiten hin optimiert. Dies hat den Vorteil, dass nur gerade so viele Proben bearbeitet werden, wie für die beabsichtigte Aussage unbedingt notwendig sind. Die Flexibilität zum nachträglichen Bilden von Auswertungseinheiten geht aber verloren (stratified-random-sampling vs. design-based-approach, vgl. Stevens, 1994).

Welche Auswertungseinheiten gibt es im BDM?

In erster Linie soll das BDM Aussagen zur Veränderung der Biodiversität in der Schweiz als Ganzes machen. Zusätzlich zu gesamtschweizerischen Aussagen werden aber auch Erkenntnisse zu einzelnen Regionen angestrebt. Heute etablierte Auswertungseinheiten sind Biogeographische Regionen, «hohe Lagen», Höhenstufen und Lebensräume (Nutzungstypen).

- Die Definitionen der **biogeographischen Regionen** richten sich nach Gonseth et al. (2001), wobei die östlichen und westlichen Zentralalpen zur Berechnung der Indikatoren Z7 und Z9 (und für die Indikatoren, die auf diesen basieren) als «Zentralalpen» zusammengefasst wurden (Tabelle 2).
- Die **«hohen Lagen»** gehen auf eine Definition des Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen der Schweiz (Welten & Sutter, 1982) zurück und umschreiben als «Bergflächen» alle Flächen über der Waldgrenze. Diese entsprechen in den Alpen ziemlich genau den Wärmestufen 1 - 3 gemäss Wärmegliederung der Schweiz und sind damit kompatibel mit der Definition der «alpinen» Stufe für Z9 (= Wärmestufen 1 - 3).
- Die Abgrenzungen der **Lebensräume** ergeben sich aus den Angaben der Feldmitarbeitenden bzw. der Anleitung für die Kartierung der Nutzungstypen (Tabelle 3). Die Definitionen richten sich nach einem eigenen Schlüssel, der sich stark an den Kriterienkatalog der Arealstatistik der Schweiz (Bundesamt für Statistik, 1992) anlehnt und mit den europäischen Anforderungen von CORINE Land Cover (EC DG Environment, 1993) kompatibel ist.
- Die Z9 Daten werden für Wälder und Wiesen/Weiden zusätzlich nach **Höhenstufen** unterschieden (Tabelle 4). Die Höhenstufen sind aufgrund der Wärmegliederung nach Schreiber (1997) definiert.

Diese Auswertungseinheiten können in der Zukunft für spezielle Fragestellungen neu definiert werden.

Für Landschafts- und Lebensraumtypen mit geringem Flächenanteil in der Schweiz können keine aussagekräftigen Auswertungen vorgenommen werden. An solchen Standorten laufen aber oft bereits gezielte Überwachungsprogramme oder Erfolgskontrollen.

Wie wurde die Stichprobengrösse festgelegt?

Zusammenhang zwischen Stichprobengrösse, Aussageschärfe und Präzision

Bei der Planung von Stichprobenerhebungen stellt sich die Frage, in welcher Präzision Aussagen später möglich sein sollen. Die Aussageschärfe («statistical power», gemessen als Erkennbarkeit einer definierten Veränderung des mittleren Artenreichtums) ist abhängig vom statistischen Testverfahren, der Streuung der Einzelwerte und der Stichprobengrösse. Im Falle von Z7 und Z9 ist mit dem t-Test bereits ein Berechnungsverfahren ausgewählt (siehe unten). Da die Streuung der Messwerte durch die Heterogenität der Landschaft und die Aufnahmemethode bestimmt ist, lässt sich die Aussageschärfe nur noch mit einer entsprechend grossen Zahl von Aufnahmeflächen steuern. Die Zahl der Aufnahmeflächen ihrerseits, d.h. die Stichprobengrösse, bestimmt direkt die Bearbeitungskosten. Die Netzichten für die beiden Indikatoren stellen somit einen **Kompromiss zwischen Aussageschärfe und den Erhebungskosten** dar.

Abschätzung der Stichprobengrösse

Um die Aussageschärfe und die Präzision von Monitoringdaten berechnen zu können, braucht es eine Schätzung in zweierlei Hinsicht: der zu erwartenden Streuung der Artenzahlen einer Aufnahmeperiode (Zustände) und der Differenzen zwischen zwei Aufnahmeperioden (Veränderung).

Vor der Operationalisierung des BDM lagen keine Daten zu den Varianzen der zeitlichen Veränderung der Artenzahlen vor. Näherungsweise wurden deshalb die räumlichen Variabilitäten für eine Hochrechnung des Vertrauensbereiches verwendet. Unter der Annahme, dass die Veränderungen der Artenzahlen stetig und gerichtet verlaufen, wurde davon ausgegangen, dass die Aussagepräzision dank der verbundenen Stichproben besser ist als die Schätzung. In der Zwischenzeit hat sich gezeigt, dass sich die Streuung bei einer gepaarten Stichprobe um einen Faktor von mindestens 2 verringert (Plattner et al., 2004), wodurch die Aussageschärfe für Veränderungen stark zunimmt.

Die zu erwartende Aussageschärfe und die nötige Stichprobengrösse wurden mit herkömmlichen Formeln zur Berechnung der Macht (Power) von t-Tests (Zar, 1999) geschätzt. Der Zielwert für die statistische Aussageschärfe wurde folgendermassen definiert: ein Unterschied in der Grössenordnung von 10% soll in neun von zehn Fällen nachgewiesen werden können. Dies ergibt eine Macht von 90%.

Die minimal notwendige Aussageschärfe wurde für jede Artengruppe auf Grund der biologisch denkbaren Veränderungen geschätzt. Unter Berücksichtigung der entsprechenden Bearbeitungskosten konnte anschliessend für Z7 und Z9 je ein Stichprobenumfang ermittelt werden, der für alle berücksichtigten Gruppen ausreichend sensitiv auf Veränderungen bei der Biodiversität anspricht. Für den Indikator Z7 sind dies etwa 500 Aufnahmeflächen, für Z9 etwa 1600 (Tabelle 1).

STICHPROBENUMFANG Z7 UND Z9 GEFÄSSPFLANZEN

Indikator	Grundgesamtheit der Stichprobe	Anz. Flächen «nicht machbar»	Effektiv bearbeitete Stichprobe	Verwendete Daten 1. Erhebung 2001-2005
Z7	509	27	482	482
Z9	1830	248	1582	1450

Tabelle 1: Übersicht über die Anzahl Aufnahmeflächen für den Indikator Z7 und Z9 Gefässpflanzen. Die effektiv bearbeitete Stichprobe ergibt sich aus der Grundgesamtheit der Stichprobe abzüglich der Flächen, die vorgängig ausgeschlossen wurden (das BDM schliesst Flächen aus, die im vollen Umfang auf Gletschern, Seen oder unzugänglichem Gelände wie Felspartien liegen). Die verwendeten Daten für die 1. Erhebung des BDM von 2001 bis 2005 enthalten alle Flächen mit und ohne (Nullen) Gefässpflanzen abzüglich Flächen von schlechter Datenqualität oder Abbrüchen im Feld.

Wie wurde die Lage des Z7-/ Z9 – Stichprobennetz bestimmt?

Folgende Anforderungen wurden an das Stichprobennetz für die BDM-Indikatoren Z7 und Z9 gestellt:

- Die Stichprobe soll in einem systematischen, gleichmässigen Netz über die Schweiz gelegt werden.
- Der Umfang des Netzes soll für Z9 ca. 1600 Elemente (1800 im Grundnetz), für Z7 ca. 500 Elemente betragen (Tabelle 1).
- Die beiden Stichprobennetze der beiden Indikatoren Z7 und Z9 sollen untereinander kompatibel sein, d.h. die beiden Netze sollen sich überlagern.
- Die Netze sollen bestmögliche Synergien mit den Erhebungen des Landesforsinventars (LFI 2) und den damals bereits laufenden LANAG-Untersuchungen des Kantons Aargau erlauben.

Aus praktischen Gründen wurde zuerst das Z9-Netz bestimmt. Ausgehend von einer Z9-Teilstichprobe wurde anschliessend die Z7-Stichprobe ermittelt.

Aus Kostengründen ist es zwingend, dass die auf einem Quadratkilometer stattfindenden Z7-Erhebungen direkt an einen Z9-Stichprobenpunkt angrenzen (die teureren Wegzeiten für die Z9 und Z7-Erhebungen können so verkürzt werden). Ausgehend vom Z9-Netz bestanden so ebenfalls wieder 4 Möglichkeiten, das Z7-Netz auszuwählen.

Die Ausgangskordinaten für das Z9 und das Z7-Netz wurden aus den oben skizzierten Möglichkeiten zufällig mittels Losentscheid ausgewählt. Ausgehend von diesen Referenzpunkten wurden mit Hilfe der geometri-

schen Vorgaben des Netzes die Stichprobenpunkte bzw. -flächen landesweit bestimmt. Gezählt wurden sämtliche Quadranten, die zu mehr als 50% in der Schweiz liegen.

Wie gut repräsentiert die BDM-Stichprobe Regionen und Lebensräume?

Als Beispiel für die Repräsentation der einzelnen Auswertungseinheiten ist in den folgenden Tabellen der effektive Stichprobenumfang der Indikatoren Z7 und Z9 für die Organismengruppe Gefässpflanzen dargestellt (Tabelle 2, 3 und 4).

STICHPROBENUMFANG NACH REGIONEN (Z7)

Biogeografische Region	Alpen Nordflanke	Alpen Südseite	Jura	Mittelland	Zentralalpen
Grundgesamtheit der Stichprobe	120	78	86	116	109
Verwendete Daten Pflanzen					
1. Erhebung 2001-2005	114	72	86	116	94

Tabelle 2: Übersicht über die Anzahl Z7-Aufnahmeflächen pro biogeografischer Region.

STICHPROBENUMFANG NACH LEBENSÄUEN (Z9)

Nutzungstyp	Äcker	Alpweiden	Nicht genutzte Fläche	Siedlung	Wald	Wiesen/ Weiden
Grundgesamtheit der Stichprobe	183	118	185	210	518	356
Verwendete Daten Pflanzen						
1. Erhebung 2001-2005	161	107	173	179	497	324

Tabelle 3: Übersicht über die Anzahl Z9-Aufnahmeflächen pro Nutzungstyp.

STICHPROBENUMFANG NACH LEBENSÄUEN UND HÖHENSTUFE (Z9 GEFÄSSPFLANZEN)

Nutzungstyp nach Höhenstufe		kollin	montan	subalpin	alpin
Wald	Grundgesamtheit der Stichprobe	68	298	137	15
	Verwendete Daten				
	1. Erhebung 2001-2005	66	288	129	14
Wiesen / Weiden	Grundgesamtheit der Stichprobe	45	219	92	-
	Verwendete Daten				
	1. Erhebung 2001-2005	42	195	87	-

Tabelle 4: Übersicht über die Anzahl Aufnahmeflächen pro Höhenstufe für Wälder und Wiesen / Weiden am Beispiel des Indikators Z9 Gefässpflanzen.

Zeitliche Auflösung

Bei der zeitlichen Auflösung gilt es, einen Kompromiss zwischen einer «biologisch sinnvollen Auflösung» und den Bedürfnissen der Entscheidungsträger zu finden. Idealerweise sind jährliche Berichterstattungen möglich auf der Basis von Datensätzen, die sich auf einen Zeitraum von fünf bis zehn Jahren erstrecken.

Für das BDM interessieren Veränderungen, die als gerichtete Entwicklung interpretiert werden können (kontinuierliche Zu- oder Abnahme der erhobenen Werte über die Zeit). Biologisch relevante Zeiträume für derartige unterschiedliche Aussagen sind von der Generationsdauer der beobachteten Organismen abhängig. Aus dieser Überlegung wären Erhebungswerte in je nach Organismengruppe optimalen 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 ein Fünftel der Gesamtstichprobe für Z7 und Z9 erhoben (Tabelle 5). Damit liegen ab dem sechsten Jahr erstmals verbundene Wertepaare vor. Nach 10 Jahren sind Wertepaare für die gesamte Stichprobe vorhanden. Diese Staffelung bringt die folgenden Vorteile:

- aktuelle Berichterstattung nach einer Anlaufzeit jährlich möglich,
- Glättung extremer jährlicher Schwankungen,
- starke Veränderungen für zurückliegende fünf Jahre (Teilstichprobe), schwächere für zehn Jahre nachweisbar (Gesamtstichprobe),
- jährliche Daten zur Analyse von Trends häufiger Einzelarten,
- gleichmässige Verteilung des Aufwandes über die Jahre (wichtige Voraussetzung für Kontinuität bei den involvierten Feldmitarbeitenden).

ZEITLICHE AUFLÖSUNG

Aufnahmejahr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. Teilstichprobe											
2. Teilstichprobe											
3. Teilstichprobe											
4. Teilstichprobe											
5. Teilstichprobe											

Tabelle 5: Schema zur zeitlichen Staffelung der Rohdatenerhebungen für Z7 und Z9.

Die Teilstichprobe aus der Gesamtstichprobe wird anhand der Koordinaten der Aufnahmeflächen bestimmt. Konkret wird das Jahr der Erstaufnahme durch die Endziffer der «X-Koordinate» und «Y-Koordinate» einer Aufnahmefläche festgelegt (Tabelle 6).

BESTIMMUNG DER TEILSTICHPROBE

Endzahl X-Koordinate	Endzahl Y-Koordinate				
	YY0	YY2	YY4	YY6	YY8
XX1	2001	2005	2004	2003	2002
XX3	2002	2001	2005	2004	2003
XX5	2003	2002	2001	2005	2004
XX7	2004	2003	2002	2001	2005
XX9	2005	2004	2003	2002	2001

Tabelle 6: Schema zur Bestimmung der Teilstichprobe aus der Gesamtstichprobe.

Wie werden die Indikatoren Z7 und Z9 berechnet?

Zustand und Veränderung der mittleren Artenzahlen werden jährlich für verschiedene Organismengruppen und Auswertungseinheiten (Straten) berechnet.

Die Aufbereitung der Daten umfasst die folgenden statistischen Berechnungen:

- Berechnen von Mittelwert und 95%-Vertrauensbereich (basierend auf einer t-Verteilung) für die Artenzahl auf Probeflächen in unterschiedlichen Artengruppen der Indikatoren Z7 und Z9 (Zustandsbeschreibung), für verschiedene Auswertungseinheiten. Für die Berechnung über die gesamte Schweiz und die Berechnung für die Auswertungseinheit hohe Lagen werden die Aufnahmeflächen der verdichteten Stichprobe ausgeschlossen.
- Berechnen von Mittelwert und Vertrauensbereich für die Differenzen der Artenvielfalt über einen Zeitraum von 5 Jahren für unterschiedliche Artengruppe der Indikatoren Z7 und Z9 (verbundene Stichprobe), für verschiedene Auswertungseinheiten. Aufnahmeflächen mit einer Nutzungsänderung zwischen den beiden Erhebungen werden nicht berücksichtigt.

Statistische Abklärungen bei iRex (Burgdorf) und WSL (Birmensdorf) zeigten, dass die mit unterschiedlichen Modellen berechneten Schätzwerte für Erwartungswerte und Vertrauensintervalle sich alle stabil verhalten und die Unterschiede klein sind. Die Ergebnisse der Z7- und Z9-Erhebungen werden routinemässig mittels einem nichtparametrischem Bootstrap überprüft.

In den oben erwähnten statistischen Abklärungen wurde auch der Einfluss der räumlichen Autokorrelation auf die BDM-Daten untersucht. Autokorrelation führt zu einer konservativen Schätzung der Genauigkeit von Zuständen und Entwicklungen, weil sie grössere als mögliche Vertrauensbereiche (und damit einen potenziellen Fehler 2. Art) verursacht. Die Resultate zeigten, dass die räumliche Autokorrelation in den Z7 und Z9-Daten generell sehr gering ist, etwas höher im Stratum Z9-Mollusken Wald. An der Annahme der stochastischen Unabhängigkeit der Messwerte wird somit festgehalten.

Das Design der Stichprobe für den Indikator Z7

Kurzbeschreibung

Zum Ermitteln der «Artenvielfalt in Landschaften» erhebt das BDM Gefässpflanzen (seit 2001), Tagfalter (2003) und Brutvögel (2001) auf Untersuchungsflächen von einem Quadratkilometer Grösse mit standardisierten Erfassungsmethoden. Z7 misst die Veränderung des mittleren Artenreichtums. Der Indikator Z7 bildet jene Artenvielfalt ab, die durch das Mosaik von Lebensräumen und ihren Übergängen zustande kommt.

Der Indikator Z7 wird für die Schweiz als Ganzes, aber auch für die biogeografischen Teilregionen berechnet. Eigenständige Aussagen sind zudem für das Stratum «Hohe Lagen» oder andere grossflächige Landesteile möglich. Das Stichprobennetz umfasst rund 500 1-km²-Flächen, wobei es in den kleinflächigen Regionen Jura und Südalpen verdichtet wurde (Abbildung 1). 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 im vollen Umfang auf Gletschern oder Seen liegen. Die Auswertung berücksichtigt diese Aufnahmeflächen jedoch per Definition als «artenfrei».

ARTENVIELFALT IN LANDSCHAFTEN Z7

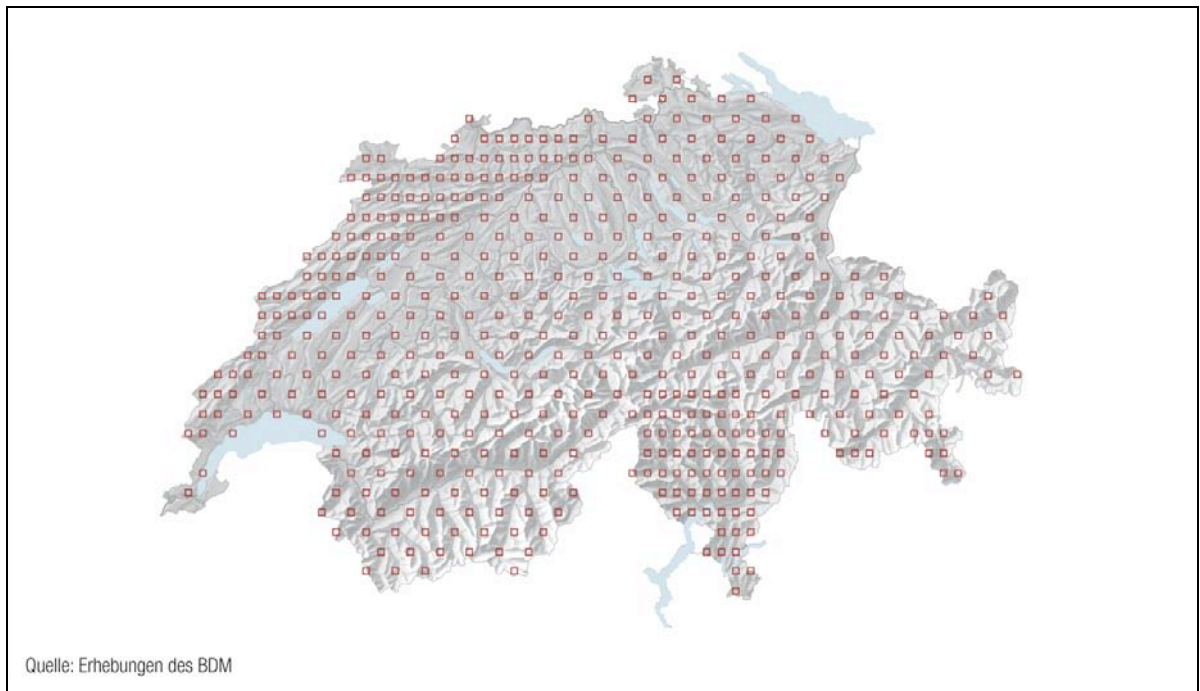


Abbildung 1: Die Artenvielfalt von Landschaften misst das BDM auf rund 500 Aufnahme­flächen von je 1 km² Ausdehnung. Diese Flächen bilden ein Messnetz, das sich gleichmässig über die gesamte Schweiz erstreckt.

Realisierte Aussageschärfe

Als Mass für die realisierte Aussageschärfe wurde die minimale nachweisbare Differenz MDD («minimum detectable difference», Zar 1999) berechnet. Dieser Wert gibt an, ab welcher Veränderung des mittleren Artenreichtums statistisch gesicherte Unterschiede zwischen einzelnen Stichproben (hier zwischen einzelnen Jahrestanchen) zu erwarten sind. Der Zielwert für die statistische Aussageschärfe wurde als Macht von 90% definiert: ein Unterschied in der Grössenordnung von 10% soll in neun von zehn Versuchen nachgewiesen werden können. Konkret bedeutet dies zum Beispiel für Vögel in der Schweiz, dass eine Veränderung des mittleren Artenreichtums von 0.7 Arten mit einer Wahrscheinlichkeit von 90% nachgewiesen werden können (Tabelle 7).

Die Berechnungen der MDD basierend auf den Zustandsdaten wurden je für die 5-Jahresperioden 2003-2007, 2004-2008 und 2005-2009 durchgeführt und gemittelt. Die Berechnungen der MDD basierend auf den Veränderungsdaten wurden für die Aufnahmejahre 2003 bis 2009 durchgeführt. Die Jahre 2001 und 2002 wurden nicht einbezogen, da keine Daten für Tagfalter vorliegen.

ALLE ARTENGRUPPEN

Artengruppe	Mittlere Artenzahl Zustand	MDD Zustand	MDD Veränderung
Gefässpflanzen	239.7	10.7	3.3
Vögel	31.1	1.9	0.7
Tagfalter	31.6	2.4	1.7

Tabelle 7: Minimale nachweisbare Differenz (MDD) für Zustände und Veränderungen der Artenvielfalt von Gefässpflanzen, Vögel und Tagfalter in der Schweiz.

GEFÄSSPFLANZEN

Biogeografische Regionen	Mittlere Artenzahl Zustand	MDD Zustand	MDD Veränderung
Jura	266.4	12.2	9.8
Mittelland	231.3	18.6	6.4
Alpenordflanke	264.9	18.4	6.6
Zentralalpen	206.8	25.3	6.1
Alpensüdseite	229.1	27.3	5.2

Tabelle 8: Minimale nachweisbare Differenz (MDD) für Zustände und Veränderungen der Artenvielfalt von Gefässpflanzen für einzelne Regionen.

VÖGEL

Biogeografische Regionen	Mittlere Artenzahl Zustand	MDD Zustand	MDD Veränderung
Jura	39.4	1.9	1.9
Mittelland	37.1	3.0	1.3
Alpenordflanke	31.9	3.2	1.3
Zentralalpen	21.9	4.3	1.3
Alpensüdseite	23.7	3.5	1.9

Tabelle 9: Minimale nachweisbare Differenz (MDD) für Zustände und Veränderungen der Artenvielfalt von Vögel für einzelne Regionen.

TAGFALTER

Biogeografische Regionen	Mittlere Artenzahl Zustand	MDD Zustand	MDD Veränderung
Jura	28.2	2.7	3.9
Mittelland	18.8	2.2	2.7
Alpenordflanke	37.6	4.0	4.1
Zentralalpen	38.9	5.8	2.9
Alpensüdseite	38.9	5.5	3.5

Tabelle 10: Minimale nachweisbare Differenz (MDD) für Zustände und Veränderungen der Artenvielfalt von Tagfalter für einzelne Regionen.

HOHE LAGEN

Artengruppe	Mittlere Artenzahl Zustand	MDD Zustand	MDD Veränderung
Gefässpflanzen	128.4	22.6	6.1
Vögel	7.56	1.6	6.1
Tagfalter	20.5	4.5	3.1

Tabelle 11: Minimale nachweisbare Differenz (MDD) für Zustände und Veränderungen der Artenvielfalt von Gefässpflanzen, Vögel und Tagfalter für hohe Lagen (erst ab Basisdaten 2008 ohne Verdichtung gerechnet).

Das Design der Stichprobe für den Indikator Z9

Kurzbeschreibung

Dieser Kernindikator erfasst die Vielfalt von Gefässpflanzen, Moosen und Mollusken seit 2001. Die Aufnahme­fläche beträgt 10 m², die standardisierte Flächengrösse ist für die taxonomischen Gruppen aber verschieden. Der Indikator Z9 misst wie Z7 die Veränderung des mittleren Artenreichtums, jedoch auf deutlich kleineren Flächen. Er charakterisiert so die kleinräumige Artenvielfalt eines Lebensraumtyps.

Im Gegensatz zum Indikator Z7, wo nationale Aussagen interessieren, spielt der gesamtschweizerische Bezug für Z9 eine untergeordnete Rolle. Der Indikator Z9 wurde explizit so definiert, dass er Nutzungstypen (Lebensräume) als Bezugsgrösse für die Aussagen verwendet. Der Indikator Z9 wird gesamtschweizerisch für verschiedene Lebensräume berechnet (Wald, Alpweiden, Wiesen und Weiden, Äcker, Siedlung, Gebirge). Ebenfalls möglich sind Aussagen zu Wald und Wiesen/Weiden in verschiedenen Höhenlagen. Die Auswertungseinheit Siedlung wurde verdichtet.

Aufnahmeflächen auf Seen wurden ausgeschlossen. Durch die geringe Grösse der Aufnahme­fläche ist in aller Regel eine eindeutige Zuordnung der Nutzungstypen gewährleistet (Punkt-Kartierung). Als Folge der kleinen Aufnahme­flächen resultieren aber auch in gewissen Auswertungseinheiten Nuller (= Stichproben mit Artenzahl 0). Die Zahl der effektiv bearbeitbaren Stichprobenelemente wird zusätzlich durch den Umstand eingeschränkt, dass nicht alle Punkte bzw. Flächen zugänglich sind (vor allem im Hochgebirge, aber auch z. B. wenn in Einzelfällen der Zutritt auf Privatreal verwehrt wird). Das Stichprobennetz umfasst rund 1600 Flächen, also etwa eine Aufnahme pro 25 km² (Abbildung 2).

ARTENVIELFALT IN LEBENSRÄUMEN Z9

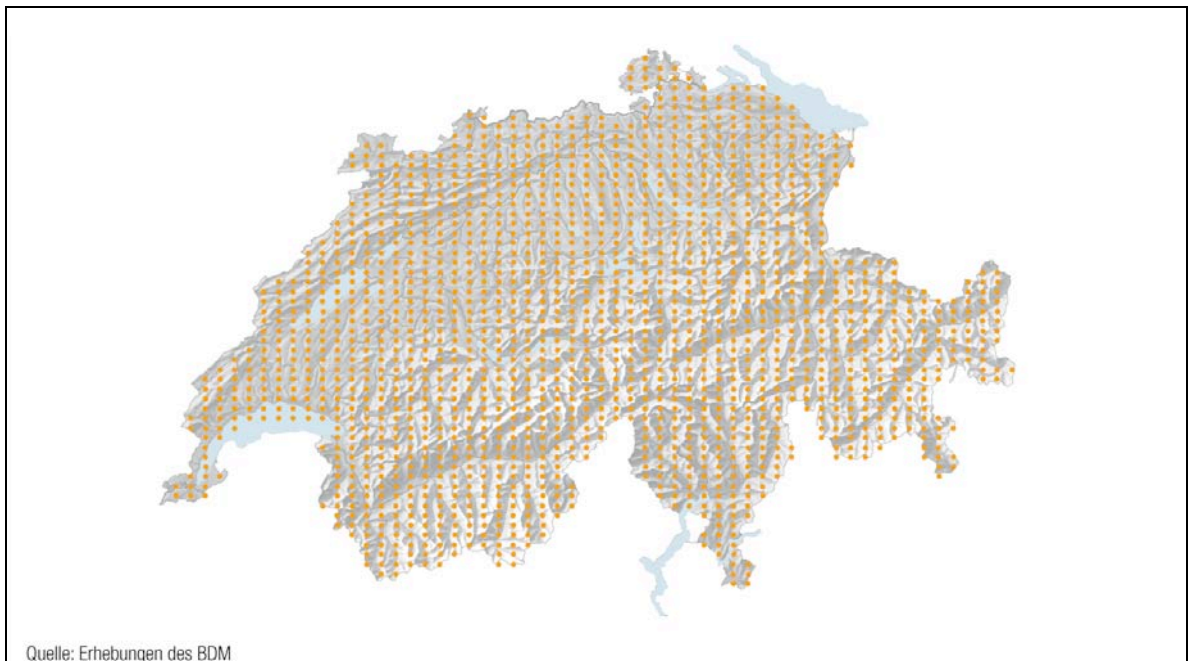


Abbildung 2: Die Artenvielfalt von Lebensräumen erfasst das BDM auf rund 1600 Aufnahme­flächen. Diese jeweils 10 m² grossen Flächen sind über die gesamte Schweiz verteilt. Aufnahme­flächen auf Seen wurden ausgeschlossen.

Realisierte Aussageschärfe

Als Mass für die realisierte Aussageschärfe wurde die minimale nachweisbare Differenz MDD («minimum detectable difference», Zar 1999) berechnet. Dieser Wert gibt an, ab welcher Veränderung des mittleren Artenreichtums statistisch gesicherte Unterschiede zwischen einzelnen Stichproben (hier zwischen einzelnen Jahrestanchen) zu erwarten sind. Der Zielwert für die statistische Aussageschärfe wurde als Macht von 90% definiert: ein Unterschied in der Grössenordnung von 10% soll in neun von zehn Versuchen nachgewiesen werden können. Konkret bedeutet dies zum Beispiel für Gefässpflanzen im Wald, dass ab einer Veränderung des mittleren Artenreichtums von 0.8 Arten mit einer Wahrscheinlichkeit von 90% statistisch gesicherte Unterschiede zu erwarten sind (Tabelle 12).

Die Berechnungen der MDD basierend auf den Zustandsdaten wurden je für die 5-Jahresperioden 2003-2007, 2004-2008 und 2005-2009 durchgeführt und gemittelt. Die Berechnungen der MDD basierend auf den Veränderungsdaten wurden für die Aufnahmejahre 2003 bis 2009 durchgeführt.

GEFÄSSPFLANZEN

Lebensräume	Mittlere Artenzahl Zustand	MDD Zustand	MDD Veränderung
Wald	21.6	1.6	0.8
Wiesen/Weiden	34.6	2.1	1.1
Äcker	14.9	1.8	2.2
Siedlung	19.0	3.7	1.9
Alpweiden	41.4	3.7	1.7
N. genutzte Flächen	21.5	3.2	1.1

Tabelle 12: Minimale nachweisbare Differenz (MDD) für Zustände und Veränderungen der Artenvielfalt von Gefässpflanzen für verschiedene Lebensräume.

MOOSE

Lebensräume	Mittlere Artenzahl Zustand	MDD Zustand	MDD Veränderung
Wald	15.7	1.1	0.7
Wiesen/Weiden	6.5	1.1	0.6
Äcker	1.6	0.5	0.6
Siedlung	5.0	1.0	0.9
Alpweiden	18.5	2.4	1.6
N. genutzte Flächen	13.6	1.8	1.2

Tabelle 13: Minimale nachweisbare Differenz (MDD) für Zustände und Veränderungen der Artenvielfalt von Moose für verschiedene Lebensräume.

MOLLUSKEN

Lebensräume	Mittlere Arten- zahl Zustand	MDD Zustand	MDD Veränderung
Wald	9.3	0.9	0.6
Wiesen/Weiden	6.2	0.7	0.6
Äcker	3.7	0.8	0.6
Siedlung	6.2	1.3	0.9
Alpweiden	3.5	1.0	1.1
N. genutzte Flächen	3.4	1.1	0.7

Tabelle 14: Minimale nachweisbare Differenz (MDD) für Zustände und Veränderungen der Artenvielfalt von Mollusken für verschiedene Lebensräume.

GEFÄSSPFLANZEN IM WALD

Höhenstufen	Mittlere Arten- zahl Zustand	MDD Zustand	MDD Veränderung
kollin	18.1	3.9	2.3
montan	19.7	2.1	1.1
subalpin	27.1	3.0	1.5
alpin	22.1	13.7	1.9

Tabelle 15: Minimale nachweisbare Differenz (MDD) für Zustände und Veränderungen der Artenvielfalt von Gefäßpflanzen im Wald für einzelne Höhenstufen.

GEFÄSSPFLANZEN IN WIESEN / WEIDEN

Höhenstufen	Mittlere Arten- zahl Zustand	MDD Zustand	MDD Veränderung
kollin	27.5	4.8	3.4
montan	32.6	2.4	1.4
subalpin	45.0	4.2	2.4

Tabelle 16: Minimale nachweisbare Differenz (MDD) für Zustände und Veränderungen der Artenvielfalt von Gefäßpflanzen in Wiesen und Weiden für einzelne Höhenstufen.

MOOSE IM WALD

Höhenstufen	Mittlere Arten- zahl Zustand	MDD Zustand	MDD Veränderung
kollin	10.9	2.3	1.5
montan	14.5	1.3	0.9
subalpin	20.2	2.1	1.5
alpin	20.6	9.5	7.5

Tabelle 17: Minimale nachweisbare Differenz (MDD) für Zustände und Veränderungen der Artenvielfalt von Moose im Wald für einzelne Höhenstufen.

MOOSE IN WIESEN / WEIDEN

Höhenstufen	Mittlere Arten- zahl Zustand	MDD Zustand	MDD Veränderung
kollin	3.6	1.5	1.3
montan	5.3	1.1	0.6
subalpin	11.7	2.8	1.6

Tabelle 18: Minimale nachweisbare Differenz (MDD) für Zustände und Veränderungen der Artenvielfalt von Moose in Wiesen und Weiden für einzelne Höhenstufen.

MOLLUSKEN IM WALD

Höhenstufen	Mittlere Arten- zahl Zustand	MDD Zustand	MDD Veränderung
kollin	11.0	2.8	1.9
montan	10.6	1.2	0.8
subalpin	6.5	1.2	1.1
alpin	3.2	3.0	6.1

Tabelle 19: Minimale nachweisbare Differenz (MDD) für Zustände und Veränderungen der Artenvielfalt von Mollusken im Wald für einzelne Höhenstufen.

MOLLUSKEN IN WIESEN / WEIDEN

Höhenstufen	Mittlere Arten- zahl Zustand	MDD Zustand	MDD Veränderung
kollin	7.6	2.0	1.9
montan	6.3	0.9	0.7
subalpin	5.0	1.3	1.4

Tabelle 20: Minimale nachweisbare Differenz (MDD) für Zustände und Veränderungen der Artenvielfalt von Mollusken in Wiesen und Weiden für einzelne Höhenstufen.

Das Design der Stichprobe für den Indikator Z9-EPT

Kurzbeschreibung

Der Indikator Z9-Gewässermakroinvertebraten (kurz «Z9-EPT») erfasst die Artenvielfalt der drei Insekten-Ordnungen *Ephemeroptera* (Eintagsfliegen), *Plecoptera* (Steinfliegen) und *Trichoptera* (Köcherfliegen). Er beschreibt den Zustand und die Veränderung der Artenvielfalt in den Schweizer Gewässern. Die Erhebungen für den Indikator wurden im 2010 begonnen.

Die Gewässerstichprobe umfasst 574 Probenahmestellen. Sie wurden mit einem systematischen Stichprobengitter ausgewählt und sind punktgenau per Koordinate lokalisierbar. Dieses Vorgehen garantiert reproduzierbare und statistisch gültige Aussagen über den Zustand und die Veränderung der EPT-Artenvielfalt in den Schweizer Gewässern. Im Stichprobenkonzept werden Fließgewässer ab 2. Ordnung inklusive eingedolte

Gewässer berücksichtigt. Aus methodischen Gründen generell nicht beprobt werden stehende Gewässer, die Fließgewässer 1. Ordnung sowie Fließgewässer ab einer definierten Breite, Tiefe oder Steilheit. Die Stichprobe konzentriert sich demnach bewusst auf die kleinen Fließgewässer. Die Methode wurde gemeinsam mit jener des Moduls «Makrozoobenthos» des Modul-Stufen-Konzepts (MSK; Stucki, 2010) entwickelt und harmonisiert.

Die Dichte des Stichprobengitters entspricht dem Stichprobengitter von Z7 im Jura und Tessin (verdichtetes Z7 Stichprobengitter). Jedoch hat das EPT Stichprobengitter einen anderen Ursprung als das Z7-Stichprobengitter, damit keine der EPT Aufnahmeflächen auf einer Z7-Fläche liegt. Zur Auswahl der Probeflächen wurde entlang der Kilometerquadratbegrenzung nach einem Fließgewässer gesucht, welches die Quadratbegrenzung schneidet. Der erste Schnittpunkt zwischen Kilometerquadrat und einem Gewässer, ausgehend von der Quadratecke unten links und in Uhrzeigersinn vorwärts gehend, entspricht dem Anfang der Z9-EPT Probefläche. Falls eine Probestelle die Kriterien der Grundgesamtheit innerhalb tolerierbaren kleinräumigen Verschiebungen nicht erfüllt, wird die nach dem nächsten Gewässer welches das Kilometerquadrat schneidet gesucht.

Die Anzahl geplanter Aufnahmeflächen pro biogeografische Region beträgt: Jura: 42; Mittelland: 155; Alpen-nordflanke: 180; Westliche Zentralalpen: 54; Östliche Zentralalpen: 84; Alpensüdflanke: 59 (Abbildung 3). Da bei einzelnen Flächen erst bei der ersten Feldbearbeitung sichtbar wird, ob sie Gewässer der zulässigen Grundgesamtheit ausweisen, wird die endgültige Anzahl der Aufnahmeflächen leicht geringer ausfallen.

Eine Stratifizierung der Gesamtstichprobe erfolgt nach der «Höhenstufe», der «Ökomorphologie» und nach der Flussbreite bzw. Flussordnung.

ARTENVIELFALT IN GEWÄSSERN Z9-EPT

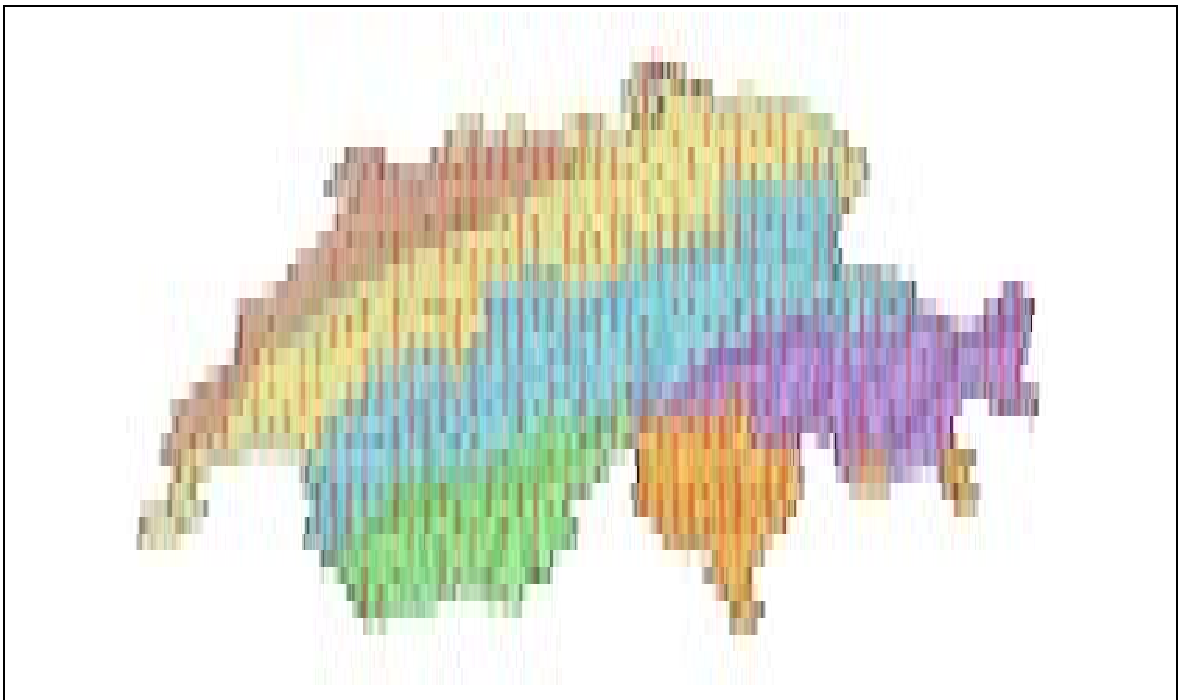


Abbildung 3: Das BDM erfasst die Artenvielfalt in Gewässern auf 574 Aufnahmeflächen. In der Grafik ist die Verteilung der Messstellen nach biogeografischen Regionen dargestellt.

Realisierte Aussageschärfe

Da die Erhebungen erst 2010 begonnen haben, liegen noch keine Berechnungen zur realisierten Aussageschärfe vor. Mit Hilfe der Daten aus den Felderhebungen 2009 wurde jedoch die erwartete Aussageschärfe des Indikators pro Aufnahme und Jahr berechnet.

Als Mass diente die minimale nachweisbare Differenz MDD («minimum detectable difference», Zar 1999). Dieser Wert gibt an, ab welcher Veränderung des mittleren Artenreichtums statistisch gesicherte Unterschiede zwischen einzelnen Stichproben (hier zwischen einzelnen Jahrestrenchen) zu erwarten sind.

Diese minimale nachweisbare Differenz MDD, die mit einer Stichprobe von $n=115$ (entspricht der jährlich anfallenden Anzahl Aufnahmeflächen) mit 90% Macht nachweisbar wäre, beträgt bei einer Bearbeitung pro Fläche 2.4 Arten. Dies bedeutet, dass Unterschiede der durchschnittlichen Artenzahl zwischen verschiedenen Auswertungseinheiten von 2.4 Arten mit einer Wahrscheinlichkeit von 90% entdeckt werden würde.

Flexibilität für zukünftige Auswertungen

Vom BDM-Stichprobendesign wird erwartet, dass die Daten auch für neue, heute noch unbekannte Fragen verwendet werden können. Nachfolgend werden zwei Indikatoren beschrieben, die sich auf BDM-Daten aus Z7 und Z9 abstützen.

Indikator Z8 «Bestand häufiger Arten»

Der Indikator Z8 dokumentiert Veränderungen der Bestände weit verbreiteter oder häufiger Arten in der Schweiz. Häufige Arten sind ökologisch bedeutend, denn sie machen den Hauptteil der lebenden Biomasse aus, liefern die Ökosystem-Dienstleistungen und bilden eine reiche Nahrungsquelle für andere Organismen. Mit ihren grossen Beständen und der weiten Verbreitung prägen sie das Erscheinungsbild ihrer Lebensräume und den Charakter ganzer Landschaften.

Oft besiedeln häufige Arten Lebensräume, die zur «Normallandschaft» gehören, oder es sind anspruchslose Arten, die unterschiedliche Lebensräume nutzen können. Die Zu- oder Abnahme solcher Arten lässt deshalb auf die Qualität der «Normallandschaft» schliessen. Werden häufige Arten zu Lasten seltener Arten häufiger und verbreiteter, so ist dies eine negative Entwicklung aus Sicht der Biodiversität, weil sich dann die Artengemeinschaften in den Lebensräumen trivialisieren und vereinheitlichen.

Bislang wurden häufige Arten kaum überwacht. Mit den BDM-Indikatoren Z7 und Z9 ist aber je ein Stichprobennetz vorhanden, welches die Normallandschaft der Schweiz abbildet. Obwohl für die Indikatoren Z7 und Z9 im Feld keine Häufigkeiten aufgenommen wurden, sind Aussagen zu Frequenzen möglich. Anhand der An- oder Abwesenheit von Arten auf den Erhebungsflächen von Z7 und Z9 kann ihre Frequenz (Häufigkeit) errechnet werden. Als häufig gelten Arten mit einer Frequenz von 3 und mehr Prozent.

Weitere Informationen zum Indikator sind im Internet abrufbar unter:
<http://www.biodiversitymonitoring.ch/deutsch/indikatoren/z8.php>.

Indikator Z12 «Vielfalt von Artengemeinschaften»

Die Anzahl der Arten, die auf einer Messfläche vorkommen, kann nicht das alleinige Mass für die biologische Vielfalt sein. Hohe oder steigende Artenzahlen sind zwar grundsätzlich positiv, aber nur, wenn die Zunahme nicht durch gebietsfremde oder anspruchslose Arten verursacht wird, welche sich in vielen verschiedenen Lebensräumen heimisch fühlen. Denn dies kann dazu führen, dass die typischen und spezialisierten Arten eines Lebensraums allmählich verdrängt werden. Langfristiges Ergebnis dieses Prozesses wären immer ähnlichere

der Artengemeinschaften aus häufigen Arten, was einer qualitativen Verarmung unserer Landschaften und Lebensräume gleichkommt.

Das BDM suchte deshalb einen Indikator, welcher eine biotische Homogenisierung oder auch Diversifizierung beschreiben und nachweisen kann, falls diese tatsächlich in der Schweiz stattfindet. Der Indikator Z12 erfüllt diese Anforderung. Er wurde im Jahre 2008 neu entwickelt und zum ersten Mal berechnet. Der Indikator beschreibt, wie sich die Vielfalt von Artengemeinschaften in der Schweiz, in den einzelnen Regionen und in unterschiedlichen Lebensräumen entwickelt.

Dabei greift der Indikator Z12 ausschliesslich auf die Daten der BDM-Indikatoren Z7 und Z9 zurück. Er umfasst alle innerhalb von Z7 oder Z9 erhobenen Artengruppen und Strata.

Der Indikator Z12 ist definiert als die zeitliche Veränderung des mittleren Simpson-Index (Ähnlichkeitswert), berechnet aus allen paarweisen Vergleichen der Artenlisten der Messflächen einer Vollerhebung (5 Jahre) der BDM-Gesamtstichprobe. Je ähnlicher sich die Artengemeinschaften auf den Messflächen sind, desto tiefer fällt der Indikatorwert aus und umgekehrt.

Deshalb beschreibt der Indikator Z12 die Ähnlichkeit der Artengemeinschaften unabhängig vom Artenreichtum auf den betrachteten Flächen. Veränderungen des Artenreichtums und der Ähnlichkeit der Artenzusammensetzung können somit durch das BDM als zwei unterschiedliche Phänomene dokumentiert und beurteilt werden.

Weitere Informationen zum Indikator sind im Internet abrufbar unter:
<http://www.biodiversitymonitoring.ch/deutsch/indikatoren/z12.php>.

Kantonale Ergänzungen

Aus Kostengründen kann das BDM i.d.R. nur Aussagen auf nationaler Ebene machen, allenfalls noch unterteilt nach biogeografischen Regionen. Aussagen zur Entwicklung der Artenvielfalt in Kantonen, Bezirken oder gar Gemeinden sind nicht möglich. Das BDM-Stichprobenkonzept ist aber bewusst so festgelegt worden, dass Kantone das nationale Netz verdichten können, um so feinere auflösende Aussagen zu ihrem Gebiet machen zu können.

LANAG-Überwachungsprogramm

Seit 1995 überwacht der Kanton Aargau die Entwicklung der Artenvielfalt in der Landschaft. Die Datenerhebung wurde mit den Brutvögeln gestartet. Die Aufnahmen bei den Mollusken und Gefässpflanzen laufen seit 1996, jene bei den Tagfaltern seit 1998. Die Daten der vier Artengruppen werden auf 517 regelmässig im Kanton verteilten Aufnahmeflächen erhoben. Analog dem BDM wird jährlich rund ein Fünftel der Flächen untersucht, d. h. eine Gesamterhebung über den ganzen Kanton dauert fünf Jahre.

Die Nutzungstypen entsprechen dem Biodiversitätsmonitoring Schweiz. Zusätzlich werden im Feld Hinweise zur land- und forstwirtschaftlichen Nutzung protokolliert. Weitere Informationen zu Nutzung, Lage etc. werden bei Bedarf aus anderen Quellen beigezogen (z. B. AGIS, Landesforstinventar).

Zur Auswertung der Aufnahmen wird der Kessler-Index berechnet. Dieser Kessler-Index steht aktuell bei 109 Punkten und damit 8 Punkte über dem Wert des Jahres 2000.

Jährlich werden die mittleren Artenzahlen für den ganzen Kanton für bestimmte Nutzungstypen und Regionen ermittelt und mit einer Präzisionsangabe beziffert.

http://www.ag.ch/alg/de/pub/natur_landschaft/erfolgskontrolle/lanag.php

Kantonale Verdichtung Thurgau

Die BDM-Stichprobe umfasst im Kanton Thurgau neun 1 km²-Untersuchungsflächen (Z7) und vierzig 10 m²-Aufnahmeflächen (Z9). Aufgrund des kleinen Stichprobenumfangs im Thurgau sind - basierend auf der BDM Stichprobe - keine Aussagen über den Kanton für sich alleine möglich. Im Auftrag des Kantons Thurgau wurde deshalb eine Verdichtung des bestehenden BDM-Netzes vorgenommen.

Der Kanton Thurgau erwartet von der Verdichtung eine Trend-Beobachtung der Artenvielfalt im Kanton Thurgau, mit der Möglichkeit, die Resultate in einem regionalen und nationalen Kontext vergleichen zu können. Ziel ist es, damit Entwicklungen der Artenvielfalt frühzeitig zu erkennen und bessere Interpretationsmöglichkeiten zu haben.

Auf Wunsch des Auftraggebers wurde die Verdichtung auf der Methodik des BDM-Indikators «Artenvielfalt in Landschaften (Z7)» aufgebaut. Damit wird jene Artenvielfalt abgebildet, die durch das Mosaik von Lebensräumen und ihrer Übergänge zustande kommt (siehe oben).

Diese «Lebensraum-Mosaik-Artenvielfalt» sollte im Vordergrund stehen, da dort die meisten Fragestellungen angesiedelt sind und damit mit dem LEK TG, welches die Landschaft im Blickfeld hat, Synergien eingegangen werden können. Das Design der Verdichtung wurde zudem so ausgelegt, dass auf die drei Hauptflächentypen Wald, Landwirtschaft mit Vernetzungsfunktion und Landwirtschaft ohne Vernetzungsfunktion sowie Bauzone aufgeschlüsselt werden kann.

Literatur

Bundesamt für Statistik (BfS), 1993: Arealstatistik 1979/85. Die Bodennutzung der Schweiz. BfS-Reihe Statistik der Schweiz. Bern.

EC DG Environment, 1993: CORINE land cover – technical guide. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg. 136 Seiten.

Gonseth, Y.; Wohlgemuth, T.; Sansonnens, B.; Buttler, A., 2001: Die biogeographischen Regionen der Schweiz. Erläuterungen und Einteilungsstandard. Umwelt Materialien Nr. 137 Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft Bern. 48 S.

Hintermann, U.; Weber, D.; Zangger, A.; Schmill, J., 2002: Biodiversitäts-Monitoring Schweiz BDM. Zwischenbericht, Hrsg.: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL Schriftenreihe Umwelt Nr. 342. 89 S.

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

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. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1026: 61 S.

Plattner, M.; Birrer, S.; Weber, D., 2004: Data quality in monitoring plant species richness in Switzerland. *Community Ecology* 5: 135-143.

Weber, D.; Hintermann, U.; Zangger, A., 2004: Scale and trends in species richness: considerations for monitoring biological diversity for political purposes. *Global Ecology and Biogeography* 13: 97 - 104.

Welten, M.; Sutter, R., 1982: Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen der Schweiz; Birkhäuser Verlag, Basel, 2 vols, 1. ed.

Zar, J., 1999: *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall, New Jersey. 718 pp.